

ISSN 2311-2905 (print)
ISSN 2542-0933 (online)

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

Учредитель

*Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Министерства здравоохранения Российской Федерации*

Издатель

*Автономная некоммерческая организация «Современные технологии травматологии,
ортопедии, неотложной помощи, реабилитации»*

Главный редактор Р.М. Тихилов

Том 25, № 2, 2019

Травматология и ортопедия России

Главный редактор

Тихилов Рашид Муртузалиевич – д-р мед наук, профессор
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Заместитель главного редактора

Шубняков Игорь Иванович – д-р мед. наук
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Ответственный секретарь редколлегии

Колесникова Ирина Владимировна (РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Агаджанян В.В. – д-р мед. наук, профессор
(Областной клинический центр охраны здоровья шахтеров,
Кемеровская обл., Ленинск-Кузнецкий, Россия)

Ахтямов И.Ф. – д-р мед. наук, профессор
(Казанский ГМУ, Казань, Россия)

Баиндурашвили А.Г. – академик РАН, д-р мед. наук,
профессор (НИДОИ им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия)

Божкова С.А. – д-р мед. наук
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Губин А.В. – д-р мед. наук
(РНЦ «ВТО им. акад. Г.А. Илизарова», Курган, Россия)

Загра Л. – д-р медицины, профессор
(Ортопедический институт Галеацци, Милан, Италия)

Корнилов Н.Н. – д-р мед. наук
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Кочиш А.Ю. – д-р мед. наук, профессор
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Кренн В. – д-р медицины, профессор
(Центр гистологии, цитологии и молекулярной диагностики,
Трир, Германия)

Кульджанов Д. – д-р медицины, профессор
(Университет Сент-Луиса, Сент-Луис, США)

Маланин Д.А. – д-р мед. наук, профессор
(Волгоградский государственный медицинский
университет, Волгоград, Россия)

Мурyleв В.Ю. – д-р мед. наук, профессор
(Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия)

Норкин И.А. – д-р мед. наук, профессор
(Саратовский НИИТОН СГМУ им. В.И. Разумовского, Саратов, Россия)

Парвизи Дж. – д-р медицины, профессор
(Институт Ротмана, Филадельфия, США)

Перка К. – д-р медицины, профессор
(Центр скелетно-мышечной хирургии Университетской
клиники Шарите, Берлин, Германия)

Пташников Д.А. – д-р мед. наук, профессор
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Середа А.П. – д-р мед. наук
(Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия)

Соломин Л.Н. – д-р мед. наук, профессор
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Томас П. – д-р медицины, профессор
(Мюнхенский университет, Мюнхен, Германия)

Томсен М. – д-р медицины, профессор
(Клиника Миттельбаден, Баден-Баден, Германия)

Хоминец В.В. – д-р мед. наук (Военно-медицинская академия
им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия)

Хубэ Р. – д-р медицины
(Центр эндопротезирования, Мюнхен, Германия)

Шевцов В.И. – член-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор
(Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия)

НАУЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ

Бережной С.Ю. – д-р мед. наук
(«Мединцентр» ГлавУпДК при МИД России, Москва, Россия)

Дианов С.В. – д-р мед. наук, профессор
(Астраханский государственный медицинский университет,
Астрахань, Россия)

Дулаев А.К. – д-р мед. наук, профессор
(Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой
помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия)

Королев А.В. – д-р мед. наук, профессор
(Европейская клиника спортивной травматологии
и ортопедии, Москва, Россия)

Котельников Г.П. – академик РАН, д-р мед. наук, профессор
(Самарский ГМУ, Самара, Россия)

Кузнецов И.А. – д-р мед. наук, профессор
(ООО «СпортКлиника»,
Санкт-Петербург, Россия)

Неверов В.А. д-р мед. наук, профессор
(Северо-Западный ГМУ им. И.И. Мечникова,
Санкт-Петербург, Россия)

Родоманова Л.А. – д-р мед. наук, профессор
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена,
Санкт-Петербург, Россия)

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, в базу данных Emerging Sources Citation Index (Web of Science), Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), международные базы публикаций открытого доступа Directory of Open Access Journals и Google Scholar, крупнейшую в мире библиографическую базу данных WorldCat, в базы данных ВИНТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям Ulrich's Periodicals Directory.

Журнал «Травматология и ортопедия России» основан в 1993 г.

Зарегистрирован Государственным комитетом по печати. Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 0110540 от 12.04.1993.

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается с письменного разрешения редакции.

Ссылка на журнал «Травматология и ортопедия России» обязательна.

Адрес редакции: 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, дом 8;
тел.: +7 (812) 670-86-84; e-mail: journal@rniito.org
<https://journal.rniito.org>

Редакторы Колесникова И.В., Кузнецова А.В.

Технический редактор Гаврилова С.В.



ISSN 2311-2905 (print)
ISSN 2542-0933 (online)

SCIENTIFIC JOURNAL

TRAUMATOLOGIYA I ORTOPEDIYA ROSSII

TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS OF RUSSIA

Founder

*Federal State Budget Institution
Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics
Healthcare Ministry of Russian Federation*

Publisher

*Autonomous Noncommercial Organization „Modern Technologies of Traumatology,
Orthopedics, Urgent Care, Rehabilitation”*

Editor-in-Chief R.M. Tikhilov

Vol. 25, N 2, 2019

Traumatology and Orthopedics of Russia

Editor-in-Chief

Rashid M. Tikhilov – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Deputy editor

Igor I. Shubnyakov – Dr. Sci. (Med.)

(Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Executive secretary

Irina V. Kolesnikova

(Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

EDITORIAL BOARD

Vagram V. Agadzhanian – Dr. Sci. (Med.), Professor
(Regional Clinical Center for Miner Health Care,
Leninsk-Kuznetsky, Russia)

Ildar F. Akhtyamov – Dr. Sci. (Med.), Professor
(Kazan State Medical University, Kazan, Russia)

Aleksey G. Baidurashvili – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member
of Russian Academy of Sciences (Turner Scientific Institute
for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Svetlana A. Bozhkova – Dr. Sci. (Med.) (Vreden Russian Research
Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Aleksander V. Gubin – Dr. Sci. (Med.) (Ilizarov Russian Scientific Center
for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia)

Luigi Zagra – MD, Professor (Galeazzi Orthopedic Institute, Milan, Italy)

Nikolay N. Kornilov – Dr. Sci. (Med.) (Vreden Russian Research
Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Aleksander Yu. Kochish – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden Russian
Research Institute of Traumatology and Orthopedics,
St. Petersburg, Russia)

Veit Krenn – MD, Professor (Center for Histology, Cytology
and Molecular Diagnostics, Trier, Germany)

Djoldas Kuldjanov – MD, Professor (St. Louis University, St. Louis, USA)

Dmitry A. Malanin – Dr. Sci. (Med), Professor, (Volgograd State Medical
University, Volgograd, Russia)

Valery Yu. Murylev – Dr. Sci. (Med.), Professor (Sechenov First Moscow
State Medical University, Moscow, Russia)

Igor A. Norkin – Dr. Sci. (Med.), Professor (Saratov Research Institute
of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky State
Medical University, Saratov, Russia)

Javad Parvizi – MD, Professor (Rothman Institute,
Philadelphia, USA)

Carsten Perka – MD, Professor (Charité – University Medicine,
Berlin, Germany)

Dmitry A. Ptashnikov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden Russian
Research Institute of Traumatology and Orthopedics,
St. Petersburg, Russia)

Andrey P. Sereda – Dr. Sci. (Med.) (Federal Medical and Biological
Agency, Moscow, Russia)

Leonid N. Solomin – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden Russian
Research Institute of Traumatology and Orthopedics,
St. Petersburg, Russia)

Peter Thomas – MD, Professor (Ludwig Maximilian University,
Munich, Germany)

Marc Thomsen – MD, Professor (Mittelbaden Clinics Baden-Baden
Balg, Baden-Baden, Germany)

Vladimir V. Khominets – Dr. Sci. (Med.) (Kirov Military Medical
Academy, St. Petersburg, Russia)

Robert Hube – MD (Center of Joint Replacement, Munich, Germany)

Vladimir I. Shevtsov – Dr. Sci. (Med.), Professor
(Tsiv'yan Novosibirsk Research Institute of Traumatology
and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)

ADVISORY BOARD

Sergey Yu. Berezhnoy – Dr. Sci. (Med.) (Medincentre of Main
Administration for Service to the Diplomatic Corps Moscow, Russia)

Sergei V. Dianov – Dr. Sci. (Med.), Professor
(Astrakhan State Medical University,
Astrakhan, Russia)

Aleksander K. Dulaev – Dr. Sci. (Med.), Professor
(Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute
of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia)

Andrey V. Korolev – Dr. Sci. (Med.), Professor (European Clinic
of Sports Traumatology and Orthopedics (ECSTO), Moscow, Russia)

Gennady P. Kotelnikov – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member
of Russian Academy of Sciences (Samara State Medical University,
Samara, Russia)

Igor A. Kuznetsov – Dr. Sci. (Med.), Professor
(Sport Clinic, St. Petersburg, Russia)

Valentin A. Neverov – Dr. Sci. (Med.), Professor (Mechnikov
North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia)

Lyubov A. Rodomanova – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden Russian
Research Institute of Traumatology and Orthopedics,
St. Petersburg, Russia)

The journal is listed among the peer-reviewed scientific periodicals recommended
by Russian State Commission for Academic Degrees and Titles.

The journal is currently indexed in Emerging Sources Citation Index (Web of Science), Russian Science Citation Index,
and in international open publications databases Google Scholar and Directory of Open Access Journals,
in the world's largest bibliographic database WorldCat,

database of the Russian Institute for Scientific and Technical Information at Russian Academy of Science.

Information about the journal is published annually in Ulrichsweb Global Serials Directory.

Journal "Traumatology and Orthopaedics of Russia" founded in 1993. Registered by Russian State Press Committee.
Media registration certificate N 0110540 dated 12.04.1993. Full and partial copying or reproduction
of journal materials permitted only upon written consent of the editorial office with a mandatory reference to the journal.

Editorial office address: 8, ul. Acad. Baikova, St. Petersburg, Russia, 195427.

Phone: +7 (812) 670-86-84; e-mail: journal@rniito.org.

<https://journal.rniito.org>

Editors: I.V. Kolesnikova, A.V. Kuznetsova Technical editor: S.V. Gavrilova



СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА	7	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ			
Черный А.А., Коваленко А.Н., Билык С.С., Денисов А.О., Каземирский А.В., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Ранние результаты применения индивидуально изготовленных модульных конусов для замещения метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава.....	9	Тапальский Д.В., Николаев Н.С., Овсянкин А.В., Кочаков В.Д., Головина Е.А., Матвеевков М.В., Сухорукова М.В., Козлов Р.С. Покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации	111
Мурьев В.Ю., Алексеев С.С., Елизаров П.М., Куковенко Г.А., Деринг А.А., Хаптагаев Т.Б. Оценка болевого синдрома у пациентов после эндопротезирования коленного сустава	19	Божкова С.А. <i>Комментарий к статье «Покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации»</i>	121
Тарасов Д.А., Лычагин А.В., Рукин Я.А., Кожеников В.А., Яворовский А.Г., Строков А.В. Послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава: сравнительный анализ эффективности современных методик	31	Беляев А.М., Прохоров Г.Г., Сушников В.А., Артемьева А.С., Архипская А.А., Чуглова Д.А. Изменения структуры и механической прочности кости после пункционной криодеструкции в эксперименте	123
Корнилов Н.Н. <i>Комментарий к статье «Послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава: сравнительный анализ эффективности современных методик»</i>	42	МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
Цед А.Н., Дулаев А.К., Муштин Н.Е., Ильющенко К.Г., Шмелев А.В. Среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек	44	Стулов А.С., Тарасов А.Н. Диагностика болезни Гоффа методом магнитно-резонансной томографии	134
Мурьев В.Ю., Сорокина Г.Л. <i>Комментарий к статье «Среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек»</i>	55	Багненко С.С. <i>Комментарий к статье «Диагностика болезни Гоффа методом магнитно-резонансной томографии»</i>	141
Колесов С.В., Казьмин А.И., Швец В.В., Гуца А.О., Полторако Е.Н., Басанкин И.В., Кривошеин А.Е., Бухтин К.М., Пантелеев А.А., Сажнев М.Л., Переверзев В.С. Сравнение эффективности применения стержней из нитинола и титановых стержней при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового отдела	59	Логвинов А.Н., Ильин Д.О., Каданцев П.М., Макарьева О.В., Бурцев М.Е., Рязанцев М.С., Магнитская Н.Е., Фролов А.В., Королев А.В. Особенности диагностики частичных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава	143
Никитюк И.Е., Виссарионов С.В. Нарушение функции стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка	71	Щудло Н.А., Ступина Т.А., Щудло М.М. Сканирующая электронная микроскопия ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена продвинутой стадии	150
Мушкин А.Ю. <i>Комментарий к статье «Нарушение функции стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка»</i>	81	ОБЗОРЫ	
Серета А.П., Белякова А.М. Классификация синдрома (деформации) Хаглунда.....	83	Скрябин Е.Г. Изолированный и многоуровневый спондилолиз (обзор литературы)	157
Бережной С.Ю. <i>Комментарий к статье «Классификация синдрома (деформации) Хаглунда»</i>	99	ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ	
Судницын А.С., Щурова Е.Н., Варсегова Т.Н., Ступина Т.А., Мигалкин Н.С. Некоторые морфо-функциональные аспекты хронического остеомиелита у больных с деформациями стоп нейрогенной этиологии	102	Даниляк В.В. Комментарий к статье «Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? (критический обзор литературы и собственных наблюдений)»	166
		ЮБИЛЕИ	
		Клара Ильинична Шапиро К 80-летию со дня рождения.....	170
		Валентин Александрович Неверов К 75-летию со дня рождения.....	172
		ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ	
		Александр Федорович Краснов К 90-летию со дня рождения.....	174
		НЕКРОЛОГ	
		Леонид Борисович Резник	176

CONTENTS

EDITORIAL.....	7	THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES	
CLINICAL STUDIES		Tapalski D.V., Nikolaev N.S., Ovsyankin A.V., Kochakov V.D., Golovina E.A., Matveenkov M.V., Sukhorukova M.V., Kozlov R.S.	
Cherny A.A., Kovalenko A.N., Bilyk S.S., Denisov A.O., Kazemirskiy A.V., Kulyaba T.A., Kornilov N.N.		Coatings Based on Two-Dimensionally Ordered Linear Chain Carbon for Protection of Titanium Implants from Microbial Colonization	111
Early Outcomes of Patient-Specific Modular Cones for Substitution of Methaphysial and Diaphysial Bone Defects in Revision Knee Arthroplasty	9	Bozhkova S.A.	
Murylev V.Yu., Alekseev S.S., Elizarov P.M., Kukovenko G.A., Dering A.A., Haptagaev T.H.		<i>Comment to the Article „Coatings Based on Two-Dimensionally Ordered Linear Chain Carbon for Protection of Titanium Implants from Microbial Colonization“</i>	121
Evaluation of Pain Syndrome in Patients after Total Knee Replacement	19	Belyaev A.M., Prokhorov G.G., Sushnikov V.A., Artemyeva A.S., Arkhitskaya A.A., Chuglova D.A.	
Tarasov D.A., Lychagin A.V., Rukin Ya.A., Kozhevnikov V.A., Yavorovskiy A.G., Strokov A.V.		Changes in the Structure and Mechanical Properties of the Bone after Puncture Cryoablation: Experimental Study	123
Postoperative Analgesia after Total Knee Arthroplasty: a Comparative Analysis of Current Treatment Techniques Effectiveness.....	31	RESEARCH METHODS	
Kornilov N.N.		Stulov A.S., Tarasov A.N.	
<i>Comment to the Article „Postoperative Analgesia after Total Knee Arthroplasty: a Comparative Analysis of Current Treatment Techniques Effectiveness“</i>	42	Magnetic Resonance Imaging of Hoffa’s Fat Pad.....	134
Tsed A.N., Dulaev A.K., Mushtin N.E., Iliushchenko K.G., Shmelev A.V.		Bagenko S.S.	
Mid-Term Outcomes of Primary Hip Replacement in Patients with End-Stage Chronic Renal Disease.....	44	<i>Comment to the Article „Magnetic Resonance Imaging of Hoffa’s Fat Pad“</i>	141
Murylev V.Yu., Sorokina G.L.		Logvinov A.N., Ilyin D.O., Kadantsev P.M., Makarieva O.V., Burtsev M.E., Ryazantsev M.S., Magnitskaya N.E., Frolov A.V., Korolev A.V.	
<i>Comment to the Article „Mid-Term Outcomes of Primary Hip Replacement in Patients with End-Stage Chronic Renal Disease“</i>	55	Features of Partial Rotator Cuff Tears Diagnostics	143
Kolesov S.V., Kazmin A.I., Shvets V.V., Gushcha A.O., Poltorako E.N., Basankin I.V., Krivoshein A.E., Bukhtin K.M., Panteleev A.A., Sazhnev M.L., Pereverzev V.S.		Shchudlo N.A., Stupina T.A., Shchudlo M.M.	
Comparison of Nitinol and Titanium Nails Effectiveness for Lumbosacral Spine Fixation in Surgical Treatment of Degenerative Spine Diseases	59	Scanning Electron Microscopy of Palmar Fascia in Dupuytren’s Disease of Advanced Stage	150
Nikityuk I.E., Vissarionov S.V.		REVIEWS	
Foot Function Disorders in Children with Severe Spondylolisthesis of L5 Vertebra	71	Skryabin E.G.	
Mushkin A.Yu.		Isolated and Multilevel Spondylolysis (Literature Review).....	157
<i>Comment to the Article „Foot Function Disorders in Children with Severe Spondylolisthesis of L5 Vertebra“</i>	81	LETTERS TO EDITOR	
Sereda A.P., Belyakova A.M.		Danilyak V.V.	
Classification for Haglund’s Syndrome (Deformity)	83	<i>Comment to the Article „Classifications of Acetabular Defects: Do They Provide an Objective Evidence for Complexity of Revision Hip Joint Arthroplasty? (Critical Literature Review and Own Cases)“</i>	166
Berezhnoy S.Yu.		JUBILEES	
<i>Comment to the Article „Classification for Haglund’s Syndrome (Deformity)“</i>	99	Klara I. Shapiro	
Sudnitsyn A.S., Shchurova E.N., Varsegova T.N., Stupina T.A., Migalkin N.S.		80 th Anniversary of the Birth	170
Some Morphological and Functional Aspects of Chronic Osteomyelitis in Patients with Neurogenic Foot Deformities	102	Valentin A. Neverov	
		75 th Anniversary of the Birth	172
		MEMORIAL DATES	
		Alexander F. Krasnov	
		90 th Anniversary of the Birth	174
		OBITUARY	
		Leonid B. Reznik	176

Уважаемые коллеги!

В этом выпуске мы решили обсудить в редакционной колонке проблему корректности статистических методов обработки научных исследований по одной простой причине. В ходе рецензирования нескольких достаточно актуальных и интересных статей авторам были высказаны вполне объективные замечания по методологии статистической обработки представленных ими материалов. Реакция коллег была негативной, и ее суть сводилась к тому, что это всего лишь придирки, и отсутствие четкого представления самих методов статистической обработки, а также их корректность никоим образом не влияют на научную значимость самих исследований. Удивила не столько сама реакция авторов, сколько их глубокая уверенность в отсутствии необходимости доказывать обоснованность выводов своих исследований соответствующими математическими методами. По их убеждению, «магического» $p < 0,05$ вполне достаточно для любых доказательств.

Проблема статистического анализа в клинических и экспериментальных исследованиях не нова и блестяще изложена в статье В.П. Леонова еще в 2002 году*. Суть изложенного заключается в крайне упрощенном подходе отечественных исследователей к методам статистической обработки материалов, многие из которых носят откровенно «камуфляжный» характер. Среди причин этого массового явления автор выделяет низкую статистическую культуру исследователей (по сути, до сих пор практически нигде не готовятся специалисты-исследователи), отсутствие в структуре НИИ и вузов специализированных лабораторий биостатистики, отсутствие отраслевой нормативной базы, регламентирующей этапы статистического анализа и отсутствие (опять же до последнего времени) квалифицированной статистической экспертизы в редакциях журналов и диссертационных советах.

Конечно, научная значимость статьи, да и самого исследования, определяется ее актуальностью, новизной, сравнимостью исследуемых явлений и чистотой подбора групп пациентов, их репрезентативностью, четкими критериями включения и исключения, дизайном самого исследования — проспективное или ретроспективное и т.д. Все это так, но результаты и выводы, полученные в ходе исследования, должны основываться на адекватных методах статистического анализа. Без этого любое другое заключение превращается в ничем не доказанное мнение эксперта, чем, собственно говоря, и грешат многие отечественные работы.

Многое ли изменилось с момента публикации статьи В.П. Леонова?

Изучение 69 авторефератов диссертаций, защищенных в 2017 году (59 кандидатских и 10 докторских) по специальности «травматология и ортопедия» показало, что в большинстве работ вообще отсутствует описание используемых методов статистической обработки, в 6 докторских и 13 кандидатских диссертациях применялась только описательная статистика. В ряде исследований подчеркивается статистическая значимость различий, но ее оценка выполнялась без поправки на множественность сравнений. Корректное описание статистического раздела присутствовало только в авторефератах 18 кандидатских диссертаций и ни в одной докторской**.

Работа редколлегии и рецензентов журнала имеет только одну цель — повышение научного уровня публикуемых статей. Именно поэтому к работе со статьями на предварительном этапе рецензирования мы привлекаем квалифицированного специалиста по биомедицинской статистике, который оценивает корректность используемых методов и полученных результатов.

* Леонов В.П. Наукометрия статистической парадигмы экспериментальной биомедицины. *Вестник Томского государственного университета*. 2002;(275):17-24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/naukometrika-statisticheskoy-paradigmy-eksperimentalnoy-biomeditsiny> (дата обращения: 25.06.2019).

** Решетов И.В., Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Шубняков И.И. Научная специальность «травматология и ортопедия» в 2017 г.: анализ выполненных диссертаций. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(3):9-18. URL: <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-3-9-18> (дата обращения: 25.06.2019).

Разумеется, существует множество форм научных публикаций, и не все из них требуют глубокого статистического анализа. К ним относятся обзоры литературы, представление клинических случаев, описание новых технологий, дискуссионные работы и т.д. Однако любая научная гипотеза, выдвигаемая автором, требует проверки и обоснования, в том числе с применением методов статистического анализа. При выборе статистического критерия должны учитываться не только типы данных (количественные /

порядковые / качественные) и нормальность распределений, но и условия применимости критериев, связанность анализируемых выборок, дизайн исследования. При этом от авторов требуется не только четкое понимание цели и способа проведения статистического анализа, но и грамотная его интерпретация и представление.

Надеемся, что озвученная проблема будет воспринята авторами с пониманием, и публикуемые нами статьи будут иметь более высокую степень научной доказательности.

*главный редактор журнала профессор Р.М. Тихилов
заместитель главного редактора д-р мед. наук И.И. Шубняков
специалист по биомедицинской статистике А.А. Глазков*

Ранние результаты применения индивидуально изготовленных модульных конусов для замещения метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава

А.А. Черный, А.Н. Коваленко, С.С. Билык, А.О. Денисов, А.В. Каземирский,
Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Целью исследования явилась оценка ранних результатов применения аддитивной технологии, позволяющей проектировать и создавать индивидуальные трехмерные титановые конусы с заданными параметрами пористости и адгезии для компенсации метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава. **Материал и методы.** С 2017 по 2019 г. выполнено проектирование и имплантация при ревизионной артропластике коленного сустава 30 индивидуальных металлоконструкций (12 бедренных и 18 большеберцовых) 26 пациентам. Клиническая оценка ранних исходов лечения проводилась с использованием русскоязычных версий балльных шкал оценки функции коленного сустава KSS, WOMAC, FJS-12 в среднем через 10 (2–18) месяцев после операции. В аналогичные сроки проводился анализ стабильности фиксации компонентов эндопротеза по стандартным рентгенограммам коленного сустава в трех проекциях. **Результаты.** Во всех наблюдениях не было отмечено технических сложностей в позиционировании и установке индивидуально изготовленных титановых конусов. На момент подготовки публикации ни у одного из прооперированных пациентов не возникло показаний к повторному хирургическому вмешательству, равно как и не было отмечено интра- и послеоперационных осложнений. Ранние функциональные исходы лечения оценены у всех 26 прооперированных больных в среднем через 6 и 18 месяцев после вмешательства. Через полгода балльная оценка функции коленного сустава значительно улучшилась: KSS с 23 (2–42; SD 19,96) до 66,5 (62–78; SD 7,68), WOMAC с 59 (56–96; SD 28,31) до 32,25 (19–46; SD 11,76), показатель FJS-12 составил 29,16 балла (0–68,75; SD 30,19). Через 18 месяцев средние показатели балльных шкал составили: KSS — 97,5 (88–108; SD 9,14), WOMAC — 16,5 (9–24; SD 6,45), FJS-12 — 45,85 (25–75; SD 22,03). Рентгенологических признаков нестабильности компонентов эндопротеза за период наблюдения выявлено не было. **Заключение.** Оригинальная аддитивная технология проектирования и создания индивидуальных титановых конусов для компенсации метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава является перспективным и клинически эффективным решением как минимум в ближайшей перспективе. Для оценки ее среднесрочной и отдаленной надежности по сравнению с существующими альтернативными хирургическими решениями, несомненно, требуется более длительный период наблюдения.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование коленного сустава, костные дефекты, индивидуальный имплантат, аддитивные технологии, 3D-печать.

Черный А.А., Коваленко А.Н., Билык С.С., Денисов А.О., Каземирский А.В., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Ранние результаты применения индивидуально изготовленных модульных конусов для замещения метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):9-18. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-9-18.

Cite as: Cherny A.A., Kovalenko A.N., Bilyk S.S., Denisov A.O., Kazemirskiy A.V., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. [Early Outcomes of Patient-Specific Modular Cones for Substitution of Methaphysal and Diaphysal Bone Defects in Revision Knee Arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):9-18. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-9-18.

✉ Черный Александр Андреевич / Alexander A. Cherny; e-mail: alexander.cherny.spb@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 20.05.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 18.06.2019.

Early Outcomes of Patient-Specific Modular Cones for Substitution of Methaphysial and Diaphysial Bone Defects in Revision Knee Arthroplasty

A.A. Cherny, A.N. Kovalenko, S.S. Bilyk, A.O. Denisov, A.V. Kazemirskiy, T.A. Kulyaba, N.N. Kornilov

Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

The aim of this study was the assessment of early outcomes of patient-specific three-dimensional titanium cones with specified porosity parameters to compensate for extensive metaphyseal-diaphyseal bone defects in RTKA. **Materials and Methods.** Since 2017 till 2019 30 patient-specific titanium cones (12 femoral and 18 tibial) implanted during 26 RTKAs. Clinical outcomes evaluated using KSS, WOMAC and FJS-12 scoring systems on average 10 (2–18) months after surgery. At the same time the stability of implant fixation analyzed using frontal, lateral and axial knee roentgenograms. **Results.** During all procedures there were no technical difficulties in positioning and implantation of custom-made titanium cones. At the time of preparation of the publication, none of the patients had indications for further surgical intervention, as well as intra- and postoperative complications. Six months after surgery all scores improved significantly: KSS from 23 (2–42, SD 19.96) to 66.5 (62–78, SD 7.68), WOMAC from 59 (56–96, SD 28.31) to 32.25 (19–46, SD 11.76), the index FJS-12 was 29.16 points (0–68.75, SD 30.19). The average scores continued to improve up to 18 months: KSS — 97.5 (88–108, SD 9.14), WOMAC — 16.5 (9–24, SD 6.45), FJS-12 — 45.85 (25–75, SD 22.03). No radiolucent lines were noticed during this period of observation. **Conclusion.** The original additive technology of designing and producing patient-specific titanium cones for compensation of extensive metaphyseal-diaphyseal bone defects in RTKA is a valid solution at least in the short term. A longer follow-up period is required to assess its medium- and long-term reliability compared to existing alternative surgical solutions.

Keywords: knee revision arthroplasty, bone deficiency, patient-specific implant, additive technologies, 3D printing.

Введение

Ежегодно в Российской Федерации растет количество выполненных первичных артропластик коленного сустава: с 36843 в 2014 г. до 42904 в 2017 г., что отражает общемировые тенденции [1]. В связи с этим увеличивается количество ревизионных оперативных вмешательств: их доля от общего числа операций первичного эндопротезирования колеблется от 6 до 8% [2].

Восстановление костных дефектов мыщелков бедренной и большеберцовой костей является неотъемлемым и ключевым этапом любого ревизионного эндопротезирования коленного сустава. У большинства пациентов для этого применяются стандартные модульные компоненты: металлические блоки, метафизарные конусы или втулки. Однако нередко дефицит кости распространяется не только на метафиз, но и на диафиз, существенно затрудняя как реконструкцию линии сустава, так и компрометируя надежность фиксации имплантата в силу того, что высокая вариабельность размеров и форм дефекта ограничивает возможность применения стандартных способов компенсации. Альтернативные хирургические решения данной проблемы не только сопряжены с высокими эконо-

номическими затратами (конусы из пористого титала, титановые втулки с плазменным напылением, мегапротезы) или ограниченной доступностью клинического использования в силу ряда организационных причин, рассмотрение которых выходит за рамки этой проблемы (структурные аллотрансплантаты), но и характеризуются довольно высоким процентом осложнений. Размеры стандартных втулок и конусов не покрывают всего разнообразия костных дефектов, встречающихся в повседневной клинической практике. Применение сегментарных систем эндопротезирования коленного сустава, по данным анализа зарубежной литературы, характеризуется от 5 до 40% инфекционных осложнений, включая от 23,5 до 87% риска вторичных ампутаций из-за персистенции перипротезной инфекции, а также от 4,9 до 9,6% риска раннего асептического расшатывания [3]. Костные аллотрансплантаты, обладающие полноценными биологическими свойствами, доступны лишь в единичных медицинских учреждениях РФ из-за организационно-экономических сложностей создания и функционирования локальных костных банков в силу ряда организационных причин, рассмотрение которых выходит за рамки этой работы,

а также из-за отсутствия единых регламентов их заготовки, консервации и хранения.

Целью настоящего исследования явилось внедрение, клиническое изучение и оценка ранних результатов возможностей применения аддитивной технологии, позволяющей проектировать и создавать индивидуальные трехмерные титановые конусы с заданными параметрами пористости и адгезии для компенсации метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава.

Материал и методы

Предоперационная оценка и планирование. Всем пациентам выполнялась тонкосрезная компьютерная томография (КТ) обеих нижних конечностей с шагом в 0,5–1,0 мм с захватом тазобедренного и голеностопного суставов и программным подавлением наводок от имплантата (metal artifact reduction sequence). Далее при помощи компьютерной реконструкции создавалась трехмерная модель коленного сустава в масштабе один к одному. Предоперационное планирование (сегментирование и проектирование) выполнялось с помощью специализированного программного обеспечения 3DSlicer (версия 4.10) и Blender (версия 2.8) [4]. После создания виртуальной модели, которая в ряде случаев печаталась на 3D-принтере для улучшения визуального восприятия, коллегиально оценивался потенциал использования стандартных технологий замещения обширных костных дефектов и принималось решение о проектировании индивидуальной конструкции. Учитывая, что время ожидания от момента принятия решения до возможности уста-

новки имплантата может занимать от 2 до 8 недель, большинству пациентов данный этап выполнялся в амбулаторных условиях.

Проектирование. Трехмерное позиционирование ревизионного имплантата и индивидуального конуса проводили с учетом сохранившихся анатомических ориентиров, стремясь к достижению нейтральной механической оси конечности во фронтальной плоскости, а также имитации индивидуального угла сгибания нижней трети бедренной кости и рекомендованного производителем эндопротеза наклона большеберцового компонента кзади в сагиттальной плоскости. При выборе ротационного положения бедренного и большеберцового компонентов ориентировались на надмыщелковую линию и внутреннюю треть бугристости большеберцовой кости (рис. 1). При значимом разрушении анатомических ориентиров для моделирования реконструкции использовали анатомические взаимоотношения противоположной конечности (рис. 2). Следует отметить, что даже при наличии патологических изменений контралатерального коленного сустава трехмерная виртуальная визуализация позволяла минимизировать ошибку в ориентации и положении компонентов. Так как трехмерная модель коленного сустава строилась из КТ-срезов в формате DICOM, которые содержали данные о пространственной ориентации коленного сустава и его положении относительно горизонтальной, вертикальной и сагиттальной плоскостей, то в соответствии с индивидуальными особенностями задавали угол наклона поверхности проектируемого конуса в трех плоскостях с точностью до долей градуса (рис. 3).

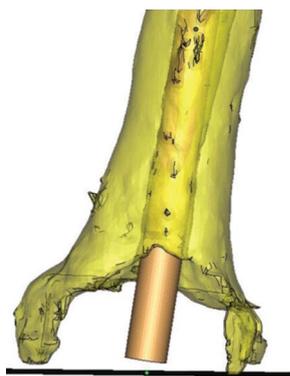


Рис. 1. Определение анатомической оси конечности, а также референтных значений на этапе предоперационного планирования

Fig. 1. Definition of anatomical limb axis and reference values during preoperative planning



Рис. 2. Этапы реконструкции и прототипирования с помощью данных КТ противоположной (интактной) конечности

Fig. 2. Stages of reconstruction and prototyping based on the CT scans of contralateral (intact) limb



Рис. 3. Предоперационное планирование пространственного положения компонента ревизионного эндопротеза

Fig. 3. Preoperative planning of three-dimensional positioning of revision component

В зависимости от конфигурации дефекта индивидуальный имплантат, как правило, сочетал диафизарную и метафизарную части, имитирующие утраченную костную морфологию. Перед изготовлением его прототипа на модели кости отмечали те участки, которые могут быть дополнительно удалены или сглажены для облегчения установки контактной поверхности конструкции, что особенно важно для тех областей, через которые проходят интрамедуллярные элементы ревизионного имплантата. Непористые части конструкции формировались с учетом требований обеспечения надежной механической прочности и устойчивости к типичным нагрузкам, которым подвергается ревизионный эндопротез коленного сустава.

Структура поверхности индивидуального имплантата проектировалась в зависимости от специфических механических и биологических задач, возложенных на его различные элементы. Для оптимизации остеоинтеграции, форма и размер пор на соприкасающихся с костью поверхностях имитировали естественные, составляя 700 мкм, размер страт (балок пористости) 0,45 мм. Кроме того, этим зонам придавалась шероховатость для улучшения адгезии и прочности первичной фиксации. Размер пор и страт был неизменен на всем протяжении аугмента. В свою очередь, внешняя поверхность индивидуального конуса на участках, где потенциально был возможен контакт с мягкими тканями, проектировалась сатинированной с целью снижения их возможного раздражения во время движений в коленном суставе.

Далее на 3D-принтере печатали пластиковый прототип имплантата вместе с моделью кости пациента для оценки его позиционирования и соответствия дефекту. После окончательного утверждения конструктивного решения имплантата оперирующим хирургом переходили к этапу его изготовления.

Технология производства. Конструкция производится посредством послойного электронно-пучкового плавления или лазерного спекания титанового порошка. Эта технология известна как аддитивное производство. В данном исследовании во всех 26 наблюдениях использовалась печать из титанового порошка на трехмерном принтере с помощью ведущих российских технологических биоинжиниринговых предприятий (Москва, Новосибирск).

Хирургическая техника. Первым этапом выполняли достаточный для адекватной визуализации оставшейся костной основы мышечков бедренной и большеберцовой костей доступ. Затем аккуратно удаляли имплантат, подлежащий ревизии, уделяя особое внимание тщательному очищению костных поверхностей от рубцовых тканей и костного цемента, которые, интерпонируя между костным

ложом и индивидуальным имплантатом, могут помешать должному позиционированию и фиксации всех компонентов эндопротеза (рис. 4).



Рис. 4. Дебридмент костных поверхностей бедренной и большеберцовой костей после удаления антимикробного цементного спейсера коленного сустава с визуализацией массивных костных дефектов (F3/T3 по AORI)

Fig. 4. Debridement of femur and tibia surfaces after removal of antimicrobial cemented knee spacer and visualization of massive bone defects (types F3/T3 by AORI)

Подготовку интрамедуллярных каналов бедренной и большеберцовой костей осуществляли согласно рекомендациям производителя эндопротеза в зависимости от длины и типа фиксации удлиняющей ножки. Далее проводили примерку отпечатанного из пластика макета индивидуального конуса и осуществляли адаптацию костного ложа до достижения его press-fit-фиксации, оценивая правильность пространственной ориентации (рис. 5). Выполнив пробную сборку эндопротеза с макетом конуса и убедившись в достижении запланированного трехмерного расположения его компонентов с учетом уровня суставной линии, переходили к окончательной имплантации как индивидуально изготовленной металлоконструкции по методике тугой посадки, так и ревизионного эндопротеза, используя гибридную или полностью цементную фиксацию. Далее выполнялось стандартное послойное ушивание раны (рис. 6).

На послеоперационных рентгенограммах в прямой и боковой проекциях определяется имплантированная индивидуальная металлоконструкция: для надежной первичной фиксации и последующей остеоинтеграции важным является достижение плотного контакта внешней поверхности конуса с внутренней поверхностью метафиза и диафиза (рис. 7).



Рис. 5. Примерка пластикового макета индивидуального аугмента бедренной кости с диафизарной фиксацией, выполненного с оригинальной модели

Fig. 5. Test-fitting of the plastic model of customized femoral augment for diaphyseal fixation (model based on the original component)

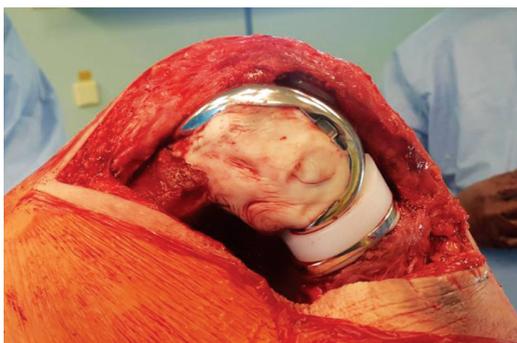


Рис. 6. Имплантированный индивидуальный титановый аугмент и ревизионный эндопротез коленного сустава.

Незадействованные боковые пористые поверхности имплантата замазаны костным цементом с целью предотвращения нежелательной адгезии к нему мягкотканых структур в послеоперационном периоде

Fig. 6. Implanted customized titanium augment and revision knee prosthesis. Free lateral porous surfaces of the implant are covered by bone cement to prevent unwanted postoperative adhesion of soft tissues

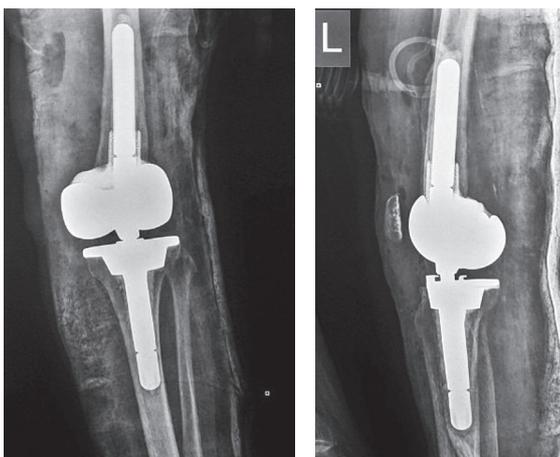


Рис. 7. Послеоперационная рентгенограмма в прямой и боковой проекциях с визуализацией индивидуального титанового аугмента диафизарной фиксации бедренной кости и ревизионной системы эндопротезирования с танталовым метафизарным аугментом большеберцовой кости

Fig. 7. Postoperative lateral and AP x-rays visualizing customized titanium femoral augment for diaphyseal fixation and revision implant with tantalum metaphyseal tibial augment

С 2017 по 2019 г. авторами выполнено проектирование и имплантация 30 индивидуальных металлоконструкций (12 бедренных и 18 большеберцовых) 26 пациентам при ревизионной артропластике коленного сустава. Среди них было 8 (30,8%) мужчин и 18 (69,2%) женщин в возрасте от 34 до 86 лет (в среднем 63 года). Причинами ревизионного вмешательства с использованием индивидуального аугмента в большинстве случаев была асептическая нестабильность компонентов эндопротеза (62,5%), а также второй этап лечения перипротезной инфекции после имплантации антимикробного спейсера (37,5%). Выраженность костного дефекта уточнялась интраоперационно после удаления имплантата и рубцовой ткани по классификации AORI (Anderson Orthopaedic Research Institute, США) [5].

Клиническая оценка предоперационного состояния больных и исходов лечения проводилась многократно с использованием валидированных и адаптированных русскоязычных версий балльных шкал оценки функции коленного сустава KSS, WOMAC, FJS-12 [6] у 11 пациентов, в среднем через 10 мес. после операции (от 2 до 18), у остальных — двукратно в связи с небольшим сроком после операции. В аналогичные сроки проводился анализ стабильности фиксации компонентов эндопротеза с использованием стандартных рентгенограмм коленного сустава в трех проекциях.

Статистический анализ проводился с помощью программ Microsoft Excel и Statistica (версия 12.5.192.7): определялись средние значения по шкалам и величина стандартных отклоне-

ний (SD) при доверительном интервале 95% сравниваемых параметров до и после хирургического лечения.

Результаты

В 15 наблюдениях конусы использовались для изолированного восполнения дефектов метафизарной зоны 2В типа (рис. 8), а в 11 случаях они распространялись на диафиз бедренной (9 аугментов) и/или большеберцовой (6 аугментов) костей (рис. 9), компенсируя дефекты 3 типа по AORI. Стоит отметить, что данная классификация дефектов не дает полного представления о масштабе дефицита костной ткани, распространяющегося не только на метаэпифизарную зону, но и далее на диафиз, не позволяя адекватно описать уровень поражения.

Во всех 26 наблюдениях применялись модульные системы для ревизионного эндопротезирования NexGen LССK и RHK (ZimmerBiomet, США) либо LCS Complete Revision и Sigma TC3 MBT (DePuy Johnson&Johnson, США). Продолжительность хирургического вмешательства колебалась от 90 до

285 мин, составляя в среднем 138 мин (SD 54,19). Средняя интраоперационная кровопотеря составила 278 мл (от 50 до 850; SD 205,72), однако следует подчеркнуть, что большинство вмешательств (68,75%) выполнялось под гемостатическим жгутом без использования дренажей.

Во всех 26 наблюдениях во время ревизионного вмешательства не наблюдалось технических сложностей в позиционировании и имплантации индивидуально изготовленных титановых конусов: после минимальной обработки костного ложа для тонкой подгонки они точно соответствовали размеру и форме дефекта. На момент подготовки ни у одного из прооперированных пациентов не возникло показаний к повторному хирургическому вмешательству, равно как и не было отмечено интра- и послеоперационных осложнений.

Ранние функциональные исходы лечения оценены у всех 26 прооперированных больных в среднем через 6 и 18 мес. после вмешательства (от 2 до 18). Через полгода средняя балльная оценка функции коленного сустава значительно улучшилась: KSS с 23 (2–42; SD 19,96) до 66,5 (62–78;

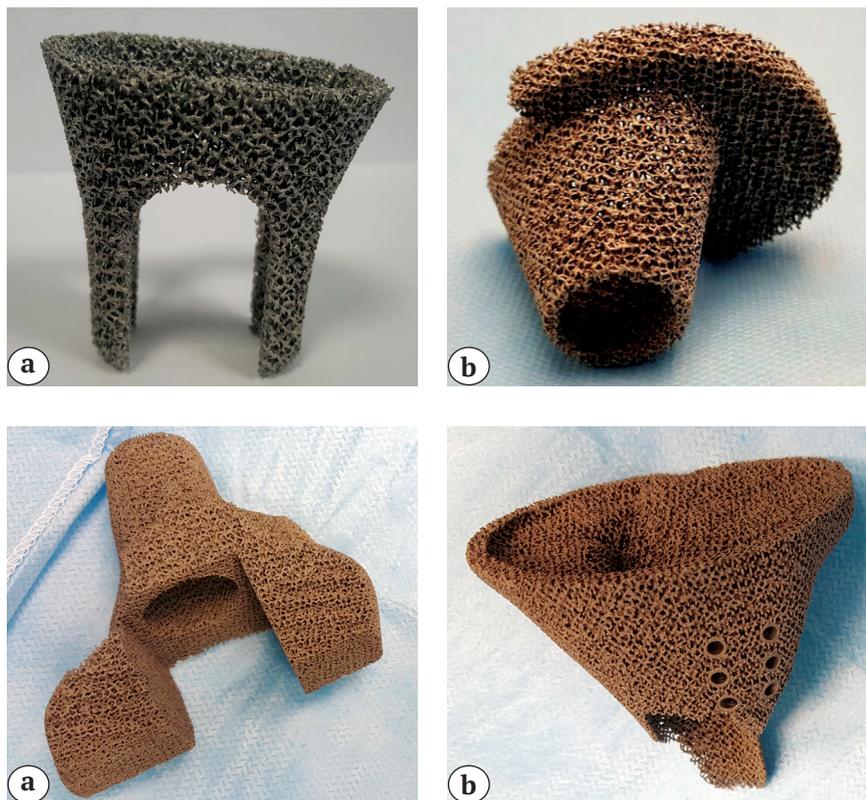


Рис. 8. Индивидуальный титановый аугмент метафизарной фиксации:

а — для замещения дефекта бедренной кости 2В типа; б — для замещения дефекта большеберцовой кости 2В типа

Fig. 8. Customized titanium metaphyseal augment: а — for replacement of 2В type femoral defect; б — for replacement of 2В type tibia defect

Рис. 9. Индивидуальный титановый аугмент метафизарно-диафизарной фиксации:

а — для замещения дефекта бедренной кости 3 типа; б — для замещения дефекта большеберцовой кости 3 типа с отверстиями для рефиксации разгибательного аппарата с учетом анатомических особенностей

Рис. 9. Customized titanium augment for metaphyseal-diaphyseal fixation:

а — for replacement of 3 type femoral defect; б — for replacement of 3 type tibial defect, holes are stipulated for re-fixation of extensor apparatus according to individual anatomy

SD 7,68), WOMAC с 59 (56–96; SD 28,31) до 32,25 (19–46; SD 11,76), показатель FJS-12 составил 29,16 балла (0–68,75; SD 30,19). Через 18 мес. средние показатели балльных шкал составили: KSS — 97,5 (88–108; SD 9,14), WOMAC — 16,5 (9–24; SD 6,45), FJS-12—45,85 (25–75; SD 22,03). Рентгенологических признаков нестабильности компонентов эндопротезов за период наблюдения не выявлено ни у одного пациента.

Обсуждение

Среди основных результатов исследования следует отметить, во-первых, высокую точность как виртуальной реконструкции бедренной и большеберцовой костей с метафизарно-диафизарными дефектами, так и дальнейшего планирования и изготовления индивидуальных конусов с заданными параметрами пористости и адгезии: имплантация всех 30 изделий прошла без значимых технических сложностей, корректно относительно спланированных на виртуальной реконструкции осей и костных ориентиров, существенно облегчив реконструкцию поврежденных анатомических образований. Во-вторых, ранние функциональные и рентгенологические исходы клинического применения данной технологии не демонстрируют существенных отличий от альтернативных способов, что позволяет ее характеризовать как весьма перспективную. Традиционно обширные костные дефекты при ревизионной артропластике коленного сустава восстанавливают с помощью ряда взаимозаменяемых методик, таких как использование структурных аллотрансплантатов, модульных металлических аугментов, втулок с напылением, танталовых или титановых конусов и модульных мегапротезов. Несмотря на то, что у каждого из вышеперечисленных подходов есть как преимущества, так и недостатки, выбор метода, как правило, определяется предпочтениями хирурга и непосредственной доступностью каждой из технологий в конкретном стационаре.

Так, использование структурных костных аллотрансплантатов позволяет компенсировать практически любой объем потери костной массы, но их заготовка и хранение сопряжено с организационными и материальными затратами на содержание собственного костного банка вследствие того, что логистика биологических тканей между медицинскими учреждениями РФ затруднена из-за несовершенства нормативно-правовой базы. С течением времени массивный кортикально-губчатый аллотрансплантат не подвергается перестройке, а лишь срастается с материнской костью в зоне непосредственного контакта. И если в отдаленном периоде после реэндопротезирования механическая прочность костных трабекул нарушается (при

гистологическом исследовании структурных аллотрансплантатов в среднем через 41 месяц после операции их реваскуляризации не происходит), это приводит к миграции имплантата и необходимости повторного ревизионного вмешательства (79,6% хороших результатов в течение первого года наблюдений и 68,2% через 5 лет) [7, 8].

Применение металлических втулок с напылением и конусов из пористого металла позволяет восполнить дефекты центрального типа: при этом для достижения надежной фиксации с материнской костью метафиза должно плотно контактировать не менее 70–75% периферической окружности конструкции данного вида. Если это недостижимо и дефект распространяется до диафиза, то возможно совместное применение диафизарного и метафизарного конусов, которые фиксируются друг к другу при помощи костного цемента: надежность данного решения пока не подкреплена отдаленными наблюдениями [9].

Конусы чаще всего располагаются эксцентрично по отношению к ревизионному эндопротезу, так как непосредственно с ним не связаны, и при установке удлиняющая ножка имплантата фиксируется цементом к его внутренней поверхности. Из-за этого процесс подготовки костного ложа во время реэндопротезирования требует много времени и трудозатратен. Подготовка костного ложа для фиксации метафизарной втулки осуществляется быстрее и технологичнее, при этом ее позиционирование задается направлением костномозгового канала, а перед имплантацией она фиксируется к соответствующему компоненту эндопротеза. При данном варианте реконструкции сложности в корректном пространственном позиционировании втулки и, соответственно, эндопротеза возникают, если диафизы бедренной или большеберцовой костей деформированы [10]. Поэтому у ряда пациентов установить удлиняющую ножку становится невозможным, и если это сочетается с дефицитом костной массы эпифиза, то компрометируется принцип достижения фиксации ревизионного имплантата как минимум в двух зонах [11]. Вместе с тем результаты использования металлических втулок с напылением (средний срок наблюдения $3,6 \pm 1,4$ лет) и конусов (средний срок наблюдения $4,5 \pm 1,6$ лет) показывают хорошую выживаемость имплантатов в раннем и среднесрочном периодах (97,3 и 97,8% соответственно) [12].

К недостаткам применения традиционных конусов и втулок следует также отнести необходимость моделирования костного ложа под стандартную форму имплантата, что приводит к дополнительному повреждению, а также их высокую стоимость, особенно при сочетании с дополнительными модульными блоками. Издержки возникают и из-за содержания на складе медицинского

учреждения всей линейки типоразмеров, а также связанные с этим логистические проблемы, в том числе из-за отсутствия их производства на территории РФ.

Наиболее радикальным решением проблемы реконструкции обширных метафизарно-диафизарных дефектов костей, формирующих коленный сустав, является применение модульных мегапротезов. Несмотря на простоту и быстроту их имплантации, нерешенными вопросами остаются ненадежность однозональной диафизарной фиксации (частота преждевременного асептического расшатывания достигает неприемлемых значений) и высокий процент развития перипротезной инфекции [3]. Сочетание данных факторов с крайне высокой стоимостью подобных эндопротезов обуславливает единичный характер их использования на территории РФ по данным показаниям.

На протяжении последнего десятилетия прослеживается общемировая тенденция роста применения 3D-технологий в ортопедии. Наибольшее распространение они получили для создания индивидуальных резекторных блоков при тотальной артропластике коленного сустава, а также направителей для выполнения корригирующих остеотомий костей верхних и нижних конечностей [13–15]. Лидирующими областями, где 3D-печать служит для компенсации обширных костных дефектов, являются челюстно-лицевая хирургия и костная онкология. Так, W. Luo с соавторами продемонстрировали, что новая методика хорошо себя зарекомендовала у четырех пациентов в возрасте от 35 до 68 лет с гигантоклеточной опухолью метафиза большеберцовой кости, показав удобство имплантации интраоперационно и отсутствие осложнений в периоде наблюдения от 5 до 8 мес. [16]. В зарубежной литературе встречаются единичные публикации об использовании индивидуально изготовленных конусов. Так, С.А. McNamara с соавторами сообщают об опыте использования индивидуального аугмента из тантала с диафизарной фиксацией для замещения костных дефектов бедренной кости при повторной ревизионной артропластике коленного сустава, подчеркивая важность предоперационного планирования для оптимального выбора имплантатов и потенциальные преимущества новой методики в виде уменьшения времени операции и вероятного повышения выживаемости конструкции [17]. Первой публикацией о результатах использования индивидуальных имплантатов из пористого титана при первичной и ревизионной артропластике коленного сустава, сопровождающейся массивными костными дефектами, стала работа L. Savagner с соавторами, в которой были изучены результаты применения 8 индивиду-

ально изготовленных аугментов у 6 пациентов (4 мужчин и 2 женщины), средний возраст которых составил 63,7 лет. Авторы продемонстрировали, что индивидуальные имплантаты являются хорошей альтернативой онкологическим эндопротезам и стандартным решениям, таким как конусы и втулки, так как позволяют добиться положительных ранних клинических и рентгенологических результатов. Тем не менее первостепенное значение для успеха они возложили на правильное планирование и интраоперационный контроль точности реконструкции и баланса мягких тканей [18].

Полученные нами данные подтверждают эти наблюдения, однако особо хочется подчеркнуть перспективность планирования индивидуальных зональных отличий пористости и степени адгезии имплантата с целью достижения оптимальной фиксации, с одной стороны, и предотвращения нежелательного сращения с ним мягкотканых структур, с другой.

Таким образом, очевидным преимуществом обсуждаемой методики является индивидуальный подход к проблеме воссоздания надежной опоры компонентов эндопротеза и универсальность по отношению как к типу и конфигурации дефекта (специфическая форма и протяженность до уровня диафиза, повреждение периферической кортикальной пластинки, комбинация центрального и периферического дефектов), так и к выбранной ревизионной системе, что в целом позволяет восстановить утраченную анатомию и надежно фиксировать эндопротез.

Вместе с тем рутинное использование данной методики неразрывно связано с необходимостью слаженной работы специалиста, обладающего навыками 3D-моделирования, с непосредственно оперирующим хирургом для адекватного определения показаний, моделирования, изготовления имплантата и корректной имплантации эндопротеза.

Оригинальная аддитивная технология проектирования и создания индивидуальных титановых конусов для компенсации метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава является перспективным и клинически эффективным решением как минимум в ближайшей перспективе. Для оценки ее среднесрочной и отдаленной надежности по сравнению с существующими альтернативными хирургическими решениями, несомненно, требуется более длительный период наблюдения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Черный А.А. — идея и дизайн исследования, сбор и обработка материала, оценка и интерпретация результатов, подготовка рукописи.

Коваленко А.Н. — сбор и обработка материала, подготовка рукописи.

Билык С.С. — сбор и обработка материала.

Денисов А.О. — идея и дизайн исследования, сбор и обработка материала.

Каземирский А.В. — оценка и интерпретация результатов.

Куляба Т.А. — оценка и интерпретация результатов.

Корнилов Н.Н. — идея и дизайн исследования, сбор и обработка материала, оценка и интерпретация результатов, подготовка рукописи.

Литература [References]

1. Андреева Т.М., Огрызко Е.В., Попова М.М. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, состояние травматолого ортопедической помощи населению России в 2017 году. М.: НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова; 2018. С. 131. Andreeva T.M., Ogryzko E.V., Popova M.M. Travmatizm, ortopedicheskaya zabolevaemost', sostoyanie travmatologo ortopedicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii v 2017 godu [Injuries, orthopedic morbidity, the state of traumatic orthopedic care to the population of Russia in 2017]. Moscow: Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 2018. p. 131.
2. Бовкис Г.Ю., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Компенсация дефектов метаэпифизов бедренной и большеберцовой костей при ревизионном эндопротезировании коленного сустава – способы и результаты их применения (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2016;22(2):101–113. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-101-113. Bovkis G.Y., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. [Management of femur and tibia metaphyseal bone defects during revision total knee arthroplasty – methods and outcomes (review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;(2):101-113. (In Russian.) DOI:10.21823/2311-2905-2016-0-2-101-113.
3. Pala E., Trovarelli G., Angelini A., Maraldi M., Berizzi A., Ruggieri P. Megaprosthesis of the knee in tumor and revision surgery. *Acta Biomed*. 2017;88 (Suppl 2):129-138. DOI: 10.23750/abm.v88i2 -S.6523.
4. Jamali A.A. Digital templating and preoperative deformity analysis with standard imaging software. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(10): 2695-2704. DOI: 10.1007/s11999-009-0858-y.
5. Engh G.A., Ammeen D.J. Bone loss with revision total knee arthroplasty: defect classification and alternatives for reconstruction. *Instr Course Lect*. 1999;48:167-175.
6. Иржанский А.А., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Валидация и культурная адаптация шкал оценки исходов заболеваний, повреждений и результатов лечения коленного сустава WOMAC, KSS и FJS-12. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):70-79. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79. Irzhanski A.A., Kulyaba T.A., Kornilov N.N.

[Validation and cross-cultural adaptation of Rating Systems WOMAC, KSS and FJS-12 in patients with knee disorders and Injuries]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):70-79. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79.

7. Pour A.E., Parvizi J., Slenker N. Rotation hinged total knee replacement: use with caution. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(8):1735-1741.
8. Revision total knee arthroplasty. ed. by. Engh G.A., Rorabeck C.H. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997. 459 p.
9. Villanueva-Martínez M., De la Torre-Escudero B., Rojo-Manaute J.M., Ríos-Luna A., Chana-Rodríguez F. Tantalum cones in revision total knee arthroplasty. A promising short-term result with 29 cones in 21 patients. *J Arthroplasty*. 2013;28(6):988-993. DOI: 10.1016/j.arth.2012.09.003.
10. Haidukewych G.J., Hanssen A., Jones R.D.J. Metaphyseal fixation in revision total knee arthroplasty: indications and techniques. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011;19(6):311-318.
11. Morgan-Jones R., Oussedik S.I., Graichen H., Haddad F.S. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2015;97-B(2):147-149. DOI: 10.1302/0301-620x.97b2.34144.
12. Zanirato A., Formica M., Cavagnaro L., Divano S., Burastero G., Felli L. Metaphyseal cones and sleeves in revision total knee arthroplasty: Two sides of the same coin? Complications, clinical and radiological results – systematic review of the literature. *Musculoskelet Surg*. 2019 Mar 16. DOI: 10.1007/s12306-019-00598-y. [Epub ahead of print].
13. Thienpont E., Schwab P.E., Fennema P. Efficacy of patient-specific instruments in total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(6):521-530. DOI: 10.2106/JBJS.16.00496. 2017.
14. Jacquet C., Chan-Yu-Kin J., Sharma A., Argenson J-N., Parratte S., Ollivier M. More accurate correction using «patient-specific» cutting guides in opening wedge distal femur varization osteotomies. *Int Orthop*. 2018 Nov 9. [Epub ahead of print]. DOI: 10.1007/s00264-018-4207-1.
15. Donnez M., Ollivier M., Munier M., Berton P., Podgorski J-P., Chabrand P. et al. Are three-dimensional patient-specific cutting guides for open wedge high tibial osteotomy accurate? An in vitro study. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1).171. DOI:10.1186/s13018-018-0872-4.
16. Luo W., Huang L., Liu H., Qu W., Zhao X., Wang C. et al. Customized knee prosthesis in treatment of giant cell tumors of the proximal tibia: application of 3-dimensional printing technology in surgical design. *Med Sci Monit*. 2017;23:1691-1700. DOI:10.12659/MSM.901436.
17. McNamara C.A., Gösthe R.G., Patel P.D., Sanders K.C., Huaman G., Suarez J.C. Revision total knee arthroplasty using a custom tantalum implant in a patient following multiple failed revisions. *Arthroplasty Today*. 2017;3(1):13-17. DOI:10.1016/j.artd.2016.08.003.
18. Cavagnaro L., Burastero G., Chiarlone F., Felli L. A new custom-made porous titanium device in knee revision surgery: early results and technical notes. *Orthop Proc*. 2019;101-B:Suppl. 4:9. Available from: <https://online.boneandjoint.org.uk/doi/abs/10.1302/1358-992X.2019.4.009>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Черный Александр Андреевич — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Коваленко Антон Николаевич — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения диагностики заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Р.Р. Вредена» Минздрава России; Санкт-Петербург

Билык Станислав Сергеевич — лаборант-исследователь научного отделения диагностики заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Р.Р. Вредена» Минздрава России; Санкт-Петербург

Денисов Алексей Олегович — канд. мед. наук, ученый секретарь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Каземирский Александр Викторович — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии коленного сустава, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Куляба Тарас Андреевич — д-р мед. наук, заведующий научным отделением патологии коленного сустава, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ведущий научный сотрудник отделения патологии коленного сустава, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Alexander A. Cherny — orthopaedic surgeon, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Anton N. Kovalenko — Cand. Sci. (Med.), researcher, Department of Diagnosis of Diseases and Injuries of the Musculoskeletal System, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Stanislav S. Bilyk — laboratory assistant-researcher, Department of Diagnosis of Diseases and Injuries of the Musculoskeletal System, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Aleksey O. Denisov — Cand. Sci. (Med.), academic secretary, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Alexander V. Kazemirskiy — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Knee Pathology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Taras A. Kulyaba — Dr. Sci. (Med.), head of the Knee Pathology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.), professor, Chair of Traumatology and Orthopedics; leading researcher, Knee Pathology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Оценка болевого синдрома у пациентов после эндопротезирования коленного сустава

В.Ю. Мурылев^{1,2}, С.С. Алексеев^{1,2}, П.М. Елизаров^{1,2}, Г.А. Куковенко^{1,2},
А.А. Деринг², Т.Б. Хаптагаев¹

¹ ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия

² ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

Реферат

Тотальное эндопротезирование является одним из самых эффективных методов лечения дегенеративных, системных и посттравматических заболеваний коленного сустава. Однако до 25% пациентов остаются неудовлетворенными результатами операции. В большинстве случаев пациенты предъявляют жалобы на боль в оперированном суставе. Определение причины боли может оказаться серьезным испытанием для врача. **Цель исследования** — определить причины болевого синдрома у пациентов после эндопротезирования коленного сустава с помощью стандартного алгоритма обследования. **Материал и методы.** Проведен анализ комплексного обследования 79 пациентов с жалобами на хронические боли в коленном суставе после операции первичного тотального эндопротезирования, обратившихся за помощью в период с начала 2016 г. по декабрь 2018 г. Критерии включения пациентов в исследование: наличие эндопротеза коленного сустава и болевого синдрома в прооперированном суставе. Критерии исключения: свищевая форма перипротезной инфекции, подозрение на «culture-negative» инфекцию и ревизионные операции. Все пациенты, включенные в исследование, проходили процедуру обследования по стандартному алгоритму комплексного обследования. **Результаты.** В результате обследования были выявлены наиболее вероятные причины болевого синдрома. У 39 (49,4%) пациентов обнаружена инфекция, у 14 (17,7%) вероятной причиной оказались ошибки пространственного положения компонентов, в 13 (16,5%) случаях обнаружено асептическое расшатывание компонентов, у 6 (7,6%) — нестабильность связочного аппарата, у 5 (6,3%) обнаружены внесуставные причины болевых ощущений, у 2 (2,5%) пациентов выявлен перипротезный перелом. У 17 (21,5%) пациентов было обнаружено несколько причин. **Заключение.** Обследование пациентов с болевым синдромом в коленном суставе должно проводиться в полном объеме, так как у пациента может быть сразу несколько проблем. Комплексный и систематический подход к диагностике болевых ощущений в прооперированном суставе является «ключом к успеху» для определения дальнейшей тактики лечения и позволяет определить необходимость и объем ревизионного вмешательства.

Ключевые слова: тотальное эндопротезирование коленного сустава, болевой синдром, перипротезная инфекция, ошибки позиционирования компонентов.

Мурылев В.Ю., Алексеев С.С., Елизаров П.М., Куковенко Г.А., Деринг А.А., Хаптагаев Т.Б. Оценка болевого синдрома у пациентов после эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):19-30. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-19-30.

Cite as: Murylev V.Yu., Alekseev S.S., Elizarov P.M., Kukovenko G.A., Dering A.A., Haptagaev T.H. [Evaluation of Pain Syndrome in Patients after Total Knee Replacement]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):19-30. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-19-30.

Мурылев Валерий Юрьевич / Valery Yu. Murylev; e-mail: nmuril@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 06.04.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 28.05.2019.

Evaluation of Pain Syndrome in Patients after Total Knee Replacement

V.Yu. Murylev^{1,2}, S.S. Alekseev^{1,2}, P.M. Elizarov^{1,2}, G.A. Kukovenko^{1,2}, A.A. Dering², T.H. Naptagaev¹

¹ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

² Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Abstract

Total joint replacement is one the most effective methods for treatment of degenerative, systemic and posttraumatic diseases of the knee. However, up to 25% of patients remain dissatisfied with surgery outcomes. In the majority of cases the patients complain of pain in the operated joint. Identification of pain cause in the operated joint can turn to become a challenge for the surgeon. **Purpose of the study** — to identify the causes of pain syndrome basing on examination algorithm in patients after TKR as well as to assess the diagnostic value of each particular examination method. **Materials and Methods.** The authors analyzed results of comprehensive examination of 79 patients who complained of chronic knee pain after primary TKR and sought medical help from the beginning of 2016 until December 2018. Inclusion criteria were as follows: knee prosthesis and presence of pain syndrome in the operated joint. Exclusion criteria: fistulous peri-prosthetic infection, suspected “culture-negative” infection and revisions. All patients included into the study were managed according to the standard algorithm of comprehensive examination. **Results.** The most likely causes of pain were identified during the examination. Infection was observed in 39 patients (49.4%), errors in three-dimensional positioning of components was considered as a probable cause of pain in 14 patients (17.7%), aseptic loosening was reported in 13 cases (16.5%), ligamentous instability — in 6 patients (7.6%), extraarticular pain origin was observed in 5 patients (6.3%) and peri-prosthetic fractures were reported in two patients (2.5%). The authors confirmed a combination of several pain causes in 17 patients (21.5%). **Conclusion.** Examination of patients with painfull knee joint prosthesis should be comprehensive due to potential combination of issues in each particular case. Integral and systematic approach to pain diagnostics in the operated joint is the “key to success” for planning further treatment tactics and for understanding the necessity and scope of revision procedure.

Keywords: total knee joint arthroplasty, pain, periprosthetic infection, component malposition.

Введение

Тотальное эндопротезирование является одним из самых эффективных методов лечения дегенеративных, системных и посттравматических заболеваний коленного сустава. Результатом проведения этой операции является стойкое уменьшение боли, улучшение функции и восстановление повседневной активности пациентов. За почти полувековую историю существования протезов мышечного типа дизайн имплантатов и хирургические техники значительно шагнули вперед. Несмотря на это, до 25% пациентов остаются неудовлетворенными результатами операции, а ревизионные операции в течение первых 2–5 лет после первичной артропластики проводятся в 60–80% случаев [1–4].

В большинстве случаев неудовлетворенные результатами пациенты предъявляют жалобы на боль в оперированном суставе [1]. Понимание природы этих болевых ощущений крайне важно для определения тактики лечения пациента. По опыту многих лет в мире достигнуто соглашение, что проведение ревизии возможно только при дос-

товерном определении проблемы. Причины могут быть как связаны с протезом (механические, инфекционные, интраоперационные), так и быть внесуставными [5–8]. Также в литературе описываются редкие случаи «необъяснимых» болевых ощущений и случаи комплексного регионального болевого синдрома [9, 10].

Диагностика причины боли в прооперированном суставе может быть непростой задачей. Зачастую пациенты длительное время не обращаются за помощью, либо не получают должного внимания и продолжают верить в «светлое будущее» своего протеза, а спустя какое-то время обращаются в другое учреждение. Как правило, такие пациенты в лучшем случае предоставляют стандартные рентгенограммы и выписной эпикриз, в связи с чем на определение причины может уйти немало времени, что впоследствии сказывается на состоянии самого пациента.

Цель исследования — определить причины болевого синдрома у пациентов после эндопротезирования коленного сустава с помощью стандартного алгоритма обследования.

Материал и методы

За период с начала 2016 г. по конец 2018 г. в ГКБ им. С.П. Боткина обратилось 79 пациентов с жалобами на хронические боли в коленном суставе после операции тотального эндопротезирования. Оперативные вмешательства были проведены в различных лечебных учреждениях Москвы и Московской области. Средний срок обращения с момента операции составил 24 мес. (от 3 до 127 мес.). Средний возраст пациентов 67 лет (от 53 до 83). Женщин было 60 (76%), мужчин — 19 (24%).

Критерии включения пациентов в исследование: наличие эндопротеза коленного сустава и болевого синдрома в прооперированном суставе. Критерии исключения: свищевая форма перипротезной инфекции, подозрение на «culture-negative» инфекцию и ревизионные операции.

Все пациенты, включенные в исследование, проходили процедуру обследования по стандартному алгоритму, схожему с алгоритмом S. Hofmann с соавторами [4].

Перед началом обследования пациентам рекомендовали выполнить стандартные рентгеновские снимки и КТ-исследование.

При поступлении в стационар пациентам выполняли общий и биохимический анализы крови и анализ на С-реактивный белок. Обследование начинали с подробного изучения данных анамнеза, включая выписки и заключения, архива рентгенограмм и анализов, определения хронологии возникновения болевого синдрома. Учитывались такие данные, как характер и локализация болевого синдрома и уровень физической активности пациента до операции, наличие факторов риска развития инфекционных заболеваний и любых инвазивных вмешательств и травм как в пред-, так и послеоперационном периоде, сроки возникновения существующего болевого синдрома после операции, объем полученного реабилитационного лечения [11]. Особое внимание уделялось наличию сопутствующих и инфекционно-воспалительных заболеваний в анамнезе.

Далее пациентов просили охарактеризовать болевые ощущения по ряду параметров. Учитывали локализацию, характер, интенсивность, время возникновения и длительность, связь с определенными движениями и активностью, эффективность применения НПВС для купирования болевого синдрома и частоту применения этих препаратов.

Следующим этапом проводилось тщательное клиническое обследование пациентов. Последовательно проводили оценку опороспособности, ходьбы по ровной поверхности, ходьбы по лестнице вниз и вверх. Затем исследовали объем активных и пассивных движений в прооперированном суставе. Также проводили клиническое

исследование поясничного отдела позвоночника, тазобедренного и голеностопных суставов, оценку неврологического статуса.

Затем оценивали последние стандартные рентгенограммы в прямой и боковой проекциях в сравнении с архивом пред- и послеоперационных рентгенограмм. Определяли стабильность фиксации компонентов, наличие признаков остеолизиса, адекватность размера и пространственного расположения установленных компонентов, оценивали высоту положения надколенника [12–14]. Далее проводился тщательный анализ КТ-сканирования, оценка положения компонентов в аксиальной плоскости по технике, описанной R.A. Berger с соавторами [15, 16]. После этого принималось решение о необходимости выполнения дополнительных лучевых исследований, таких как полноразмерные рентгеновские снимки с нагрузкой (weight-bearing full leg standing radiographs) [7, 17] и тангенциальные снимки надколенника («sunrise view») [18].

В связи с тем, что перед госпитализацией пациента для обследования мы уточняли наличие противопоказаний к проведению пункции (прием антибактериальных препаратов в течение последних 14 дней), всем пациентам проводилась диагностическая пункция коленного сустава. Аспирация жидкости производилась в асептических условиях и без использования местных анестетиков. Для доступа к полости сустава стандартно использовали доступ с латерального края надколенника. Однако в ряде случаев было необходимо проводить пункцию разными доступами и из разных отделов полости сустава (рис. 1). Полученную в результате пункции жидкость оценивали макроскопически. Далее полученный материал порционно направлялся в лабораторию на цитологическое и бактериологическое исследование. Полученные в ходе исследования данные оценивали по пороговым критериям диагностики хронической инфекции AAOS/MSIS [19]. При необходимости, с учетом макроскопической оценки жидкости на предмет включения крови, производили коррекцию числа содержания лейкоцитов по формуле Ghanem [20].

Непосредственно перед проведением пункции проводили тщательный объективный осмотр коленного сустава с пальпацией окружающих мягких тканей и определением болевых точек, осмотр послеоперационного рубца. Оценивали стабильность коленного сустава, состоятельность связочного аппарата, трекинг надколенника. При необходимости производили повторные диагностические пункции через каждые 14 дней.

После проведения обследования по вышеуказанному алгоритму пациенту давали рекомендации на период ожидания результатов цитологического и бактериологического исследования пунктата.



Рис. 1. При проведении пункции с латерального края надколенника было получено только 20 мл синовиальной жидкости желтого цвета — 3338 лейкоцитов на мм³, 62,5% полиморфноядерных нейтрофилов. При пункции того же коленного сустава с медиальной стороны получено около 120 мл жидкости коричнево-красного цвета — 3,1% полиморфноядерных нейтрофилов, 26586 лейкоцитов на мм³. Рост *Enterococcus faecium* выявлен только в материале, полученном с медиальной стороны

Fig.1. Puncture from the lateral aspect of meniscus provided only 20 ml of synovial fluid of yellow color — 3338 leukocytes per mm³, 62,5% of polymorphonuclear neutrophils. Medial puncture of the same joint provided about 120 ml of brown-red fluid — 3,1% of polymorphonuclear neutrophils and 26586 leukocytes per mm³. *Enterococcus faecium* growth was observed only in the fluid obtained medially

Результаты

По результатам обследования у всех пациентов были определены наиболее вероятные причины болевого синдрома и предложены варианты их решения.

Выявленные в ходе обследования диагностические признаки представлены в таблице 1. Стоит отметить, что у 17 (21,5%) пациентов было выявлено несколько причин. Распределение пациентов по основным причинам представлено в таблице 2.

Таблица 1

Результаты обследования пациентов

Метод обследования	Диагностический признак	Количество выявленных признаков	% от общего числа пациентов
Объективный осмотр	Связочная нестабильность	7	8,9
	Артрофиброз	8	10,1
	Признаки воспаления	9	11,4
	Внесуставные причины	5	6,3
Лучевая диагностика	Ошибки позиционирования компонентов	28	35,4
	Расшатывание/ остеолиз	31	39,2
	Перипротезный перелом	2	2,5
	Связочная нестабильность	7	8,9
	Внесуставные причины	4	5,1
Анализ крови	СОЭ >30 мм/ч	52	65,8
	С-реактивный белок >10 мг/л	41	51,9
Пункция	Наличие жидкости	71	89,9
	Лейкоциты синовиальной жидкости >3000	38	53,5
	Полиморфноядерные нейтрофилы >70%	33	41,8
	Рост микроорганизма в одном посевах	40	50,6
	Рост микроорганизма в двух и более посевах	36	45,6

Таблица 2

Распределение пациентов по основным причинам болей

Причина	Количество пациентов	% от общего числа пациентов
Инфекция	39	49,4
Ошибки позиционирования компонентов	14	17,7
Асептическое расшатывание	13	16,5
Нестабильность связочного аппарата	6	7,6
Внесуставные причины	5	6,3
Перипротезный перелом	2	2,5

На первом месте среди всех причин находится инфекция — 39 (49,4%) пациентов. Причем у 6 (15,4%) из них, помимо инфекции, были выявлены ошибки позиционирования компонентов, а у одной пациентки обнаружена несостоятельность внутренней коллатеральной связки. Результаты бактериологического исследования пунктата пациентов с выявленной перипротезной инфекцией представлены в таблице 3. В таблице 1 представлено, что пункционный материал удается получить не у всех обследуемых пациентов («dry tap») [21]. Так, у 2 из 8 пациентов с подобной ситуацией диагноз перипротезной инфекции был установлен на основании других лабораторных показателей, данных клинико-рентгенологического обследования и анамнеза.

Вторыми по частоте оказались изолированные проблемы с положением компонентов в разных плоскостях, включая нарушения ротационных взаимоотношений — 14 (17,7%) пациентов.

В 13 (16,5%) случаях клинико-рентгенологически был установлен диагноз «асептическое расшатывание компонентов». Причем у 6 из этих 13 (46,2%) пациентов были обнаружены признаки неправильного пространственного положения компонентов в архиве рентгенограмм.

У 6 (7,6%) пациентов обнаружена нестабильность связочного аппарата коленного сустава (без учета пациентки с комбинированной проблемой инфекции и нестабильности внутренней коллатеральной связки, о которой упоминалось выше). У одной пациентки из этой группы, вероятно, произошел разрыв наружной внутренней коллатеральной связки на фоне неправильного позиционирования компонентов во фронтальной плоскости (рис. 2).

Еще у одной из пациенток выявлена нестабильность собственной связки надколенника в сочетании с несоответствием сгибательного и разгибательного промежутков в результате несоответствия между ротационным положением бедренного и большеберцового компонентов. Также было диагностировано 2 случая сочетания нестабильности с коксартрозом на оперированной стороне.

Таким образом, если объединить все выявленные случаи, ошибки в установке компонентов в различных комбинациях выявлены у 28 из 79 пациентов (35,4%).

Еще из внутрисуставных причин было обнаружено 2 (2,5%) перипротезных перелома: перелом надколенника, перелом наружного мыщелка большеберцовой кости без смещения

Таблица 3

Выявленные микроорганизмы у пациентов с перипротезной инфекцией

Микроорганизм	Количество
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	12
MRSE	6
<i>Staphylococcus aureus</i>	6
MRSA	3
Коагулазонегативные стафилококки	6
<i>Echerichia coli</i>	1
<i>Enterococcus faecium</i>	1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1

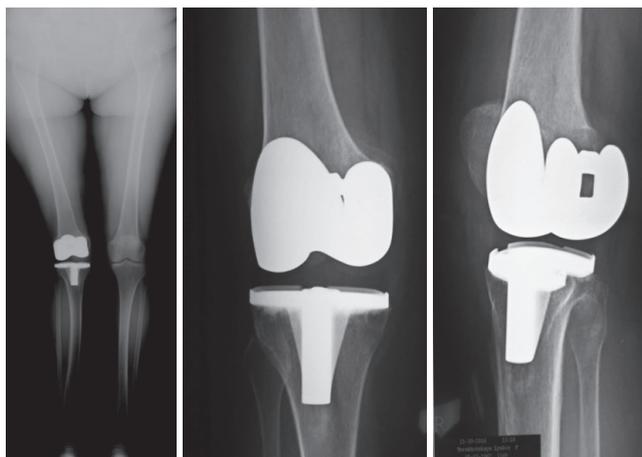


Рис. 2. Рентгенологическое подтверждение медиальной связочной нестабильности на фоне неправильного положения компонентов во фронтальной плоскости

Fig. 2. X-rays confirming medial ligament instability and incorrect frontal positioning of components

В остальных 5 (6,3%) случаях были определены внесуставные причины болевого синдрома: в 2 случаях обнаружен коксартроз на стороне протезированного коленного сустава, 2 случая спинальной корешковой симптоматики и один случай обострения подагрического артрита.

Обсуждение

Все пациенты, неудовлетворенные результатом тотального эндопротезирования коленного сустава, предъявляют жалобу на боль в прооперированном суставе. Определение истинной причины возникновения болевого синдрома зачастую является непростой задачей, ведь по описанию характера и локализации боли, мучающей пациента, практически никогда нельзя однозначно сказать, в чем заключается проблема. Например, жалобы пациентов с подтвержденной перипротезной инфекцией были очень разнообразны. Одни описывали свою боль как жжение по передней поверхности голени, другие — как режущие («как острое стекло») боли внутри коленного сустава, третьи сравнивали боли с электрическим током. Разнообразие характера болевого синдрома наблюдалось как у пациентов с перипротезной инфекцией, так и у пациентов с асептическими причинами. В то же время жалобы на стартовые боли зачастую говорят о расшатывании компонентов эндопротеза. В нашем исследовании из 13 пациентов с рентгенологической картиной расшатывания 7 (54%) подтвердили снижение выраженности болевого синдрома после непродолжительной ходьбы.

Подробное изучение данных анамнеза может предоставить ценную информацию о вероятной причине болей. Например, наличие информации

о травме с повреждением связочного аппарата коленного сустава в предоперационном периоде или падении на согнутую ногу в послеоперационном периоде было в 3 из 7 (42,9%) подтвержденных рентгенологически и клинически случаях нестабильности. Также в одном случае нестабильность связочного аппарата коленного сустава была выявлена в сочетании с неправильным положением большеберцового компонента, которая, вероятно, и явилась причиной развития нестабильности. Еще у 2 пациентов нестабильность связочного аппарата сочеталась с выявленным коксартрозом, что может быть связано с изменением центра ротации и механической оси конечности. Помимо этого, отсылки к инфекционно-воспалительным заболеваниям в анамнезе могут говорить о развитии гематогенной перипротезной инфекции — у всех трех пациентов с гематогенной инфекцией (Tsukayama III) [22] в анамнезе были перенесенные острые инфекционно-воспалительные заболевания.

Объективный осмотр наиболее информативен в случаях нестабильности связочного аппарата — проведение стандартных тестов позволило определить наличие нестабильности у всех 7 пациентов, в том числе дисбаланс сгибательного и разгибательного промежутков при ходьбе по лестнице. Также в результате объективного осмотра удастся определить возможные внесуставные причины болей — в нашем исследовании у 4 пациентов были определены болевые ощущения в области «гусиной лапки» в сочетании с клинкорентгенологическими признаками коксартроза на стороне проведенной операции, и в одном случае пациент был направлен к неврологу с подозрением на наличие корешкового синдрома.

У пациентов с перипротезной инфекцией объективный осмотр может выявить лишь малые диагностические признаки, такие как изменение пигментации кожных покровов, выраженная отечность и локальная гиперемия. Все эти признаки не имеют большой ценности в установлении диагноза, тем не менее должны приниматься во внимание в случаях, когда диагноз перипротезной инфекции находится под сомнением из-за наличия сопутствующих заболеваний или отсутствия жидкости в суставе, что будет описано дальше.

Наличие у пациентов признаков тугоподвижности и жалобы на боль в «переднем отделе коленного сустава» (в области надколенника) при подъеме со стула или ходьбе по лестнице могут свидетельствовать о проблемах пателло-фemorального сочленения вследствие ротационных отклонений. Это предположение требует обязательного подтверждения результатами рентгенологического исследования, КТ-сканирования и данными тангенциальных снимков.

Зачастую в мировой литературе наличие артрофиброза коленного сустава рассматривается как самостоятельная причина неудовлетворенности пациента лечением [4, 5, 7, 8, 23–25]. В то же время существуют исследования, которые описывают явление артрофиброза как следствие других причин инфекционной и механической этиологии [26, 27]. Вероятно, это связано с отсутствием точного общепринятого определения артрофиброза [25]. Наиболее распространенными критериями этого явления считаются тугоподвижность, сгибательная контрактура и наличие «избыточной» рубцовой интра- и параартикулярной ткани [23, 25]. В нашем исследовании у всех 8 пациентов с клинической картиной выраженной фиброзной перестройки сустава были выявлены различные причины развития этого состояния: у 5 пациентов были обнаружены проблемы с позиционированием компонентов, у 3 — хронический инфекционный процесс. Причем не всегда данное состояние сопровождалось ограничением объема движений. Этот факт требует дальнейшего исследования и большего количества наблюдений.

Методы рентгенологического обследования — наиболее ценный инструмент в определении проблем биомеханической этиологии. Но стандартные рентгенограммы позволяют определить лишь стабильность фиксации компонентов и грубые ошибки в позиционировании или высоту суставной линии. В группе пациентов с инфекцией рентгенологические признаки обнаружены у 18 из 39 пациентов (46,2%): 10 случаев расшатывания компонентов и 8 — признаки остеолита. При оценке рентгенограмм пациентов с хронической вялотекущей инфекцией в динамике с момента операции не всегда обнаруживалась связь между сроком после операции и степенью остеолита. В то же время при оценке архива рентгенограмм пациентов с септическим расшатыванием компонентов обращает на себя внимание стремительный характер этого процесса — у 6 из 10 пациентов с расшатыванием хронологически удалось установить, что период между стабильной фиксацией компонентов и расшатыванием составлял менее 12 нед. У пациентов с асептической природой расшатывания компонентов, наоборот, рентгенологические признаки прогрессировали медленно, и зачастую изображения не отражали текущей ситуации, если соотносить архив рентгенограмм с анамнестическими данными пациента.

По данным полноразмерных рентгенограмм у 3 пациентов были выявлены ошибки позиционирования двух компонентов во фронтальной плоскости, у одного — только бедренного и у 3 — только большеберцового компонентов.

Самым распространенным вариантом нарушения позиционирования компонентов оказа-

лись ошибки в аксиальной плоскости. По данным различных исследований, значимыми считаются: внутренняя ротация только большеберцового компонента выше 5–6°, внутренняя ротация только бедренного компонента выше 4°, суммарная внутренняя ротация компонентов 6–10° и несоответствие ротационных положений компонентов от 5° [16, 28–30]. В соответствии с этими данными ошибки позиционирования компонентов в аксиальной плоскости были выявлены у 19 пациентов (24%).

Для определения положения надколенника необходимо исследование тангенциальных снимков типа «sunrise view» [18]. По данным литературы, суммарная внутренняя ротация компонентов в диапазоне 3–4° приводит к наклону надколенника, 5–9° — к подвывиху и свыше 10° — к вывиху [15, 30]. Однако среди обследуемых нами пациентов вывих надколенника наблюдался только в одном случае при 13° суммарной внутренней ротации обоих компонентов (10° большеберцового и 3° бедренного компонентов). У остальных 5 пациентов с суммарной внутренней ротацией более 9° наблюдался лишь наклон или подвывих надколенника, при этом деформация самого надколенника была выраженной. В единственном случае несоответствия ротации компонентов наблюдалась картина нестабильности надколенника — подвывих надколенника в положении сгибания 30° наклон при 60°, и нормальное положение в сгибании 90° и больше, при полном разгибании наблюдалась избыточная подвижность надколенника.

В 2011 г. American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) опубликовала критерии диагностики перипротезной инфекции [31]. В 2013 г. в ходе проведения Международного симпозиума (Musculoskeletal Infection Society — MSIS) в Филадельфии данные рекомендации были модифицированы [19, 32]. Согласно этим рекомендациям, при отсутствии значимых признаков инфекции диагностические пункции необходимо проводить при уровне СОЭ выше 30 мм/ч и/или уровне С-реактивного белка выше 10 мг/л. В июле 2018 г. прошла Вторая международная согласительная конференция по скелетно-мышечной инфекции (Second International Consensus Meeting on Musculoskeletal Infection) [22], в ходе которой была подтверждена актуальность этих рекомендаций, но с некоторыми ограничениями. Они связаны с рядом исследований, отражающих низкую специфичность и относительно невысокую чувствительность индикаторов воспаления сыворотки крови в отношении инфекции, вызванной низковирулентными возбудителями [33–36].

В нашем исследовании уровень СОЭ был повышен в различной степени у 31 (79,5%) пациента с инфекцией и у 21 (52,5%) пациента из 40 без

подтвержденной инфекции. Уровень С-реактивного белка был повышен также у 31 (79,5%) пациента с инфекцией, при чем у трех пациентов наблюдалось повышение только одного индикатора воспаления (СОЭ или С-реактивный белок). У пациентов с асептической этиологией боли уровень С-реактивного белка выше 10 мг/л был повышен у 10 (25%) пациентов, и у 8 (20%) находился в диапазоне 6–10 мг/л.

Полученные данные подтверждают факт того, что использование сывороточных маркеров воспаления ограничено как в специфичности, так и в чувствительности [37, 38]. Повышенный уровень этих показателей может быть связан как с внесуставными причинами (сопутствующая патология, ревматические заболевания), так и с длительной травматизацией костной и параартикулярных тканей у пациентов с асептическим расшатыванием и нестабильностью. В ряде случаев наличие сопутствующей патологии может значительно затруднить диагностику проблемы. Например, в литературе описаны редкие случаи острого воспаления прооперированного коленного сустава на фоне обострения подагры [39–41]. В ходе исследования мы столкнулись с тремя подобными случаями, в связи с чем было принято решение о необходимости определения уровня мочевой кислоты в крови и, при необходимости, проведения исследования синовиальной жидкости на наличие кристаллов. В двух из этих трех случаев наблюдалось стремительное расшатывание компонентов эндопротеза на фоне присоединения инфекции, причем в одном из этих случаев диагноз перипротезной инфекции удался статистически значимо подтвердить только в ходе операции по установке спейсера. В третьем случае рентгенологических признаков расшатывания или остеолизиса не наблюдалось, перипротезная инфекция не была подтверждена, и было получено стойкое уменьшение воспаления и болевого синдрома в результате пункции и консервативного лечения.

Согласно наиболее актуальным критериям диагностики AAOS и MSIS [42], при отсутствии свищевого хода диагноз может быть поставлен либо при двукратном выделении одного и того же микроорганизма при бактериологическом исследовании, либо при наличии как минимум 3 из 5 «малых» критериев. Из 5 возможных «малых» критериев два основаны на цитологическом исследовании пунктата и еще один — это бактериологическое исследование пунктата или биоптата. Исходя из этого, пункция коленного сустава является необходимым и наиболее ценным исследованием в диагностике перипротезной инфекции.

Из 79 обследованных нами пациентов получить пункционный материал удалось у 71 (89,9%). В остальных 8 случаях не удалось получить даже

небольшого количества жидкости («dry tap») в связи с выраженными рубцовыми изменениями сустава. Такая ситуация создает существенные трудности в дифференциальной диагностике проблем протезированного сустава. У 3 из этих 8 пациентов рентгенологически определялись стремительно прогрессирующее расшатывание и миграция компонентов эндопротеза, повышение уровня СОЭ и С-реактивного белка, в связи с чем было принято решение о проведении двухэтапного ревизионного вмешательства. В одном из этих случаев уровень С-реактивного белка мог быть повышен на фоне сопутствующей патологии, что создавало еще большие трудности в принятии решения, а окончательный диагноз возможно было установить только в процессе операции. Введение физиологического раствора в сустав с последующей аспирацией и исследованием не проводилось в связи с высоким риском ятрогенных осложнений и отсутствием убедительных доказательств эффективности данного метода в литературе [21].

Бактериологический посев полученной жидкости — наиболее надежный способ определения наличия перипротезной инфекции, который, с учетом изложенной выше информации, должен проводиться всем пациентам независимо от уровня сывороточных маркеров воспаления. Также бактериологическое исследование позволяет определить антибактериальную чувствительность, что имеет крайне высокую ценность для определения тактики дальнейшего лечения [38].

С учетом вероятности микробной контаминации исследуемого материала необходимо обязательно проводить повторную пункцию и, по возможности, при достаточном количестве материала соотносить с результатами цитологического исследования и макроскопическими параметрами. В ходе нашего исследования было 4 случая подтвержденной микробной контаминации.

В 2004 г. А. Trampuz с соавторами впервые определили пороговые значения уровня лейкоцитов и процентного содержания нейтрофилов в пунктате — 1700 лейкоцитов на мм³ и выше 65% нейтрофилов [43, 44]. Позднее, в 2011 г. AAOS также предложили пороговые значения цитологического исследования, которые были модифицированы в ходе работы Международных согласительных конференций по перипротезной и скелетно-мышечной инфекции (International Consensus Meeting on Periprosthetic Joint Infection, Second International Consensus Meeting on Musculoskeletal Infection). На сегодняшний день «малому критерию» AAOS/MSIS диагностики хронической инфекции соответствует число лейкоцитов выше 3000 на мм³ и более 70% полиморфноядерных нейтрофилов [19]. Важным условием для проведения цитологического исследова-

дования является то, что пунктат по возможности не должен содержать включения путевой крови, так как это может повлиять на результат. По этому поводу в 2008 г. E. Ghanem с соавторами опубликовали исследование, в котором представили формулу подсчета «истинных лейкоцитов» синовиальной жидкости [20]. Согласно этим данным, уровень лейкоцитов выше порогового значения был обнаружен у всех 36 пациентов с подтвержденной перипротезной инфекцией, которым удалось провести цитологическое исследование. В большинстве случаев уровень лейкоцитов значительно превышал 3000 на мм³. Процент содержания полиморфноядерных нейтрофилов выше порогового значения выявлен у 33 (92,7%) из них. У 3 остальных пациентов, по каким-то причинам, процентное содержание нейтрофилов было определено на уровне 3–5%, а полученная жидкость была макроскопически коричневого цвета и превышала в объеме 70 мл. Связи между этими данными и типом возбудителя получено не было — в 2 случаях получен *Staphylococcus epidermidis*, в 1 — *Enterococcus faecium*.

У 30 пациентов с асептическими причинами болей, которым удалось провести цитологический анализ, уровень лейкоцитов не превышал 2200 на мм³, а процент полиморфноядерных нейтрофилов в среднем составлял 25–30%.

При пересчете «истинных» лейкоцитов по формуле Ghanem изменения значений выше или ниже порогового не было получено ни у одного пациента с макроскопическим и цитологическим подтверждением наличия эритроцитов как у пациентов с асептическими причинами, так и у пациентов с инфекцией. При этом было отмечено, что значительное повышение уровня эритроцитов в пунктате может быть связано не только с травматически выполненной пункцией («traumatic tap»). Так, у 15 из 23 (65,2%) пациентов с асептическим или септическим расшатыванием компонентов было обнаружено повышение эритроцитов в синовиальной жидкости выше 25 000 на мм³ при адекватно выполненной пункции. Вероятно, кровь может попадать в полость сустава в результате травматизации костной и параартикулярных тканей из-за утраты прочной фиксации компонентов к кости. Однако данное предположение требует дальнейшего наблюдения и в случае подтверждения может применяться для ранней диагностики асептического расшатывания, когда рентгенологические признаки не имеют характер очевидных.

В связи с многообразием причин, вызывающих болевой синдром после эндопротезирования коленного сустава, определение истинной проблемы может быть непростой задачей. Так, например, за

явлением артрофиброза может скрываться хроническая инфекция или ошибки в позиционировании компонентов эндопротеза. Сами эти ошибки остаются актуальной и распространенной проблемой, зачастую приводящей к раннему асептическому расшатыванию или нестабильности связочного аппарата. Помимо этого, любые выявленные механические или внесуставные причины могут сочетаться с хронической инфекцией, что обязательно необходимо учитывать в ходе обследования. Однако и наличие данных о воспалительном процессе должно быть дифференцировано с возможной системной или соматической патологией.

Обследование пациентов с болевым синдромом в коленном суставе должно проводиться в полном объеме. Комплексный и систематический подход к диагностике болевых ощущений в прооперированном суставе является «ключом к успеху» для определения дальнейшей тактики лечения и позволяет оценить необходимость и объем ревизионного вмешательства.

Этика публикации: пациенты дали добровольное информированное согласие на публикацию клинических наблюдений.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Мурылев В.Ю. — разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста рукописи, коррекция и окончательная редакция рукописи.

Алексеев С.С. — разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор и анализ данных, написание текста рукописи.

Елизаров П.М. — разработка дизайна исследования, анализ полученных данных.

Куковенко Г.А. — сбор и анализ данных.

Деринг А.А. — сбор и анализ данных.

Хантагаев Т.Б. — сбор и анализ данных.

Литература [References]

1. Baker P.N., Van Der Meulen J.H., Lewsey J., Gregg P.J. The role of pain and function in determining patient satisfaction after total knee replacement. Data from the National Joint Registry for England and Wales. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(7):893-900. DOI: 10.1302/0301-620X.89B7.19091.
2. Scott C.E., Howie C.R., Macdonald D., Biant L.C. Predicting dissatisfaction following total knee replacement: a prospective study of 1217 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(9):1253-1258. DOI: 10.1302/0301-620X.92B9.24394.
3. Bourne R.B., Chesworth B.M., Davis A.M., Mahomed N.N., Charron K.D.J. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: who is satisfied and who is not? *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(1):57-63. DOI: 10.1007/s11999-009-1119-9.

4. Hofmann S., Seitlinger G., Djahani O., Pietsch M. The painful knee after TKA: a diagnostic algorithm for failure analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(9):1442-1452. DOI: 10.1007/s00167-011-1634-6.
5. Schroer W.C., Berend K.R., Lombardi A.V., Barnes C.L., Bolognesi M.P., Berend M.E. et al. Why Are Total Knees Failing Today? Etiology of Total Knee Revision in 2010 and 2011. *J Arthroplasty.* 2013;28(8 Suppl):116-119. DOI: 10.1016/j.arth.2013.04.056.
6. Hardcastle J.M., So D.H., Lee G.C. The Fate of Revision Total Knee Arthroplasty With Preoperative Abnormalities in Either Sedimentation Rate or C-Reactive Protein. *J Arthroplasty.* 2016;31(12):2831-2834. DOI:10.1016/j.arth.2016.05.044.
7. Seil R., Pape D. Causes of failure and etiology of painful primary total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(9):1418-1432. DOI: 10.1007/s00167-011-1631-9.
8. Khan M., Osman K., Green G., Haddad F.S. The epidemiology of failure in total knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2016;98-B(1 Suppl A):105-112. DOI: 10.1302/0301-620X.98B1.36293
9. Парратте С., Корнилов Н.Н., Тиенпонт Э., Балдини А., Тихилов Р.М., Аргенсон Ж., Куляба Т.А. Необъяснимая боль после тотального эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2013;(4):92-96. DOI: 10.21823/2311-2905-2013--4-92-96. Parratte S., Kornilov N.N., Thienpont E., Baldini A., Tikhilov R.M., Argenson J., Kulyaba T.A. [Unexplained pain after total knee arthroplasty]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(4):92-96. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2013--4-92-96.
10. Burns A., Parker D., Coolican M., Rajaratnam K. Complex Regional Pain Syndrome Complicating Total Knee Arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong-Kong).* 2006;14(3):280-283. DOI: 10.1177/230949900601400309.
11. Kornilov N., Lindberg M.F., Gay C., Saraev A., Kuliaba T., Rosseland L.A. et al. Higher physical activity and lower pain levels before surgery predict non-improvement of knee pain 1 year after TKA. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2018;26(6):1698-1708. DOI: 10.1007/s00167-017-4713-5.
12. Insall J., Salvati E. Patella position in the normal knee joint. *Radiology.* 1971;101(1):101-104. DOI: 10.1148/101.1.101.
13. Blackburne J.S., Peel T.E. A new method of measuring patellar height. *J Bone Joint Surg Br.* 1977;59(2):241-242.
14. Behrend H., Graulich T., Gerlach R., Spross C., Ladurner A. Blackburne-Peel ratio predicts patients' outcomes after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2019;27(5):1562-1569. DOI: 10.1007/s00167-018-5016-1.
15. Berger R.A., Crossett L.S., Jacobs J.J., Rubash H.E. Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;(356):144-153. DOI: 10.1097/00003086-199811000-00021.
16. Berger R.A., Crossett L.S. Determining the rotation of the femoral and tibial components in total knee arthroplasty: A computer tomography technique. *Oper Tech Orthop.* 1998;8(3):128-133. DOI: 10.1016/S1048-6666(98)80022-0.
17. Momoli A., Giaretta S., Modena M., Micheloni G.M. The painful knee after total knee arthroplasty: evaluation and management. *Acta Biomed.* 2017;88(2S):60-67. DOI: 10.23750/abm.v88i2-S.6515.
18. Merchant A.C., Mercer R.L., Jacobsen R.H., Cool C.R. Roentgenographic analysis of patellofemoral congruence. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56(7):1391-1396.
19. Parvizi J., Fassih S.C., Enayatollahi M.A. Diagnosis of periprosthetic joint infection following hip and knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am.* 2016;47(3):505-515. DOI: 10.1016/j.ocl.2016.03.001.
20. Ghanem E., Houssock C., Pulido L., Han S., Jaber F.M., Parvizi J. Determining „true“ leukocytosis in bloody joint aspiration. *J Arthroplasty.* 2008;23(2):182-187. DOI: 10.1016/j.arth.2007.08.016.
21. Tsukayama D.T., Estrada R., Gustilo R.B. Infection after total hip arthroplasty. A study of the treatment of one hundred and six infections. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(4):512-523. DOI: 10.2106/00004623-199604000-00005.
22. Abdel Karim M., Andrawis J., Bengoa F., Bracho C., Compagnoni R., Cross M. et al. Hip and knee section, diagnosis, algorithm: proceedings of international consensus on orthopedic infections. *J Arthroplasty.* 2019;34(2S):S339-S350. DOI: 10.1016/j.arth.2018.09.018.
23. Manrique J., Gomez M., Parvizi J. Stiffness after total knee arthroplasty. *J Knee Surg.* 2015;28(2):119-126. DOI: 10.1055/s-0034-1396079.
24. Pitta M., Esposito C.I., Li Z., Wright T.M., Padgett D.E. Failure after modern total knee arthroplasty: A prospective study of 18,065 Knees. *J Arthroplasty.* 2018;33(2):407-414. DOI: 10.1016/j.arth.2017.09.041.
25. Cheuy V.A., Foran J.R.H., Paxton R.J., Bade M.J., Zeni J.A., Stevens-Lapsley J.E. Arthrofibrosis associated with total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2017;32(8):2604-2611. DOI:10.1016/j.arth.2017.02.005.
26. Rutherford R.W., Jennings J.M., Levy D.L., Parisi T.J., Martin J.R., Dennis D.A. Revision total knee arthroplasty for arthrofibrosis. *J Arthroplasty.* 2018;33(7):S177-S181. DOI: 10.1016/j.arth.2018.03.037.
27. Boldt J.G., Stiehl J.B., Hodler J., Zanetti M., Munzinger U. Femoral component rotation and arthrofibrosis following mobile-bearing total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2006;30(5):420-425. DOI: 10.1007/s00264-006-0085-z.
28. Panni A.S., Ascione F., Rossini M., Braile A., Corona K., Vasso M, Hirschmann M.T. Tibial internal rotation negatively affects clinical outcomes in total knee arthroplasty: a systematic review. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2018;26(6):1636-1644. DOI: 10.1007/s00167-017-4823-0.
29. Bell S.W., Young P., Drury C., Smith J., Anthony I., Jones B. et al. Component rotational alignment in unexplained painful primary total knee arthroplasty. *Knee.* 2014;21(1):272-277. DOI: 10.1016/j.knee.2012.09.011.
30. Жиженкова Т.В., Даниляк В.В., Ключевский В.В., Ключевский В.В. Оценка нестабильности надколенника после тотального эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2015;(2):24-31. DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-2-24-31. Zhizhenkova T.V., Danilyak V.V., Kluchevsky V.V., Kluchevsky V.V. [Diagnostic of patellar instability after total knee arthroplasty]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia] 2015. 1;2(2):24-31. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-2-24-31.
31. Della Valle C., Parvizi J., Bauer T.W., DiCesare P.E., Evans R.P., Segreti J. et al. American Academy of Orthopaedic Surgeons clinical practice guideline on: the diagnosis of periprosthetic joint infections of the hip and knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(14):1355-1357. DOI: 10.2106/JBJS.9314ebo.
32. Parvizi J., Gehrke T. Definition of periprosthetic joint infection. *J Arthroplasty.* 2014;29(7):1331. DOI: 10.1016/j.arth.2014.03.009.

33. Ettinger M., Calliess T., Kielstein J.T., Sibai J., Brückner T., Lichtinghagen R. et al. Circulating biomarkers for discrimination between aseptic joint failure, low-grade infection, and high-grade septic failure. *Clin Infect Dis*. 2015;61(3):332-341. DOI: 10.1093/cid/civ286.
34. Corvec S., Portillo M.E., Pastucci B.M., Borens O., Trampuz A. Epidemiology and new developments in the diagnosis of prosthetic joint infection. *Int J Artif Organs*. 2012;35(10):923-934. DOI: 10.5301/ijao.5000168.
35. Berbari E., Mabry T., Tsaras G., Spangehl M., Erwin P.J., Murad M.H. et al. Steckelberg J., Osmon D. Inflammatory blood laboratory levels as markers of prosthetic joint infection. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(11):2102-2109. DOI: 10.2106/JBJS.I.01199.
36. Pérez-Prieto D., Portillo M.E., Puig-Verdié L., Alier A., Martínez S., Sorlí L. et al. C-reactive protein may misdiagnose prosthetic joint infections, particularly chronic and low-grade infections. *Int Orthop*. 2017;41(7):1315-1319. DOI: 10.1007/s00264-017-3430-5
37. Винклер Т., Трампуз А., Ренц Н., Перка К., Божкова С.А. Классификация и алгоритм диагностики и лечения перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2016;(1):33-45. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45. Winkler T., Trampuz A., Renz N., Perka C., Bozhkova S.A. [Classification and algorithm for diagnosis and treatment of hip prosthetic infection]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016(1):33-45. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45.
38. Божкова С.А. Современные принципы диагностики и антибактериальной терапии инфекции протезированных суставов (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2011;3(61):126-136. DOI: 10.21823/2311-2905-2011-0-3-126-13639. Bozhkova S.A. [Modern principles of diagnostics and antibacterial therapy of prosthetic joint infection (review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;(3):126-136. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2011-0-3-126-13639.
39. Crawford L., Kumar A., Shepard G. Gouty synovitis after total knee arthroplasty: a case report. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2007;15(3):384-385. DOI: 10.1177/230949900701500330.
40. Berger J.S., Weinik M.M. Acute gouty arthropathy mimicking infection after total knee arthroplasty. *PM R*. 2009;1(3):284-286. DOI: 10.1016/j.pmrj.2008.11.007.
41. Fokter S.K., Repše-Fokter A. Acute gouty arthritis in a patient after total knee arthroplasty. *Wien Klin Wochenschr*. 2010;122(11-12):366-367. DOI: 10.1007/s00508-010-1384-3.
42. Shohat N., Bauer T., Buttaro M., Budhiparama N., Cashman J., Della Valle C.J. et al. Hip and knee section, what is the definition of a periprosthetic joint infection (PJI) of the knee and the hip? Can the same criteria be used for both joints?: Proceedings of international consensus on orthopedic infections. *J Arthroplasty*. 2019;34(2):S325-S327. DOI: 10.1016/j.arth.2018.09.045.
43. Trampuz A., Hanssen A.D., Osmon D.R., Mandrekar J., Steckelberg J.M., Patel R. Synovial fluid leukocyte count and differential for the diagnosis of prosthetic knee infection. *Am J Med*. 2004;117(8):556-562. DOI: 10.1016/j.amjmed.2004.06.022.
44. Zimmerli W., Trampuz A., Ochsner P.E. Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med*. 2004;351(16):1645-1654. DOI: 10.1056/NEJMra040181.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мурьев Валерий Юрьевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия; заведующий Московским городским центром эндопротезирования на базе ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва

Алексеев Семен Сергеевич — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия; врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва

Елизаров Павел Михайлович — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия; врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Valery Yu. Murylev — Dr. Sci (Med.), professor, Department of Traumatology, Orthopaedic and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University; head of Moscow City arthroplasty Centre, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Semen S. Alekseev — PhD student, Sechenov First Moscow State Medical University; orthopaedic surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Pavel M. Elizarov — Cand. Sci. (Med.), assistant professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University; orthopaedic surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Куковенко Григорий Андреевич — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия; врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва

Деринг Алексей Александрович — заведующий ортопедическим отделением, врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва

Хантагаев Тимур Будаевич — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия, Москва

Grigorii A. Kukovenko — PhD student, Sechenov First Moscow State Medical University; orthopaedic surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Alexey A. Dering — orthopaedic surgeon, the head of Orthopaedic Department, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Timur H. Haptagaev — PhD student, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава: сравнительный анализ эффективности современных методик

Д.А. Тарасов, А.В. Лычагин, Я.А. Рукин, В.А. Кожевников, А.Г. Яворовский, А.В. Строков

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия

Реферат

Цель исследования — оценить эффективность и безопасность местной высокообъемной инфильтрационной и эпидуральной методик анальгезии при проведении первичного тотального эндопротезирования коленного сустава в сравнении со стандартной системной мультимодальной анальгезией в рамках протоколов послеоперационного обезболивания. **Материал и методы.** Проведено одноцентровое рандомизированное сравнительное исследование, в которое вошли 84 пациента, с августа 2017 г. по август 2018 г. перенесшие первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава. В зависимости от методики послеоперационного обезболивания пациенты были рандомизированы на 3 группы. В группу А вошли 32 пациента, которым была выполнена интраоперационная инфильтрация периартикулярных тканей 0,2% раствором ропивакаина в сочетании с адреналином и последующим болюсным введением раствора местного анестетика через установленный в рану катетер. В группу В были включены пациенты, которым проводилась эпидуральная анальгезия постоянной инфузией 0,2% раствора ропивакаина ($n = 28$). У пациентов группы С для послеоперационного обезболивания не применялись ни регионарные, ни местные методики анальгезии ($n = 24$). Всем пациентам проводилась стандартная многокомпонентная системная анальгезия с использованием нестероидных противовоспалительных средств и трамадола. Регистрировалась выраженность болевого синдрома по 10-балльной визуально-аналоговой шкале в покое и при сгибании коленного сустава (до операции, после операции при разрешении моторного блока и в 1-е послеоперационные сутки), фиксировались побочные и нежелательные реакции. **Результаты.** Наибольшая выраженность болевого синдрома при сгибании коленного сустава в послеоперационном периоде отмечена у пациентов группы С (6 (5;8) в день операции и 6 (5;6) баллов в 1-е послеоперационные сутки). Сильная боль, резистентная к проводимой терапии и потребовавшая введения наркотических анальгетиков (морфин 1,0 мг), была отмечена у 5 (15,6%) пациентов в группе А и у 10 (41,6%) в группе С, в отличие от пациентов группы В, где выраженного болевого синдрома не зафиксировано ни у одного пациента, $p = 0,056$, $p = 0,037$ и $p < 0,0001$. Гипотензия отмечена только в группе В у 6 (22%) пациентов. Внутрисуставных и иных инфекционных осложнений во всех группах всех пациентов зафиксировано не было. **Заключение.** Местная высокообъемная инфильтрационная анальгезия не уступает по эффективности послеоперационного обезболивания эпидуральной анальгезии, не требует проведения жесткого мониторинга и сопровождается меньшей частотой побочных реакций и осложнений, что может сделать ее «процедурой выбора» в схеме мультимодальной анальгезии при проведении тотального эндопротезирования коленного сустава.

Ключевые слова: протезирование коленного сустава, послеоперационное обезболивание, местная инфильтрационная анальгезия, мультимодальная анальгезия, эпидуральная анальгезия.

Тарасов Д.А., Лычагин А.В., Рукин Я.А., Кожевников В.А., Яворовский А.Г., Строков А.В. Послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава: сравнительный анализ эффективности современных методик. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):31-41. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-31-41.

Cite as: Tarasov D.A., Lychagin A.V., Rukin Ya.A., Kozhevnikov V.A., Yavorovskiy A.G., Strokov A.V. [Postoperative Analgesia after Total Knee Arthroplasty: a Comparative Analysis of Current Treatment Techniques Effectiveness]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):31-41. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-31-41.

Тарасов Дмитрий Алексеевич / Dmitry A. Tarasov; e-mail: dr_dmitrytarasov@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 26.09.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 10.04.2019.

Postoperative Analgesia after Total Knee Arthroplasty: a Comparative Analysis of Current Treatment Techniques Effectiveness

D.A. Tarasov, A.V. Lychagin, Ya.A. Rukin, V.A. Kozhevnikov, A.G. Yavorovskiy, A.V. Strokov

Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effectiveness and safety of high-volume local infiltration and epidural analgesic techniques after primary total knee arthroplasty versus standard systemic multimodal analgesia in the context of the postoperative analgesia protocols. **Materials and Methods.** A single-center randomized comparative study included 84 patients who, from August 2017 to August 2018, underwent a primary total knee arthroplasty. Depending on the method of postoperative analgesia, we randomized patients into 3 groups. Group A consisted of 32 patients who received intraoperative infiltration of periarticular tissues with 0.2% solution of ropivacaine in combination with adrenaline and subsequent bolus injection of a local anesthetic solution via a catheter inserted into the wound. Group B included patients who received epidural analgesia with a constant infusion of a 0.2% solution of ropivacaine ($n = 28$). In patients of group C, neither regional nor local analgesia techniques were used for postoperative analgesia ($n = 24$). All patients received standard systemic multimodal analgesia using nonsteroidal anti-inflammatory drugs and tramadol. The pain intensity was measured by VAS when the patient was motionless, and during knee flexion (before surgery, after surgery on resolution of motor block and during the initial postoperative 24 h), side-effects were recorded. **Results.** The patients of Group C, during knee flexion in the postoperative period, reported the highest pain scores (6 (5; 8) during the initial postoperative 12 h and 6 (5; 6) during the initial postoperative 24 h). Severe pain, resistant to therapy and requiring the administration of narcotic analgesics (morphine 1.0 mg), was noted in 5 (15.6%) patients in group A and in 10 (41.6%) in group C, in contrast to patients of group B, where no pain was recorded in any patient, $p = 0.056$, $p = 0.037$ and $p < 0.0001$. Hypotension was observed only in group B in 6 (22%) patients. Intra-articular and other infectious complications among all patients were not recorded. **Conclusion.** High-volume local infiltration analgesia as a modality of postoperative analgesia is not inferior in the effectiveness to the epidural analgesia, does not require strict monitoring and is accompanied by a lower incidence of side-effects and complications, which can make it the procedure of choice in multimodal analgesia schemes for total knee arthroplasty.

Keywords: knee replacement, postoperative analgesia, local infiltration analgesia, multimodal analgesia, epidural analgesia.

Введение

Послеоперационный болевой синдром при тотальном эндопротезировании коленного сустава (ТЭКС) характеризуется как один из самых выраженных и может оказывать существенное влияние на качество жизни больных и функциональный результат операции, ограничивая раннюю активизацию пациентов, что может приводить к увеличению риска развития тромбозомболических осложнений и увеличивать сроки госпитализации [1–4]. Длительное время применение эпидуральной анальгезии (ЭДА) у пациентов после ортопедических вмешательств рассматривалось как «золотой стандарт» послеоперационного обезболивания, но особенности ее проведения и риск развития нежелательных реакций и осложнений, а также внедрение протоколов ранней послеоперационной реабилитации стали факторами, ограничивающими выбор метода обезболивания в поль-

зу ЭДА [5, 6]. Во-первых, безопасное проведение ЭДА в послеоперационном периоде требует достаточно жесткого мониторинга со стороны медперсонала, соблюдения правил асептики и антисептики и контроля положения катетера. Во-вторых, применение ЭДА наряду с использованием опиатов может приводить к задержке мочеиспускания и замедлять активизацию пациентов [7]. В-третьих, необходимость медикаментозной профилактики тромбозомболических осложнений серьезно ограничивает применение ЭДА, поскольку момент установки и удаления эпидурального катетера необходимо строго согласовывать с режимом введения антикоагулянтов в связи с риском возникновения эпидуральной гематомы, которая является хотя и редким, но достаточно грозным осложнением [5, 8, 9].

Применение местной высокообъемной инфльтрационной анестезии (МВИА) с целью послеопе-

рационного обезболивания при ТЭКС становится все более популярным с тех пор, как в 2008 г. D. Kerr и L. Kohan опубликовали положительные результаты применения этой методики с целью обезболивания у 325 пациентов после протезирования коленного и тазобедренного суставов без каких-либо побочных реакций и осложнений [10]. Особенности предложенной ими методики являются: использование интраоперационной периартикулярной инфильтрации мягких тканей сустава, а не только краев раны; применение многокомпонентного раствора, состоящего из смеси местного анестетика (ропивакаина), нестероидного противовоспалительного средства (кеторолака) и адреналина; применение достаточно большого объема данной смеси (150–170 мл), а также использование раневого катетера с целью дополнительного послеоперационного обезболивания.

Эффективность МВИА для послеоперационного обезболивания при ТЭКС в сравнении с системной анальгезией, периферическими блокадами нервов была продемонстрирована в различных исследованиях [11–13] и уже является неотъемлемой частью протоколов ранней реабилитации пациентов после ТЭКС [14, 15]. К сожалению, сравнительные исследования эффективности МВИА и ЭДА немногочисленны [16–19], а доказательства превосходства одной методики обезболивания над другой остаются спорным вопросом ввиду небольшого числа пациентов и гетерогенности дизайнов исследования.

Цель исследования — оценить эффективность и безопасность местной высокообъемной инфильтрационной и эпидуральной методик анальгезии при проведении первичного тотального эндопротезирования коленного сустава в сравнении со стандартной системной мультимодальной анальгезией в рамках протоколов послеоперационного обезболивания.

Материал и методы

Дизайн исследования. В период с августа 2017 по август 2018 г. проведено рандомизированное сравнительное исследование клинической эффективности и безопасности применения МВИА и эпидуральной анальгезии для послеоперационного обезболивания как компонентов протокола мультимодальной анальгезии у пациентов после ТЭКС.

Первым этапом исследования стала оценка эффективности данных методик при сравнении с изолированной системной мультимодальной анальгезией как с наиболее распространенной методикой обезболивания, вторым этапом — сравнение МВИА и эпидуральной анальгезии.

На этапе планирования в исследование были включены 99 пациентов, которым было показано проведение первичного тотального эндопротези-

рования коленного сустава по поводу гонартроза III стадии. Они были рандомизированы с использованием метода конвертов на три группы. Анализ статистической мощности исследования не проводился.

Критерии исключения: имеющийся или выявленный сахарный диабет II типа с гипергликемией венозной плазмы крови натощак более 6,1 ммоль/л; геморрагический синдром и/или тромбоцитопения менее 75 000/мкл, инфекционные изменения кожи в области предполагаемой пункции субарахноидального/эпидурального пространства; отказ пациента от участия в исследовании; аллергические реакции на применяемые для обезболивания препараты (местные анестетики и НПВС); планируемая общая анестезия. В соответствии с этими критериями из исследования были исключены 15 пациентов: 6 с сахарным диабетом II типа с гипергликемией, один с аллергией, два с нарушением гемостаза и 6 пациентов с планируемой общей анестезией.

После применения критериев исключения в исследование вошли 84 пациента. В группу А были включены пациенты, которым интраоперационно проводилась инфильтрация пери- и интраартикулярных тканей раствором анестетика с установкой микрокатетера в рану ($n = 32$), в группу В — пациенты, послеоперационное обезболивание у которых осуществляли с использованием эпидуральной анальгезии ($n = 28$). Контрольную группу (С) составили пациенты, для обезболивания которых в послеоперационном периоде применяли только стандартную системную мультимодальную анальгезию ($n = 24$). Характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Протокол обезболивания. Все оперативные вмешательства были выполнены в условиях субарахноидальной анестезии с внутривенной седацией. Накануне вечером пациенту назначали феназепам 1 мг *per os*, в день операции за 30 мин до транспортировки в операционную — 1 мл раствора феназепама внутримышечно с целью премедикации. Всем больным проводили стандартный интраоперационный мониторинг. За 30 мин до кожного разреза для профилактики послеоперационных инфекционных осложнений внутривенно вводили 1 г цефтриаксона. Перед пункцией субарахноидального пространства пациенту вводили диазепам в дозе 2,5–5,0 мг и дексаметазон 8 мг внутривенно. Пункцию субарахноидального пространства осуществляли на уровне L3-L4 иглой 25-27G в положении пациента сидя. После получения тока ликвора интратекально вводили изобарический 0,5% раствор бупивакаина, максимально 2,5–3,0 мл. Интраоперационная седация обеспечивалась внутривенной инфузией пропофола. В послеоперационном периоде назначали низкомолекулярные ге-

парины и продолжали их прием в течение 3 дней после операции с последующим переходом на пероральные антикоагулянты. Операцию проводили

без наложения турникета. Объем инфузионной терапии интраоперационно составлял 1500–2000 мл кристаллоидных и коллоидных растворов.

Таблица 1

Характеристика пациентов групп исследования

Показатель	Группа А ¹ (n = 32)	Группа В ² (n = 28)	Группа С ³ (n = 24)	p
Пол: – мужской – женский	1 31	2 26	2 22	$p^{1-2} = 0,594$ $p^{1-3} = 0,570$ $p^{2-3} = 1,000$
Возраст, лет	66,00±8,14	63,10±8,54	63,30±7,73	$p^{1-2} = 0,820$ $p^{1-3} = 0,433$ $p^{2-3} = 0,353$
Рост, см	162,00±6,95	166,00±5,98	164,40±7,75	$p^{1-2} = 0,523$ $p^{1-3} = 0,660$ $p^{2-3} = 0,308$
Вес, кг	84,40±16,38	83,50±13,54	96,86±15,90	$p^{1-2} = 0,429$ $p^{1-3} = 0,348$ $p^{2-3} = 0,721$
Индекс массы тела, кг/м ²	32,10±5,96	30,4±4,5	35,84±5,04	$p^{1-2} = 0,279$ $p^{1-3} = 0,224$ $p^{2-3} = 0,643$

P для показателя «пол» рассчитан с применением точного критерия Фишера; *p* для остальных показателей рассчитан с применением критерия Стьюдента.

Пациентам группы А после установки эндопротеза, до и после ушивания суставной капсулы осуществляли периартикулярную инфильтрацию тканей методом «плавающей» иглы на глубину максимально 3 см раствором, содержащим 100 мл 0,2% раствора ропивакаина и 0,5 мл адреналина (0,1 мг/мл), по 30–50 мл, в суммарном объеме 130–150 мл. С целью продленного послеоперационного обезболивания этим пациентам перед ушиванием раны дополнительно устанавливали применяемый для эпидуральной анестезии катетер размером 18G. Кончик катетера позиционировали в верхней части раны, а его противоположный конец выводили на кожу на 5 см ниже угла раны [20]. К катетеру присоединяли бактериальный фильтр и фиксировали. Первое введение в катетер проводили после разрешения моторного блока (через 4–6 ч после операции) в объеме 40 мл 0,5% раствора ропивакаина с адреналином (0,001 мг) при пережатом дренаже. При необходимости введение раствора анестетика повторяли через 6 ч, а также утром в первые послеоперационные сутки за 30 мин до удаления дренажа и катетера.

Пациентам группы В до выполнения субарахноидальной блокады проводили пункцию эпидурального пространства на уровне L3–L4 с установкой эпидурального катетера размером 18G.

К катетеру присоединяли бактериальный фильтр и фиксировали. После разрешения моторного блока и введения тест-дозы местного анестетика (60 мг лидокаина) начинали непрерывное введение 0,2% раствора ропивакаина в эпидуральное пространство со скоростью 4–6 мл/ч с использованием микроинфузионной помпы с регулируемой скоростью 4–6–8–10 мл/ч. Выбор скорости введения зависел от выраженности анальгетического эффекта и индуцируемой введением анестетика гипотензии и в каждом случае определялся индивидуально. Эпидуральный катетер удаляли на 2-е послеоперационные сутки перед введением очередной дозы антикоагулянта.

У пациентов группы С регионарные и местные методики обезболивания не применялись.

Во всех группах проводили системную мультимодальную аналгезию, которая включала комбинацию глюкокортикостероидов (дексаметазон 8 мг интраоперационно), нестероидных противовоспалительных средств (кетопрофен 100 мг 3 раза в сутки), трамадола (100 мг 1 раз в сутки) и парацетамола (1 г 3 раза в сутки) в течение первых суток после операции с последующей коррекцией кратности и доз указанных препаратов в зависимости от выраженности послеоперационного болевого синдрома.

Активизацию пациентов начинали в первые послеоперационные сутки после удаления катетера, дренажа и рентгенологического контроля положения эндопротеза с участием специалиста по реабилитации.

В предоперационном периоде со всеми пациентами был проведен инструктаж по использованию 10-балльной визуально-аналоговой шкалы (ВАШ). Выраженность болевого синдрома в покое и при движении (сгибание в коленном суставе) оценивали до операции, через 4–6 ч (при разрешении моторного блока и через 30 мин после введения препаратов для обезболивания) и в первые сутки после операции.

Регистрировали частоту инфекционных осложнений и все побочные и нежелательные реакции (выраженная боль более 8 баллов по ВАШ, гипотензия, в т.ч. ортостатическая, послеоперационные тошнота и рвота, местные реакции в зоне операции).

Статистический анализ

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета Microsoft Excel и программы SPSS 25.0.0.0 (IBM). Данные с нормальным распре-

делением (после проверки с использованием теста Колмогорова – Смирнова и оценки равенства дисперсий с помощью критерия Ливиня) представляли в виде среднего (M) со стандартным отклонением и оценивали с использованием *t*-критерия Стьюдента, для непараметрических данных — в виде Me (25; 75) с использованием критерия Манна – Уитни. Для определения статистической значимости различий номинальных данных применяли точный критерий Фишера. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Во всех группах до операции пациенты отмечали боль различной степени интенсивности при активных движениях, при этом выраженность болевого синдрома до операции в покое в группах не отличалась. При движении (сгибание в коленном суставе) выраженность боли (8 (6;8) баллов) в группе В была статистически значимо выше, чем в группе А ($p = 0,001$) и в группе С ($p = 0,037$) (табл. 2).

Наибольшая выраженность болевого синдрома при сгибании коленного сустава в послеоперационном периоде отмечена у пациентов группы С,

Таблица 2

Динамика выраженности болевого синдрома по ВАШ

Сроки наблюдения	Группа А ¹ (n = 32)	Группа В ² (n = 27)	Группа С ³ (n = 24)	p
В покое				
До операции	1 (0; 1,75)	2 (0; 2)	1,5 (0; 2)	$p^{1-2} = 0,14$ $p^{1-3} = 0,622$ $p^{2-3} = 0,312$
Через 4–6 ч после операции	0	0 (0; 0,75)	2 (2; 2)	$p^{1-2} = 0,221$ $p^{1-3} < 0,0001$ $p^{2-3} < 0,0001$
Первые послеоперационные сутки	0	0	1 (0; 0,75)	$p^{1-2} = 0,001$ $p^{1-3} = 0,009$ $p^{2-3} < 0,0001$
При сгибании коленного сустава				
До операции	6 (4; 6)	8 (6; 8)	6 (5; 8)	$p^{1-2} = 0,001$ $p^{1-3} = 0,357$ $p^{2-3} = 0,037$
Через 4–6 ч после операции	2 (1; 4)	2 (0; 0,75)	6 (5; 6)	$p^{1-2} = 0,450$ $p^{1-3} < 0,0001$ $p^{2-3} < 0,0001$
Первые послеоперационные сутки	2 (1; 2,75)	2 (0; 1)	4 (4; 5)	$p^{1-2} = 0,035$ $p^{1-3} < 0,0001$ $p^{2-3} < 0,0001$

P рассчитан с применением критерия Манна – Уитни. Me (*p* 25; *p* 75).

в то время как у пациентов группы А и В она была статистической значимо меньшей. Несмотря на то, что медиана послеоперационной боли в 1-е сутки после операции в группах А и В составила 2 балла, при обработке данных между группами получена статистически значимая разница, $p = 0,035$. Динамика болевого синдрома представлена на рисунке.

Нежелательные побочные реакции и осложнения при применении различных методик послеоперационного обезболивания приведены в таблице 3.

Наибольшая эффективность послеоперационного обезболивания продемонстрирована в группе В, в которой ни у одного пациента не было зафиксировано сильной боли (более 8 баллов по ВАШ), потребовавшей дополнительного введения наркотических анальгетиков.

В то же время, в группе В значимо чаще регистрировались послеоперационная тошнота и рвота, а также гипотензия, в том числе при вертикализации, которая была отмечена только у пациентов данной группы.

У одной пациентки в группе А был зафиксирован небольшой краевой некроз кожи в области послеоперационного шва, что, впрочем, не потребовало дополнительных хирургических манипуляций. У одной пациентки в группе В после введения тест-дозы местного анестетика в послеоперационном периоде отмечено возникновение субарахноидального блока, в связи с чем ЭДА не проводилась, катетер был удален, пациентка была исключена из дальнейшего статистического анализа.

Внутрисуставных и иных инфекционных осложнений среди всех пациентов зафиксировано не было.

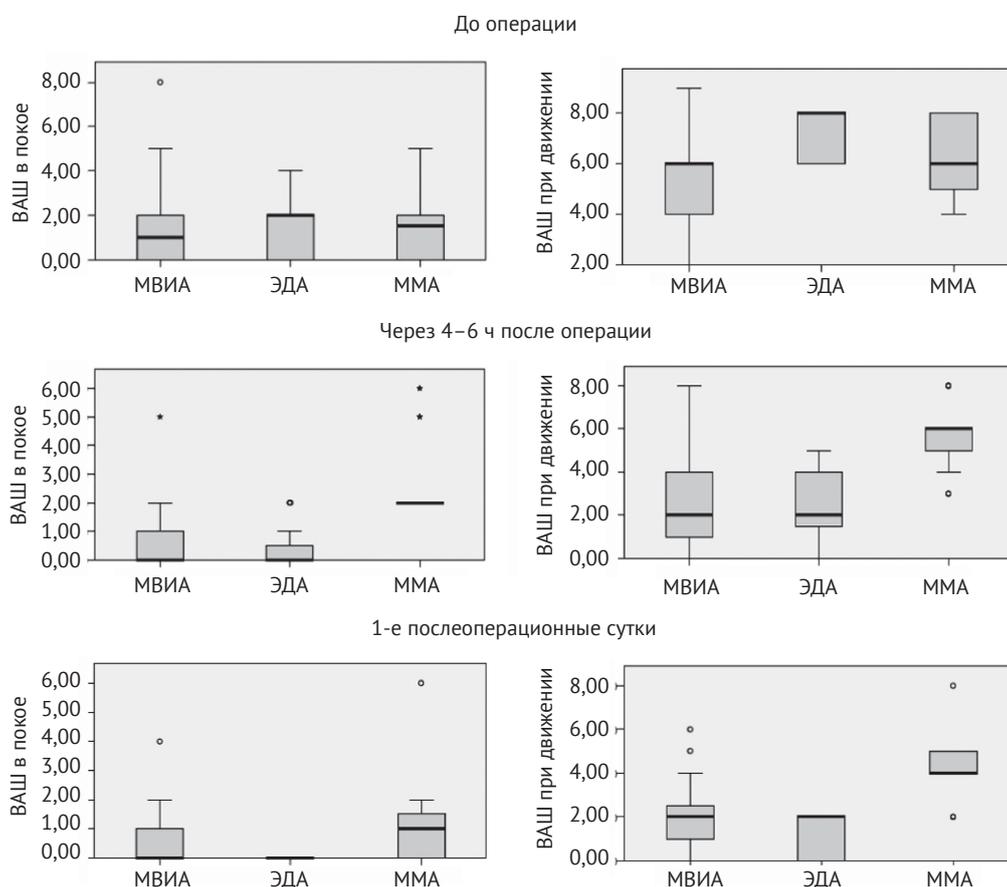


Рис. Динамика болевого синдрома в группах А, В, С в покое и при движении.

На графике приведены медианы, интерквартильный диапазон, размах минимум-максимум (без учёта выбросов), выбросы

Fig. Dynamics of the average pain level in the rest and after movements in the A, B, C groups:

The graph shows medians, interquartile range, minima, and maxima (excluding outlying data), outlying data

Нежелательные побочные реакции и осложнения при применении различных методик послеоперационного обезболивания

Осложнения/побочные реакции	Группа А ¹ (n = 32)	Группа В ² (n = 27)*	Группа С ³ (n = 24)	p
Сильная боль (более 8 баллов по ВАШ)	5 (16%)	0	10 (42%)	$p^{1-2} = 0,056$ $p^{1-3} = 0,037$ $p^{2-3} = 0,0002$
Гипотензия, в т.ч. ортостатическая	0	6 (22%)	0	$p^{1-2} = 0,0007$ $p^{1-3} = 1,000$ $p^{2-3} = 0,024$
Послеоперационная тошнота и рвота	1 (3%)	7 (32%)	2 (8%)	$p^{1-2} = 0,019$ $p^{1-3} = 0,571$ $p^{2-3} = 0,146$
Инфекционные осложнения	0	0	0	–
Специфические осложнения	1 (3%) (краевой некроз кожи)	1 (4%)* (субарахноидальный блок)	0	–

* Один пациент исключен из группы В; p рассчитан с применением точного критерия Фишера.

Обсуждение

Неудовлетворенность результатами послеоперационного обезболивания пациентов при ТЭКС остается одной из насущных проблем современной медицины и требует разработки новых подходов к своему решению. Одним из таких решений стала разработка методики МВИА, показавшей свою эффективность в работах D. Kerr, L. Kohan в 2008 г. [10]. Публикации о применении инфильтрации послеоперационной раны появлялись и ранее [18], но именно эти авторы на достаточно большом числе пациентов смогли показать эффективность и безопасность данной методики.

В 2010 г. K.V. Andersen с соавторами провели рандомизированное плацебо-контролируемое исследование и продемонстрировали, что МВИА значительно уменьшает выраженность болевого синдрома в первые сутки после операции в сравнении с продленной ЭДА. Так, выраженность боли по ВАШ (100-балльная шкала) через 24–48 ч после операции в группе МВИА составила всего 5 баллов по сравнению с 33 баллами в группе плацебо, а потребность в опиоидах при проведении анальгезии, контролируемой пациентом, была существенно ниже (11 мг против 33 мг морфина суммарно через 48 часов после операции) [16]. Данные результаты были подтверждены также в работе P. Essving с соавторами [21].

Наряду с повышением интереса к МВИА отношение к ЭДА как к «золотому стандарту» обезболивания в ортопедии стало угасать [5, 6]. Это

обусловлено высокими рисками развития осложнений при использовании данной методики, что требует тщательного мониторинга пациентов в послеоперационном периоде, увеличивая нагрузку на медперсонал, и в то же время может сопровождаться редкими, но серьезными осложнениями, особенно на фоне проведения антикоагулянтной терапии, используемой в целях профилактики тромбоэмболических осложнений у пациентов ортопедического профиля [5, 8, 9].

Немаловажным является и активное внедрение протоколов по ранней послеоперационной реабилитации пациентов (концепции «fast track surgery», «enhanced recovery after surgery»), направленных на раннюю активизацию пациентов после операции и сокращение длительности их стационарного лечения [14, 15, 19].

Следует отметить, что использование только системной, пусть и многокомпонентной, анальгезии для послеоперационного обезболивания пациентов при ТЭКС большинством клиницистов признано малоэффективным [9, 10], что и было подтверждено в нашем исследовании. У пациентов группы С отмечались самые высокие показатели выраженности болевого синдрома как в день операции, так и в первые послеоперационные сутки, особенно при движении в коленном суставе (6 (5;8) баллов в день операции и 6 (5;6) — в первые послеоперационные сутки). Более 40% пациентов в группе С испытывали сильную боль (более 8 баллов по ВАШ) и требовали дополнительного обезбо-

ливания с применением опиоидов. На наш взгляд, широкое применение только системной анальгезии может быть обусловлено как экономическими и организационными причинами (отсутствие в клиниках службы боли, ограниченное использование анальгезии, контролируемой пациентом, с использованием наркотических препаратов и т.д.), так и особенностями контингента больных, которым проводится ТЭКС (например, преобладание в группах пациентов с ожирением и ИМТ более 35 кг/м² увеличивает риск неудач при установке эпидурального катетера) [22]. В то же время разрабатываются новые подходы к системной анальгезии при проведении ТЭКС, в первую очередь, за счет использования так называемой «предупреждающей анальгезии» (дооперационное назначение прегабалина и габапентина), активного выявления на предоперационном этапе пациентов с риском развития выраженного болевого синдрома (как острого, так и хронического), разработкой протоколов ведения пациентов при ТЭКС, внедрения службы боли [9, 15, 22].

Несмотря на определенные технические и организационные сложности применения ЭДА для послеоперационного обезболивания пациентов после ТЭКС, полученные результаты убедительно доказали ее эффективность: в группе В не зафиксировано ни одного случая выраженной боли, отмечены самые низкие показатели выраженности болевого синдрома, но при этом у одного (3,6%) пациента отмечено развитие тотального блока, у 6 (22%) — гипотензии и у 7 (26%) — синдрома послеоперационной тошноты и рвоты. Таким образом, практически у 30% пациентов в группе В были отмечены нежелательные побочные реакции на фоне проведения ЭДА, что не только требовало тщательного мониторинга в послеоперационном периоде, но и снижало удовлетворенность пациентов качеством проводимого лечения.

МВИА проводится хирургом в конце операции ТЭКС и по мере накопления опыта требует все меньше времени для адекватной инфильтрации периартикулярных тканей и установки катетера, не оказывая влияния на продолжительность оперативного вмешательства. В отличие от оригинальной методики, предложенной D. Kerr и L. Kohan, мы отказались от применения кеторолака в качестве адьюванта к раствору для анестезии. Это было обусловлено, во-первых, методологией исследования, так как во всех группах как компонент мультимодальной системной анальгезии в качестве нестероидного противовоспалительного средства применялся кетопрофен. Во-вторых, в изученных источниках не было доказано, что внутрисуставное введение кеторолака намного эффективнее внутривенного, поскольку эффективность внутрисуставного введения ке-

торолака сравнивалась с плацебо либо с эпидуральной анальгезией [23, 24], а исследования, демонстрирующие местный противовоспалительный эффект кеторолака, в большинстве своем были проведены при артроскопии, но не при ТЭКС [25, 26]. В работе F. Affas с соавторами также было продемонстрировано, что концентрация кеторолака в кровотоке при его периартикулярном введении практически не отличается от системного введения: максимальная концентрация кеторолака составила 0,3–2,2 мг/л через 0,5–4,0 ч после околосоуставного введения, что было сопоставимо с концентрацией, определяемой после внутримышечного введения кеторолака [27]. Все вышеуказанное позволило нам исключить кеторолак из смеси, применяемой для МВИА. Также следует отметить, что продолжительность установки катетера в нашем исследовании не превышала 24 ч, что обусловлено особенностями протокола реабилитации и послеоперационного ведения пациентов, применяемым в клинике.

Выраженность болевого синдрома в группах А и В в день операции как в покое, так и при движении статистически не отличалась ($p = 0,221$ и $p = 0,450$). В то же время в первые послеоперационные сутки выраженность болевого синдрома в группе А была значимо выше ($p = 0,001$ и $p = 0,035$), что не совпадает с результатами исследований K.V. Andersen с соавторами и P. Essving с соавторами [16, 21]. Подобные результаты могут быть объяснены особенностями проведения обезболивания при МВИА (болюсное введение раствора анестетика в катетер проводили дискретно и после оценки ВАШ в первые послеоперационные сутки, в то время как в группе В введение 0,2% раствора ропивакаина в эпидуральное пространство проводилось непрерывно с использованием микроинфузионной помпы). Сильная боль в послеоперационном периоде в группе А отмечена у 5 (16%) пациентов, что превышает показатели в группе В (0%), $p = 0,056$, но в то же время это меньше при сравнении с группой С (42%), $p = 0,037$. В отличие от группы В, при проведении МВИА случаев гипотензии зафиксировано не было (0%), послеоперационная тошнота и рвота отмечена у 1 (3%) больного.

В настоящее время не получено доказательной базы эффективности применения микрокатетеров для обезболивания при проведении МВИА в различных режимах: постоянная инфузия или дискретное введение, длительность введения (24 или 48 часов) и т.д. [28, 29]. В исследовании M. Reeves и M. Skinner указано, что наличие катетера не оказывает существенного влияния на эффективность МВИА [30]. В то же время логично предположить, что длительность МВИА не может превышать 12–24 ч из-за особенностей фармакодинамики

местных анестетиков, в том числе и в сочетании с адреналином, что требует пролонгирования обезболивающего эффекта за счет применения внутрисуставных катетеров [10, 19, 20].

В нескольких исследованиях продемонстрирована эффективность блокад периферических нервов для послеоперационного обезболивания при ТЭКС [9, 31]. В то же время сложность иннервации коленного сустава не позволяет рекомендовать ту или иную блокаду как единственный вариант послеоперационной анальгезии, все чаще речь идет об одновременной блокаде двух, а иногда и трех нервов, для проведения которой часто необходимо использование специального оборудования. Отрицательными моментами при блокадах периферических нервов также считают мышечную слабость и ассоциированный с ней риск падения, а также гипостезию нижней конечности [9, 12].

Таким образом, универсальной методики послеоперационного обезболивания при ТЭКС не найдено до сих пор, а эффективность МВИА и различных ее модификаций требует дальнейшего изучения.

Значительная выраженность болевого послеоперационного синдрома при ТЭКС требует разработки новых протоколов лечения, поскольку проведение только многокомпонентной системной анальгезии является малоэффективным. При проведении ЭДА достигается самый лучший контроль над операционной болью, но ее проведение требует тщательного мониторинга со стороны персонала в связи с достаточно высокой частотой побочных нежелательных реакций, в первую очередь, развития гипотензии и послеоперационной тошноты и рвоты. При использовании МВИА может быть достигнут сопоставимый с ЭДА уровень анальгезии, хотя для оптимизации протокола применения данной методики необходимы дополнительные исследования.

Следовательно, МВИА не уступает по эффективности послеоперационного обезболивания ЭДА, не требует проведения жесткого мониторинга и сопровождается меньшей частотой побочных реакций и осложнений, а простота, безопасность и эффективность методики в дальнейшем могут сделать ее «процедурой выбора» в схеме мульти-модальной анальгезии при проведении тотального эндопротезирования коленного сустава.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Тарасов Д.А. — разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, статистический анализ, написание текста.

Лычагин А.В. — разработка концепции и дизайна исследования, редактирование.

Рукин Я.А. — сбор и обработка материала, статистический анализ.

Кожевников В.А. — критический пересмотр и оформление окончательного варианта статьи.

Яворовский А.Г. — разработка концепции и дизайна исследования, редактирование.

Строков А.В. — сбор и обработка материала.

Литература [References]

1. Bugada D., Allegri M., Gemma M., Ambrosoli A. L., Gazzo G., Chiumiento F., Berruto M. Effects of anaesthesia and analgesia on long-term outcome after total knee replacement: A prospective, observational, multicenter study. *Eur J Anaesthesiol.* 2017;34(10):665-672. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000656
2. Dalury D.F., Lieberman J.R., MacDonald S.J. Current and innovative pain management techniques in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(20):1938-1943. DOI: 10.2106/JBJS.9320ic1.
3. Овечкин А.М. Послеоперационная боль: состояние проблемы и современные тенденции послеоперационного обезболивания. *Региональная анестезия и лечение острой боли.* 2015;9(2):29-39. Овечкин А.М. [Postoperative pain: the state of problem and current trends in postoperative analgesia]. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroi boli.* 2015;9(2):29-39 (in Russian).
4. Сараев А.В., Линдберг М.Ф., Гэй К., Росселэнд Л.А., Лердал А., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А. Факторы, влияющие на интенсивность болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде после тотальной артропластики коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2017;23(1):45-58. Saraev A.V., Lindberg M.F., Gay C., Rosseland L.A., Lerdal A., Kornilov N.N., Kulyaba T.A. What influence on early postoperative pain intensity after total knee arthroplasty? *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):45-58 (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-45-58.
5. Тарккила П. Эпидуральная анальгезия: нуждается ли мы в ней до сих пор после обширных вмешательств на колене и тазобедренном суставе? *Региональная анестезия и лечение острой боли.* 2011;5(2):42-44. Tarkkila P. Epidural Analgesia: Do We Still Need It After Major Knee or Major Hip Surgery? *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroi boli.* 2011;5(2):42-44 (in Russian).
6. Rawal N. Epidural technique for postoperative pain: gold standard no more? *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37(3):310-317. DOI: 10.1097/AAP.0b013e31825735c6
7. Werawatganon T., Charuluxanun S. Patient controlled intravenous opioid analgesia versus continuous epidural analgesia for pain after intra-abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005 Jan 25;(1):CD004088. DOI:10.1002/14651858.cd004088.pub2.
8. Afzal A., Hawkins F., Rosenquist R.W. Epidural hematoma in a patient receiving epidural analgesia and LMWH after total-knee arthroplasty. *Reg Anesth Pain Med.* 2006;31(5):480. DOI: 10.1016/j.rapm.2006.05.011.
9. Moucha C.S., Weiser M.C., Levin E.J. Current strategies in anesthesia and analgesia for total knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(2):60-73. DOI: 10.5435/JAOS-D-14-00259.

10. Kerr D.R., Kohan L. Local infiltration analgesia: a technique for control of acute postoperative pain following knee and hip surgery: a case study of 325 patients. *Acta Orthop.* 2008;79(2):174-183. DOI:10.1080/17453670710014950.
11. Parvataneni H.K., Shah V.P., Howard H., Cole N., Ranawat A.S., Ranawat C.S. Controlling pain after total hip and knee arthroplasty using a multimodal protocol with local periarticular injections: a prospective randomized study. *J Arthroplasty.* 2007;22(6):33-38. DOI: 10.1016/j.arth.2007.03.034.
12. Affas F., Nygård E.B., Stiller C.O., Wretenberg P., Olofsson C. Pain control after total knee arthroplasty: a randomized trial comparing local infiltration anesthesia and continuous femoral block. *Acta Orthop.* 2011; 82(4):441-447. DOI: 10.3109/17453674.2011.581264.
13. Andersen L.Ø., Kehlet H. Analgesic efficacy of local infiltration analgesia in hip and knee arthroplasty: a systematic review. *Br J Anaesth.* 2014;113(3):360-374. DOI:10.1093/bja/aeu155.
14. Berg A.E. A prospective study evaluating the new local infiltration analgesia protocol for fast-track primary total knee arthroplasty at UNN Tromsø. Tromsø: UiT The Arctic University of Norway, 2018. 48 p.
15. Сараев А.В., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А. Эффективность мультимодального подхода к анальгезии при тотальной артропластике коленного сустава. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2018;(6):83-90. Saraev A.V., Kornilov N.N., Kulyaba T.A. [Efficiency of the multimodal approach to analgesia in total knee arthroplasty]. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* [Pirogov Russian Journal of Surgery]. 2018;(6):83-90 (in Russian)]. DOI: 10.17116/hirurgia2018683-90.
16. Andersen K.V., Bak M., Christensen B.V., Harazuk J., Pedersen N.A., Sobale K.A. Randomized, controlled trial comparing local infiltration analgesia with epidural infusion for total knee arthroplasty. *Acta Orthop.* 2010;81(5):606-610. DOI:10.3109/17453674.2010.519165.
17. Yan H., Cang J., Xue Z., Lu J., Wang H. Comparison of local infiltration and epidural analgesia for postoperative pain control in total knee arthroplasty and total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Bosn J Basic Med Sci.* 2016;16(4):239-246. DOI: 10.17305/bjbm.2016.1072.
18. Vendittoli P.A., Makinen P., Drolet P., Lavigne M., Fallaha M., Guertin M.C. et al: A multimodal analgesia protocol for total knee arthroplasty. A randomized, controlled study. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(2):282-289. DOI:10.2106/jbjs.e.00173.
19. Гомжина Е.А., Герасков Е.В., Овсянкин А.В., Корячкин В.А. Эффективность ранней послеоперационной реабилитации у пациентов после первичного тотального эндопротезирования коленного сустава в зависимости от различных методик послеоперационной анальгезии. *Русский медицинский журнал.* 2017;25(13): 953-956. Gomzhina E.A., Geraskov E.V., Ovsyankin A.V., Koryachkin V.A. [Efficiency of early postoperative rehabilitation in primary total knee arthroplasty depending on methods of postoperative analgesia]. *Russkii meditsinskii zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2017;13:953-956. (In Russian).
20. Тарасов Д.А., Лычагин А.В., Кожевников В.А., Рукин Я.А., Тарабарко И.Н. Местная инфльтрационная анестезия при тотальном эндопротезировании коленного сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2018;2(32):74-79. Tarasov D.A., Lychagin A.V., Kozhevnikov V.A., Rukin Y.A., Tarabarko I.N. [Local infiltration anesthesia after total knee arthroplasty]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [The Department of Traumatology and Orthopedics]. 2018;2(32):74-79. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2226-2016.2018.2.74-79
21. Essving P., Axelsson K., Kjellberg J., Wallgren O., Gupta A., Lundin A. Reduced morphine consumption and pain intensity with local infiltration analgesia (LIA) following total knee arthroplasty. *Acta Orthop.* 2010;81: 354-360. DOI:10.3109/17453674.2010.487241.
22. Избранные лекции по регионарной анестезии и лечению послеоперационной боли. Петрозаводск : ИнтелТек, 2009. 550 с. Izbrannye leksii po regionarnoj anestezii i lecheniyu posleoperatsionnoj boli [Selected lectures on regional anesthesia and treatment of postoperative pain]. Petrozavodsk : IntelTek, 2009. 550 c.
23. Andersen K.V., Nikolajsen L., Haraldsted V., Odgaard A., Søballe K. Local infiltration analgesia for total knee arthroplasty: should ketorolac be added? *Br J Anaesth.* 2013;111(2):242-248. DOI: 10.1093/bja/aet030.
24. Spreng U.J., Dahl V., Hjal A., Fagerland M. W., Ræder J. High-volume local infiltration analgesia combined with intravenous or local ketorolac+ morphine compared with epidural analgesia after total knee arthroplasty. *British journal of anaesthesia.* *Br J Anaesth.* 2010;105(5): 675-682. DOI:10.1093/bja/aeq232.
25. Reuben S.S., Connelly N.R. Postoperative analgesia for outpatient arthroscopic knee surgery with intraarticular bupivacaine and ketorolac. *Anesth Analg.* 1995;80:1154-1157.
26. Rømsing J, Møiniche S, Østergaard D, Dahl JB. Local infiltration with NSAIDs for postoperative analgesia: evidence for a peripheral analgesic action. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2000;44(6):672-683. DOI: 10.1034/j.1399-6576.2000.440607.x
27. Affas F., Eksborg S., Wretenberg P., Olofsson C., Stephanson N., Stiller C.O. Plasma concentration of ketorolac after local infiltration analgesia in hip arthroplasty. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2014;58(9):1140-1145. DOI: 10.1111/aas.12371.
28. Banerjee P., Rogers B.A. Systematic review of high-volume multimodal wound infiltration in total knee arthroplasty. *Orthopedics.* 2014; 37(6):403-412. DOI: 10.3928/01477447-20140528-07.
29. Zhang S., Wang F., Lu Z.D., Li Y.P., Zhang L., Jin Q.H. Effect of single-injection versus continuous local infiltration analgesia after total knee arthroplasty: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *J Int Med Res.* 2011;39(4):1369-1380. DOI:10.1177/147323001103900423.
30. Reeves M., Skinner M.W. Continuous intra-articular infusion of ropivacaine after unilateral total knee arthroplasty. *Anaesth Intensive Care.* 2009;37:918-922. DOI: 10.1177/0310057X0903700607.
31. Terkawi A.S., Mavridis D., Sessler D.I., Nunemaker M.S., Doais K.S., Terkawi R.S. et al. Pain management modalities after total knee arthroplasty: A network meta-analysis of 170 randomized controlled trials. *Anesthesiology.* 2017;126(5):923-937. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001607.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Тарасов Дмитрий Алексеевич — врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации Клинического центра Университетской клинической больницы № 1, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва

Лычагин Алексей Владимирович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, директор Клиники травматологии и ортопедии Университетской клинической больницы № 1, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва

Рукин Ярослав Алексеевич — заведующий травматолого-ортопедическим отделением Клиники травматологии и ортопедии Университетской клинической больницы № 1, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва

Кожевников Владимир Анатольевич — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением анестезиологии и реанимации Клинического центра Университетской клинической больницы № 1, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва

Яворовский Андрей Георгиевич — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва

Строков Андрей Владимирович — врач травматолого-ортопедического отделения Клиники травматологии и ортопедии Университетской клинической больницы № 1, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Dmitry A. Tarasov — anesthesiologist, the Department of Anesthesiology and Resuscitation, Clinical Center, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Aleksei V. Lychagin — Dr. Sci. (Med.), professor, the head of the Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery Chair, The Head of the Traumatology and Orthopedics Clinic, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Yaroslav A. Rukin — the head of the Traumatology and Orthopedics Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Vladimir A. Kozhevnikov — Dr. Sci. (Med.), professor, the head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, Clinical Center, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Andrei G. Yavorovskiy — Dr. Sci. (Med.), professor, the head of the Anesthesiology and Resuscitation Chair, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Andrei V. Strokov — orthopedic surgeon, Traumatology and Orthopedics Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

Комментарий к статье «Послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава: сравнительный анализ эффективности современных методик»

Н.Н. Корнилов

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Comment to the Article „Postoperative Analgesia after Total Knee Arthroplasty: a Comparative Analysis of Current Treatment Techniques Effectiveness“

N.N. Kornilov

Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) у большинства пациентов в раннем послеоперационном периоде ассоциировано с умеренным и выраженным болевым синдромом, не только замедляющим мобилизацию, но и приводящим в ряде случаев к формированию хронических постхирургических болевых синдромов, сложно поддающихся терапии и существенно снижающих функциональные исходы артропластики [1].

Исследования двух последних десятилетий, посвященные поиску наиболее эффективных стратегий периоперационного обезболивания, легли в основу революционных технологий, позволяющих безопасно проводить это весьма травматичное вмешательство в рамках «хирургии одного дня» [2]. К сожалению, несмотря на эти достижения, отечественные ортопеды и анестезиологи зачастую игнорируют принципы преэмптивной мультимодальной аналгезии, уповая лишь на применение традиционных ненаркотических НПВС и наркотических аналгетиков в послеоперационном периоде «по требованию» пациента.

• Комментарий к статье

Тарасов Д.А., Лычагин А.В., Рукин Я.А., Кожевников В.А., Яворовский А.Г., Строков А.В. Послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава: сравнительный анализ эффективности современных методик. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):31-41. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-31-41.

Статья Д.А. Тарасова с соавторами вновь привлекает интерес к этой актуальной проблеме, развенчивая догмы, еще в прошлом веке сформировавшиеся в анестезиологии применительно к лечению больных травматолого-ортопедического профиля. Несмотря на ряд имеющихся ограничений проспективного рандомизированного исследования, его результаты наглядно демонстрируют простоту и высокую эффективность даже однокомпонентной локальной аналгезии (местный анестетик длительного действия) при тотальном замещении коленного сустава, что совпадает как с данными отечественных авторов, так и с зарубежными работами высокого уровня доказательности [3–5].

На прошедшем 5–7 июня 2019 г. XX конгрессе EFFORT в рамках сессии, посвященной менеджменту боли при ТЭКС, проходившей под председательством профессора E. Thienpont, ведущие европейские эксперты обобщили ключевые элементы современного подхода к проведению периоперационной аналгезии с позиций доказательной медицины [6–10]*. Упреждающий эффект чрезмерного раздражения центральной нервной системы (ЦНС) сигналами из-за активации ноцицепторов механическими, термическими и химическими факторами хирургической агрессии, к которым

* <https://congress.efort.org/web/efort-congress-lisbon-2019/advanced-scientific-programme>

Корнилов Н.Н. Комментарий к статье «Послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава: сравнительный анализ эффективности современных методик». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):42-43. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-42-43.

Cite as: Kornilov N.N. [Comment to the Article „Postoperative Analgesia after Total Knee Arthroplasty: a Comparative Analysis of Current Treatment Techniques Effectiveness“]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):42-43. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-42-43.

✉ Корнилов Николай Николаевич / Nikolai N. Kornilov; e-mail: drkornilov@hotmail.com

вскоре присоединяются и медиаторы развивающегося в ране асептического воспаления, реализуется за счет системного использования НПВС и кортикостероидов еще до начала вмешательства (наложения гемостатического жгута и разреза кожи). У пациентов из группы риска развития выраженного болевого синдрома для снижения возбудимости центров боли в ЦНС может дополнительно применяться кетамин.

Далее этот эффект усиливается интраоперационно путем использования локальной инфильтрации всех мягких тканей коленного сустава, к которым прикасался хирург: синовиальная оболочка верхнего заворота, надкостница, задняя крестообразная связка, жировое тело, фиброзная капсула, четырехглавая мышца бедра и подкожная жировая клетчатка, с акцентом на достижение зоны прохождения *n. saphenus* многокомпонентной смесью, сочетающей местный анестетик длительного действия (ропивакаин или бупивакаин), НПВС (кеторолак), сосудосуживающий препарат (синтетический адреналин) и кортикостероид (его местное использование может заменяться системным введением). Если используется общая анестезия, то дополнительно рекомендуется проведение периферической блокады нервных образований на уровне приводящего канала.

В послеоперационном периоде приемлемый уровень болевого синдрома поддерживается за счет сочетанного применения анальгетиков центрального (парацетамол) и периферического (НПВС) действия, что преследует целью максимально снизить потребность в назначении опиатов. При сохранении высокого уровня болевого синдрома в качестве «средств отчаяния» дополнительно могут использоваться как фармакологические средства (метамизол, противосудорожные препараты (габапентин, прегабалин), синтетические наркотические анальгетики (трамадол), антидепрессанты (дулоксетин)), так и инвазивные мероприятия: блокады геникулярных нервов коленного сустава под ультразвуковым контролем, включая и заднюю капсулу.

Таким образом, в арсенале ортопедов и анестезиологов, специализирующихся на проведении ТЭКС, есть широкое разнообразие доступных и безопасных методов и средств, совместное рациональное использование которых позволяет эффективно контролировать болевой синдром, создавая оптимальные условия для ранней реабилитации пациентов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ведущий научный сотрудник отделения патологии коленного сустава, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Литература [References]

1. Сараев А.В., Линдберг М.Ф., Гэй К., Росселэнд Л.А., Лердал А., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А. Факторы, влияющие на интенсивность болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде после тотальной артропластики коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(1):45-58. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-45-58. Saraev A.V., Lindberg M.F., Gay C., Rosseland L.A., Lerdal A., Kornilov N.N., Kulyaba T.A. [What influence on early postoperative pain intensity after total knee arthroplasty?]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):45-58. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-45-58.
2. Crawford D.A., Adams J.B., Berend K.R., Lombardi A.V. Jr. Low complication rates in outpatient total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019 May 18. DOI: 10.1007/s00167-019-05538-8.
3. Сараев А.В., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А. Эффективность мультимодального подхода к анальгезии при тотальной артропластике коленного сустава. *Хирургия*. 2018;(6):83-90. DOI: 10.17116/hirurgia2018683-90. Saraev A.V., Kornilov N.N., Kulyaba T.A. [Efficiency of the multimodal approach to analgesia in total knee arthroplasty]. *Khirurgiya*. 2018;(6):83-90. DOI: 10.17116/hirurgia2018683-90. (In Russian).
4. Конева Е.С., Серебряков А.Б., Камалова Э.Г., Шаповаленко Т.В., Тарбушкин А.А., Лядов К.В. Анализ выраженности болевого синдрома во время осуществления первой ходьбы у пациентов после операции тотального эндопротезирования суставов нижней конечности. *Травматология и ортопедия России*. 2012;(3):41-44. DOI: 10.21823/2311-2905-2012--3-41-44. Koneva E.S., Serebryakov A.B., Kamalova E.G., Shapovalenko T.V., Tarbushkin A.A., Lyadov K.V. [Analysis of intensity of pain syndrome during the first walking in patients after total joint replacement joints of lower extremities]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(3):41-44. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2012--3-41-44.
5. Elmallah R.K., Chughtai M., Khlopov A., Newman J.M., Stearns K.L., Roche M. et al. Pain control in total knee arthroplasty. *J Knee Surg*. 2018;31(6):504-513. DOI: 10.1055/s-0037-1604152.
6. Kornilov N. What types of pain and why do patients experience pain in TKA? Presented at: EFORT Annual Congress; June 5-7, 2019; Lisbon, Portugal.
7. Gromov K. Pre- and peri-operative techniques to better control postoperative pain. Presented at: EFORT Annual Congress; June 5-7, 2019; Lisbon, Portugal.
8. Baldini A. My enhanced pain control protocol ensures a painless procedure. Presented at: EFORT Annual Congress; June 5-7, 2019; Lisbon, Portugal.
9. Lavand'homme P. Chronic pain after TKA despite everything. Presented at: EFORT Annual Congress; June 5-7, 2019; Lisbon, Portugal.
10. Barret D.S. Potential reasons for residual pain after TKA. Presented at: EFORT Annual Congress; June 5-7, 2019; Lisbon, Portugal.

INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.), professor, Chair of Traumatology and Orthopedics; leading researcher, Knee Pathology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек

А.Н. Цед, А.К. Дулаев, Н.Е. Муштин, К.Г. Ильющенко, А.В. Шмелев

ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Реферат

Цель исследования — оценить среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией ХБП и разработать алгоритм выбора тактики их хирургического лечения и периоперационного ведения. **Материал и методы.** Нами были изучены результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у 45 пациентов, находившихся на заместительной почечной терапии, и у 47 пациентов без признаков хронической болезни почек (ХБП). Пациенты с терминальной стадией ХБП были разделены на две группы: группу I составили больные, находившиеся на хроническом гемодиализе (ГД) — 30 (66,6% человек), в группу II вошли больные после трансплантации почки (ТП) — 15 (33,4% человек). Для оценки эффективности выполненных первичных операций на тазобедренном суставе была сформирована группа III, в которую вошли 47 (51,1%) пациентов без каких-либо признаков ХБП, которым в рассматриваемые сроки выполнялось эндопротезирование тазобедренного сустава. Для определения уровня нарушений кальций-фосфорного обмена определяли уровень сывороточного Ca^{2+} и P^{5+} крови, а также паратиреоидного гормона и 1,25-дигидроксивитамина D. Для определения минеральной плотности костной ткани выполнялась МСКТ тазобедренных суставов, по результатам оценивалось среднее значение индекса Хаунсфилда (НУ), полученное из 5 различных точек области проксимального отдела бедра и вертлужной впадины. Для выявления амилоидной костной болезни выполнялся анализ крови на β -2-микроглобулин. **Результаты.** Не выявлено статистически значимой разницы в результатах артропластики у пациентов II и III групп. У пациентов, находившихся длительное время на гемодиализе, функциональные показатели по шкале Харриса, а также показатель социальной адаптации по индексу Бартела после эндопротезирования были значительно хуже по сравнению с пациентами II и III групп: в I группе показатели улучшились на 19,55%, во группе II — на 13,03%, в группе III — на 10,15% по сравнению с предоперационным уровнем. При снижении 1,25-дигидроксивитамина D менее 20,0 мкг происходит резорбция губчатой кости в проксимальном отделе бедра и вертлужной впадины, а также миопатия ягодичных мышц. При резком увеличении уровня паратгормона (более 600 пг/мл) происходит угнетение пролиферации и дифференцировки остеобластов, что приводит к значительному снижению минерализации. **Заключение.** Согласно предложенному нами алгоритму, ключевыми параметрами, которые необходимо оценивать в предоперационном периоде, являются уровень паратгормона (ПТГ) и 1,25-дигидроксивитамина D. При пятикратном увеличении ПТГ (>600 пг/мл) необходимо первым этапом выполнять паратиреоидэктомию для снижения риска раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза тазобедренного сустава и развития перипротезного перелома.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, гемодиализ, хроническая болезнь почек, витамин D.

Цед А.Н., Дулаев А.К., Муштин Н.Е., Ильющенко К.Г., Шмелев А.В. Среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):44-54. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-44-54.

Cite as: Tsed A.N., Dulaev A.K., Mushtin N.E., Iliushchenko K.G., Shmelev A.V. [Mid-Term Outcomes of Primary Hip Replacement in Patients with End-Stage Chronic Renal Disease]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):44-54. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-44-54. (In Russian).

✉ Цед Александр Николаевич / Aleksandr N. Tsed; e-mail: tsed@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 02.03.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 31.05.2019.

Mid-Term Outcomes of Primary Hip Replacement in Patients with End-Stage Chronic Renal Disease

A.N. Tsed, A.K. Dulaev, N.E. Mushtin, K.G. Iliushchenko, A.V. Shmelev

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

Purpose – to evaluate mid-term outcomes of primary hip replacement in patients with end-stage chronic renal disease and to develop an algorithm for selection of surgical tactics and perioperative treatment. **Materials and Methods.** The authors evaluated outcomes of primary hip replacement in 45 patients receiving renal substitution therapy and 47 patients without chronic renal disease. Patients with end-stage chronic renal disease (CRD) were divided into two groups: group I included 30 (66.6%) patients receiving chronic hemodialysis (CH) and group II included 15 (33.4%) patients after renal transplantation (RT). Group III of 47 (51.1%) patients without any signs of CRD who underwent hip arthroplasty within relevant period of time was established to evaluate the effectiveness of primary hip replacement. Blood serum Ca^{2+} and P^{5+} levels as well as levels of parathyroid hormone (PTH) and 1.25-dihydroxyvitamin D were measured to determine the rate of calcium-phosphoric metabolism disturbance. Multi-spiral CT scans of hip joint were performed to identify bone mineral density and the mean Hounsfield (HU) value was calculated for which the data was obtained from five various points on the proximal femur and acetabulum. Beta-2 microglobulin (B2M) blood test was performed to confirm amyloid bone disease. **Results.** The authors did not observe statistically significant differences for arthroplasty outcomes in patients of group II and III. Patients receiving long-term hemodialysis demonstrated significantly lower parameters of Harris score and Barthel's index of social adaptation after hip replacement as compared to groups II and III: patients of group I demonstrated outcomes improvement at 19.55%, in group II – at 13.03%, in group III – at 10.15% as compared to preoperative status. Decrease of 1.25-dihydroxyvitamin D below 20,0 mcg results in resorption of cancellous bone in proximal femur and acetabulum along with myopathy of gluteus muscles. Sharp increase of parathyroid hormone level (over 600 pcg/ml) was accompanied by inhibition of osteoblasts proliferation and differentiation resulting in substantial impairment of mineralization. **Conclusion.** According to the algorithm suggested by the authors the key parameters that need to be evaluated in preoperative period are parathyroid hormone (PTH) and 1.25-dihydroxyvitamin D. Five-fold increase of PTH (>600 pcg/ml) demands parathyroidectomy as the first stage of treatment to decrease risk of early aseptic loosening of hip prosthesis and development of periprosthetic fracture.

Keywords: hip joint replacement, hemodialysis, chronic renal disease, vitamin D.

Актуальность

Хроническая болезнь почек (ХБП) и особенно терминальные ее проявления в виде пожизненного гемодиализа приводят к изменениям в морфологии костной ткани (ренальная остеодистрофия, костно-фиброзный остеоит, амилоидная костная болезнь) [1–3]. Трансплантация почки, к сожалению, не позволяет добиться значительного улучшения качества костной ткани, так как предполагает длительную иммуносупрессивную и гормональную терапию. Снижение минеральной плотности костной ткани, а также параартикулярные патологические изменения приводят к увеличению риска перелома шейки бедренной кости [4, 5], а также к дегенеративным изменениям тазобедренного сустава [6–8]. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек является сложной задачей. Это связано, в первую очередь, с большим количеством осложнений (глубокие перипротезные инфекции, перипро-

тезные переломы, вывихи и пр.) [9–11], а также с низким качеством костной ткани (остеомалация, остеопения, ренальная остеодистрофия вследствие накопления уремических токсинов [12], что, в свою очередь, удлинит средний срок госпитализации [13]. В многочисленных исследованиях сообщается о высоком риске кровотечений и высокой послеоперационной летальности [14–16]. В то же время риск развития осложнений у пациентов после трансплантации почки также высок [17, 18].

В литературе недостаточно освещены проблемы первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной ХБП, не предложены алгоритмы периоперационного ведения больных с этой патологией.

Цель исследования — оценить среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией ХБП и разработать алгоритм выбора тактики их хирургического лечения и периоперационного ведения.

Материал и методы

С 2014 по 2018 г. нами были изучены результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у 45 пациентов, находившихся на заместительной почечной терапии, и у 47 пациентов без признаков ХБП.

Критерии включения в исследование: остеоартроз, некроз головки бедренной кости любой этиологии, патологические изменения дегенеративно-дистрофического и травматического генеза области проксимального отдела бедренной кости и вертлужной впадины на фоне ренальной остео-дистрофии или амилоидной костной болезни как при хроническом гемодиализе, так и после трансплантации почки. Критериями исключения были локальные или системные инфекционные проявления в предоперационном периоде, сопутствующие заболевания со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной и центральной нервной систем в стадии декомпенсации, а также психические расстройства.

Среди всех исследованных пациентов было 52 (56,5%) женщины, 40 (43,5%) мужчин. Средний возраст составил 67 (55; 75) лет. Пациенты с терминальной стадией ХБП были разделены на две группы: группу I составили больные, находившиеся на хроническом гемодиализе (ГД) — 30 (66,6% человек), в группу II вошли больные после трансплантации почки (ТП) — 15 (33,4% человек). Для оценки эффективности выполненных первичных операций была сформирована группа III, в которую вошли 47 (51,1%) пациентов без каких-либо признаков ХБП, которым в рассматриваемые сроки выполнялось эндопротезирование тазобедренного сустава (табл. 1). Для получения сопоставимых результатов в среднесрочном периоде

наблюдения (от 1 года до 4 лет) к пациентам всех групп была применена репрезентативная выборка по этиологическому признаку основного диагноза (исключались первичные артропластики после перенесенных глубоких инфекций области тазобедренного сустава), по качеству минерального состава костной ткани (пациенты III группы были пожилого возраста с признаками остеопороза), а также по виду фиксации имплантируемых эндопротезов тазобедренного сустава (применялись либо цементные имплантаты, либо эндопротезы гибридной фиксации).

В предоперационном периоде оценивались лабораторные и инструментальные показатели изменений костно-суставной системы у пациентов всех групп исследования. Для определения степени нарушения фосфорно-кальциевого обмена оценивался уровень сывороточного Ca^{2+} и P^{5+} крови, а также паратиреоидного гормона (ПТГ) и 1,25-дигидроксивитамина D. Средние показатели общего кальция и фосфора в сыворотке крови пациентов, находившихся на хроническом гемодиализе, определялись исходя из среднего значения трех анализов: до и после процедуры гемодиализа согласно диализной карте, а также в междиализный день при подготовке к оперативному лечению.

Для определения изменений минеральной плотности костной ткани выполнялась мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) тазобедренных суставов, по результатам которой оценивалось среднее значение индекса Хаунсфилда (НУ), полученное из пяти различных точек области проксимального отдела бедренной кости и вертлужной впадины (большой и малый вертелы, передне- и задне-верхний отделы вертлужной впадины, канал бедренной кости в метафизарной части). Для выявления амилоидоза костно-

Таблица 1

Распределение пациентов по группам исследования, основные статистические показатели

Группа исследования	Пол		Возраст (25,75 процентиля)	Койко-день	Тип фиксации эндопротеза	
	м	ж			цементный	гибридный
I группа (ГД) n = 30	13 (43%)	17 (57%)	58,5 (1,1)	19,5 (0,4)	19 (63%)	11 (37%)
II группа (ТП) n = 15	8 (53%)	7 (47%)	40,0 (49,3; 44,5)	11,0 (12,0; 11,0)	9 (60%)	6 (40%)
III группа (без ХБП) n = 47	19 (40%)	28 (60%)	74,3 (0,7)	12,0 (11,0; 13,0)	26 (55%)	21 (45%)
P — значение между группами	$P_{1-2}, P_{1-3}, P_{2-3} > 0,017$		$P_{1-2}, P_{1-3}, P_{2-3} < 0,017$	$P_{1-2}, P_{1-3} < 0,017; P_{2-3} > 0,017$	$P_{1-2}, P_{1-3}, P_{2-3} > 0,017$	

ГД — гемодиализ; ТП — трансплантация почки; ХБП — хроническая болезнь почек.

суставной системы выполнялся анализ крови на β -2-микроглобулин — белка, который в результате накопления в организме пациентов, длительное время находящихся на гемодиализе, откладывается вдоль метаэпифизарных отделов суставов и миофибрилл. Также оценивалась степень анемии по таким показателям, как уровень гемоглобина и гематокрита (табл. 2).

Как видно из представленной таблицы, у больных, находящихся на заместительной почечной терапии, наблюдалась значительная анемия в предоперационном периоде, что требовало дополнительной подготовки к эндопротезированию [20, 21]. При сравнении показателей пациентов с выполненной трансплантацией почки и без заболевания почек статистической разницы в предоперационном уровне гематокрита крови не отмечается. Предоперационная хроническая анемия у больных, получающих гемодиализ, связана с дефицитом эритропоэтина крови, вырабатываемого почками [22].

Интересное наблюдение получено при сравнении минеральной плотности костной ткани по индексу Хаунсфилда. У пациентов без признаков ХБП и после трансплантации почки этот показатель находился на нижней границе нормы (47,5 (43,3; 49,0) НУ), что связано у пациентов III группы с сенильным остеопорозом (особенно среди женщин),

а у пациентов II группы — с механизмом развития ренальной остеодистрофии и вторичного гиперпаратиреоза, который развивается, даже несмотря на трансплантацию почки, через несколько лет после операции. А у пациентов, получающих хронический гемодиализ, среднее значение индекса Хаунсфилда находится в зоне от -80 до +30 НУ, что характерно для жировой и легочной тканей.

В структуре диагнозов, на основании которых выставлялись показания к эндопротезированию тазобедренного сустава у пациентов, находившихся на хроническом гемодиализе, наиболее часто встречались патологические переломы шейки бедренной кости, а также их последствия в виде атрофического ложного сустава — 14 (46,6%) случаев. Аvascularные некрозы головки бедренной кости и их проявления в виде вторичного коксартроза чаще отмечались во II и III группах исследования — 40 (64,5%). Переломы шейки бедренной кости гораздо реже встречались у пациентов без признаков ХБП (III группа), а также после трансплантации почки (II группа) — 10 (16,1%) суммарно (табл. 3). Также необходимо отметить, что такой диагноз, как костно-суставной β -2-микроглобулиновый амилоидоз, который не являлся причиной первичного эндопротезирования тазобедренного сустава, встречался только у пациентов I и II групп.

Таблица 2

Результаты лабораторных и инструментальных исследований до операции

Показатель	I группа (ГД) (25, 75 процентили)	II группа (ТП) (25, 75 процентили)	III группа (без ХБП) (25, 75 процентили)	<i>P</i> — значение между группами
Ca ²⁺ (сывороточный) Норма: 2,3–2,8 ммоль/л	1,6 (1,5;1,7)	2,1 (1,5; 2,2)	2,4 (2,3; 2,4)	<i>P</i> ₁₋₂ , <i>P</i> ₁₋₃ , <i>P</i> ₂₋₃ <0,017
P ⁵⁺ (сывороточный) N: 0,7–1,6 моль/л	2,8 (2,6; 3,0)	1,95 (0,03)	1,5 (1,5; 1,5)	<i>P</i> ₁₋₂ , <i>P</i> ₁₋₃ , <i>P</i> ₂₋₃ <0,017
Hb (гемоглобин) N: 120–160 г/л	101,5 (0,8)	123,0 (101,3; 126,5)	129,0 (126,5; 131,5)	<i>P</i> ₁₋₂ , <i>P</i> ₁₋₃ , <i>P</i> ₂₋₃ <0,017
Ht (гематокрит) N: 0,361–0,443	0,305 (0,004)	0,375 (0,009)	0,403 (0,007)	<i>P</i> ₁₋₂ , <i>P</i> ₁₋₃ <0,017; <i>P</i> ₂₋₃ >0,017
β -2-микроглобулин N: 1,0–2,4 мг/л	18,2 (0,1)	9,8 (0,2)	2,1 (2,1; 2,2)	<i>P</i> ₁₋₂ , <i>P</i> ₁₋₃ , <i>P</i> ₂₋₃ <0,017
НУ (Индекс Хаунсфилда) N: 30–230 НУ для губчатой кости	19,1 (17,9; 21,9)	49,1 (0,9)	47,0 (42,0; 49,0)	<i>P</i> ₁₋₂ , <i>P</i> ₁₋₃ , <i>P</i> ₂₋₃ <0,017
1,25(OH)2D (витамин D ₃) N: 20–40 мкг	14,7 (12,9; 26,2)	36,7 (0,9)	63,5 (0,4)	<i>P</i> ₁₋₂ , <i>P</i> ₁₋₃ , <i>P</i> ₂₋₃ <0,017
ПТГ N: 9,5–117 пг/мл	608,5 (324,3; 638,8)	317,3 (12,7)	72,0 (65,5; 78,5)	<i>P</i> ₁₋₂ , <i>P</i> ₁₋₃ , <i>P</i> ₂₋₃ <0,017

Структура предоперационных диагнозов в группах исследования

Диагноз	I группа (ГД), <i>n</i> = 30	II группа (ТП), <i>n</i> = 15	III группа (без ХБП), <i>n</i> = 47
Диспластический коксартроз	2	0	7
Протрузионный коксартроз	8	1	4
Идиопатический коксартроз	1	6	16
Аваскулярные некрозы головки бедренной кости	5	7	11
Медиальный перелом шейки бедренной кости	5	1	5
Ложный сустав шейки бедренной кости	9	0	4

Коксартроз на фоне β -2-амилоидоза в I группе был у 17 пациентов, во II — у 5, в III группе не встречался.

Все операции выполнялись одними и теми же хирургической и анестезиологической бригадами в положении пациента на здоровом боку с использованием доступа Хардинга. В качестве анестезии в большинстве случаев применялась спинально-эпидуральная анестезия. Исключение составили пациенты, находившиеся на хроническом гемодиализе, которым дополнительно требовалась установка центрального венозного катетера, а в случаях возникновения интраоперационных осложнений приходилось переходить на эндотрахеальный наркоз с искусственной вентиляцией легких.

Статистический анализ

Описательная статистика применялась для измеряемых величин средним значением и ошибкой среднего арифметического согласовано с нормальным. Проверка нормальности проводилась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Если же выборочное распределение не было согласовано с нормальным, то указывалась медиана, 25-й и 75-й процентиля. Проверка гипотез о наличии эффекта или различия проводилась при помощи критерия Стьюдента (и его разновидности для выборок с разными дисперсиями, если таковые были обнаружены *F*-критерием Фишера) в случае нормальных сравниваемых распределений или критерия Манна–Уитни в противном случае. Проверка гипотез для зависимых выборок проводилась с помощью парного критерия Стьюдента для нормальных выборок и Вилкоксона для остальных. Описательная статистика для качественных данных представлялась долей присутствия каждого признака в группе. Сравнение групп проводилось с помощью точного критерия Фишера. Во всех случаях проверки гипотез между тремя группами критический уровень значимости, с учетом поправки Бонферрони, принимали равным 0,017.

Для поиска зависимости между количественными величинами использовался коэффициент

корреляции r_s Спирмена, поскольку в данной работе они не были согласованы с нормальным распределением.

Статистические расчеты выполнялись в программах Statistica 5.0 (Statsoft, США) и Cytel Studio 8 (Cytel, США).

Результаты

Оценка результатов производилась не ранее чем через год после выполнения первичного эндопротезирования тазобедренного сустава. Прежде всего, во всех группах исследования оценивались показатели функционального статуса по шкале Харриса, индекс социальной адаптации и зависимости от сторонней помощи по индексу Бартела. Также для определения изменений в структуре плотности костной ткани вокруг ацетабулярного и бедренного компонентов выполнялась МСКТ и оценивался в динамике индекс Хаунсфилда. Показатели изменений кальций-фосфорного обмена, выраженности анемии, дефицита витамина D_3 оценивались на основании анализа крови. Оценивали частоту и структуру осложнений после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава, особенно у пациентов с терминальной стадией ХБП.

Функциональные результаты по шкале Харриса и индексу социальной адаптированности Бартела приведены на рисунках 1 и 2.

Отмечается отсутствие статистически значимой разницы в результатах пациентов II и III групп исследования. Однако у пациентов, находившихся длительное время на гемодиализе, функциональные показатели по шкале Харриса, а также социальная адаптация, согласно индексу Бартела, после эндопротезирования тазобедренного сустава были значительно хуже, чем у пациентов II и III групп. Следует отметить, что у больных, получавших хронический гемодиализ, предоперационные показатели по шкалам

Харриса и Бартела были изначально ниже по сравнению с пациентами, перенесшими трансплантацию почки, и пациентами без признаков ХБП. В связи с этим мы рассчитали улучшение показателей в процентном отношении внутри каждой группы и не получили статистически значимых отличий между группами. Так, в группе I показатели улучшились на 19,55%; в группе II —

на 13,03%; в группе III — на 10,15% по сравнению с дооперационным уровнем. Можно сделать вывод, что наибольшая эффективность проведенных операций была достигнута среди больных, находившихся на хроническом гемодиализе. Во всех трех группах исследования удалось добиться удовлетворительных и хороших результатов в сравнении с предоперационными показателями.

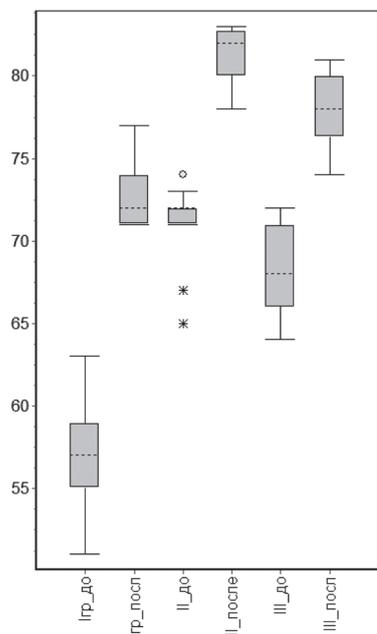


Рис. 1. Функциональная оценка по шкале Харриса до операции и через год после эндопротезирования

Fig. 1. Functional assessment on Harris score in preoperative period and in one year after hip replacement

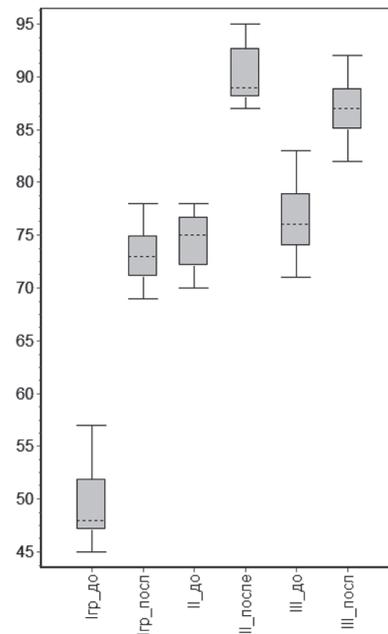


Рис. 2. Показатели социальной адаптации по индексу Бартела до операции и через год после эндопротезирования

Fig. 2. Social adaptation score on Barthel index prior to surgery and in one year after hip replacement

С учетом изменения кальций-фосфорного обмена и снижения минеральной плотности костной ткани среди всех исследованных пациентов в послеоперационном периоде назначались высокие дозы перорального применения активной формы витамина D₃ (400 МЕ/сут.) на период до 6 мес. В тех случаях, когда в предоперационном периоде уровень ПТГ был выше средневозрастной нормы более чем в 5–7 раз, пациентам выполнялась паратиреоидэктомия с целью нормализации показателей кальция и фосфора крови, а также купирования ренальной остеодистрофии.

Изучены частота и структура осложнений после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов трех групп, а также частота ревизионных вмешательств в зависимости от характера осложнений (табл. 4).

Наибольшее количество осложнений наблюдалось в I группе пациентов, находившихся на хроническом гемодиализе (66,7%). Самыми частыми

осложнениями в этой группе являлись интраоперационные кровотечения (23,3%), что связано с особенностями проведения процедуры гемодиализа, предполагающей введение больших доз антикоагулянтов. Необходимо отметить, что у 3 пациентов развились сразу несколько различных осложнений в течение одной госпитализации. Из 30 пациентов I группы 5 (16,7%) понадобилось выполнение ревизионных вмешательств различной степени сложности в зависимости от характера осложнения. При этом больные после трансплантации почки показали самые лучшие результаты как в частоте осложнений, так и в количестве ревизий. Скорее всего, это связано с небольшой выборкой пациентов (всего 15 человек). Кроме того, нормализация кальций-фосфорного обмена и улучшение минерализации костной ткани после трансплантации почки играет существенную роль в успешном исходе первичного эндопротезирования тазобедренного сустава.

Таблица 4

Структура осложнений после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава в группах исследования

Тип осложнений	I группа (ГД), n = 30		II группа (ТП), n = 15		III группа (без ХБП), n = 47	
	кол-во случаев	кол-во ревизий	кол-во случаев	кол-во ревизий	кол-во случаев	кол-во ревизий
Вывих	3 (10%)	2 (6,6%)	0	0	1 (2,1%)	0
Перипротезный перелом	5 (16,7%)	1 (3,3%)	0	0	3 (6,3%)	1 (2,1%)
Раннее асептическое расшатывание	1 (3,3%)	1 (3,3%)	0	0	1 (2,1%)	1 (2,1%)
Поверхностная инфекция	0	0	1 (6,7%)	0	1 (2,1%)	0
Глубокая перипротезная инфекция	2 (6,6%)	1 (3,3%)	0	0	0	0
Кровотечение	7 (23,3%)	0	0	0	0	0
Летальный исход	2 (6,6%)	0	0	0	0	0
В с е г о	20 (66,7%)	5 (16,7%)	1 (6,7%)	0 (0,0%)	6 (12,8%)	2 (4,3%)

Отмечено 2 (6,6%) летальных исхода у пациентов, получавших хронический гемодиализ, через год после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава. Причины летальных исходов не были связаны с операциями на тазобедренном суставе.

При более глубоком анализе, особенно в группе I, была обнаружена отрицательная корреляционная зависимость ($r_s = -0,75$, $p < 0,001$) между предоперационными показателями витамина D₃ в сыворотке крови и уровнем паратиреоидного гормона: снижение витамина D₃ приводит к повышению ПТГ. Затем был произведен расчет относительного риска с 95% доверительным интервалом. Таким образом, по нашим данным, относительный риск развития осложнений (RR) при дефиците витамина D₃ и повышении ПТГ у больных, находящихся на гемодиализе, по сравнению с больными, не страдающими заболеваниями почек, выше в 5,2 раза (нижняя граница 95% ДИ — 2,372, верхняя граница 95% ДИ — 11,495, чувствительность метода — 0,769, специфичность — 0,804).

При снижении 1,25-дигидроксивитамина D до уровня менее 30,0 нг/мл (нижняя граница нормы) происходит резорбция губчатой кости в проксимальном отделе бедренной кости и вертлужной впадине, а также миопатия ягодичных мышц, проявляющаяся в истончении миофибрилл и уменьшении эластичности мышечных волокон. Одновременно с этими патологическими процессами при резком увеличении уровня ПТГ (более 600 пг/мл) происходит угнетение пролиферации

и дифференцировки остеобластов, что в конечном итоге приводит к значительному снижению минерализации кости в области проксимального отдела бедренной кости. При этих изменениях существенно увеличивается риск получения перипротезного перелома, а также существенно снижается прочность фиксации компонента эндопротеза. Таким образом, по нашим данным, относительный риск развития осложнений при дефиците витамина D₃ и повышении ПТГ у больных, находящихся на гемодиализе, по сравнению с больными, не страдающими заболеваниями почек, выше в 5,2 раза (нижняя граница 95% ДИ — 2,372, верхняя граница 95% ДИ — 11,495).

В результате проведенного исследования был разработан алгоритм периоперационного ведения пациентов, получающих хронический гемодиализ (рис. 3). Согласно предложенному алгоритму, ключевым параметром, который необходимо оценивать в предоперационном периоде, является уровень ПТГ и 1,25-дигидроксивитамина D. При пятикратном увеличении ПТГ (>600 пг/мл) необходимо первым этапом выполнять паратиреоидэктомию, иначе увеличивается риск раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза тазобедренного сустава вне зависимости от способа их фиксации, а также риск возникновения перипротезного перелома. За минимальное пороговое значение уровня витамина D₃ принят показатель в 20 нг/мл. При снижении этого показателя до 20 нг/мл и менее происходят резорбтивные процессы

как в костной, так и в мышечной тканях, что также увеличивает риск послеоперационных осложнений. У пациентов, длительное время находящихся на гемодиализе, при низких значениях витамина D₃ в сыворотке крови и высоких показателях ПТГ наилучшие результаты эндопротезирования

отмечаются при цементной фиксации имплантатов. Однако при нормальных лабораторных показателях не только уровня витамина D₃ и ПТГ, но и кальция, фосфора, β-2-микроглобулина, возможна бесцементная фиксация ацетабулярного компонента.

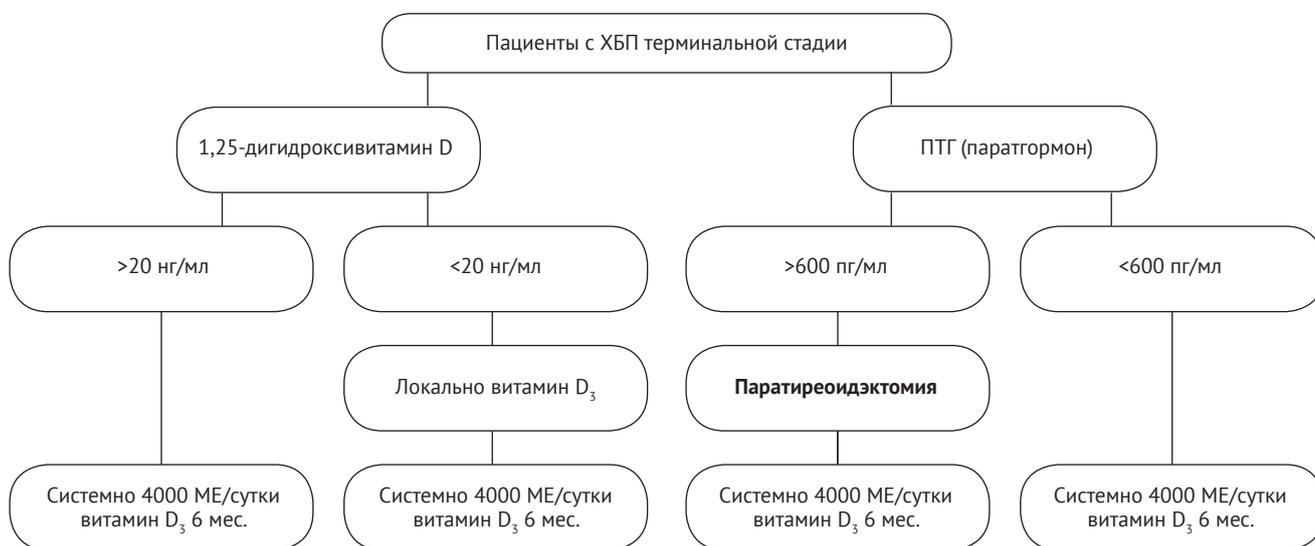


Рис. 3. Алгоритм периоперационного ведения пациентов, получающих хронический гемодиализ
Fig. 3. Algorithm of perioperative management of patients receiving chronic hemodialysis

Нами предложен способ локального применения активной формы витамина D₃ в комбинации с его пероральным приемом в течение 6 мес. после операции у пациентов, получающих хронический гемодиализ (патент РФ 2672370). Особенностью способа является интраоперационное введение в губчатую костную ткань раствора альфакальцидола в концентрации 50:1, а также дополнительное облучение ультрафиолетом интраоперационной раны, включая костную ткань, мышцы, фасцию, подкожно-жировую клетчатку и кожу, в течение 2 мин перед установкой эндопротеза. Этот способ позволяет снизить частоту таких осложнений, как перипротезные переломы и раннее асептическое расшатывание компонентов эндопротеза.

Важным аспектом предложенного алгоритма является длительное пероральное применение активной формы витамина D₃ (холекальциферола) в дозировке 4000 МЕ/сутки (что соответствует 2,5 мкг или 10 каплям водного раствора витамина D₃) в послеоперационном периоде (до 6 мес.) вне зависимости от дооперационных показателей ПТГ и 1,25-дигидроксивитамина D.

Обсуждение

Научных статей, посвященных проблеме эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией ХБП, не так много. Это связано с большим количеством неудовлетворительных результатов вне зависимости от применяемых имплантатов, их фиксации, комплаентности пациентов, опыта хирурга или оснащения клиники. К.Е. Ponnusamy с соавторами и Р.К. Savaugh с соавторами сообщают о крупных мультицентровых исследованиях результатов эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов (41 242 пациентов суммарно в обоих исследованиях) у больных с терминальной стадией ХБП [10, 11]. Полученные результаты сравнивали с результатами эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов у 978 378 больных обычной популяции. Все больные были сопоставимы по полу, возрасту, расовой принадлежности, длительности госпитализации. Средние сроки госпитализации были в 2 раза выше в группе больных, получавших гемодиализ. Количество гемотрансфузий было значительно больше ($p < 0,0001$)

среди пациентов с терминальной стадией ХБП (43,65%) по сравнению с больными обычной популяцией (26,48%). Инфекционные осложнения встречались в 4 раза чаще, а внутрибольничная летальность достигала 8,96% среди гемодиализных больных. В проведенном нами исследовании летальность составила 6,6% (2 пациента из I группы пациентов, получавших хронический гемодиализ), а средние сроки стационарного лечения — 19,5 койко-дней.

В работе J.R. Lieberman с соавторами частота различных осложнений после первичной артропластики тазобедренного сустава суммарно составила 38%, а частота ревизионных вмешательств, связанных как с асептической нестабильностью, так и с инфекциями — 19% [9].

В отечественной литературе опубликованы результаты первичной артропластики тазобедренного сустава у больных, находящихся на хроническом гемодиализе. Авторы приводят данные о 7,4% ревизионных оперативных вмешательствах, связанных с вывихами и асептическим расшатыванием ацетабулярных компонентов эндопротезов [23]. В нашем исследовании мы наблюдали 5 (16,7%) ортопедических осложнений, которые повлекли за собой ревизионные вмешательства.

При вторичном гиперпаратиреозе выполнение паратиреоидэктомии перед операциями на костно-суставной системе снижает риск миграции компонентов эндопротеза, перипротезных переломов и улучшает минеральную плотность костной ткани. В работе L. Rolighed с соавторами значимо улучшались показатели BMD (bone mineral density) предплечья, позвоночника и проксимального отдела бедренной кости через 2,5 года после паратиреоидэктомии [24]. В исследовании H.W. Chan с соавторами из 13 гемодиализных пациентов, которым была выполнена тотальная паратиреоидэктомия по поводу вторичного гиперпаратиреоза, ни у одного из них не было выявлено переломов кости в средние сроки наблюдения 37,7 мес. [25]. В нашем исследовании рассчитан относительный риск развития осложнений с 95% ДИ при повышении уровня ПТГ и снижении витамина D₃ в сыворотке крови. Так, у пациентов, получающих хронический гемодиализ, относительный риск развития послеоперационных осложнений составил 5,2%.

В нашем исследовании результаты первичного эндопротезирования у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе (группа I), были значительно хуже по шкале Харриса и индексу социальной адаптации Бартела, чем у пациентов после трансплантации почки и больных без признаков ХБП, но страдающих остеопорозом. Однако суммарный процент улучшения этих показателей в динамике, по сравнению с предоперацион-

ным уровнем, был выше у пациентов I группы. Первичное эндопротезирование тазобедренного сустава у больных после трансплантации почки не имеет особенностей и по среднесрочным результатам не отличается от результатов у пациентов без признаков ХБП, но имеющих признаки сенильного остеопороза.

Ограничение исследования: малый объем выборки не позволил оценить частоту осложнений среди пациентов.

Согласно предложенному нами алгоритму, ключевыми параметрами, которые необходимо оценивать в предоперационном периоде, являются уровень паратгормона (ПТГ) и 1,25-дигидроксивитамина D. При пятикратном увеличении ПТГ (>600 пг/мл) необходимо первым этапом выполнять паратиреоидэктомию для снижения риска раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза тазобедренного сустава и развития перипротезного перелома.

Необходимо дальнейшее изучение результатов первичного, а также ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией ХБП с целью разработки новых алгоритмов периоперационного ведения этих больных для снижения частоты осложнений, летальности и сроков стационарного лечения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Цед А.Н. — разработка дизайна исследования, сбор и обработка материала, литературный обзор публикаций по теме статьи и написание текста рукописи, а также этапное и заключительное редактирование рукописи.

Дулаев А.К. — анализ полученных результатов, утверждение окончательного текста статьи.

Муштин Н.Е. — статистическая обработка полученного материала, литературный обзор публикаций по теме статьи, редактирование.

Ильющенко К.Г. — литературный обзор публикаций по теме статьи.

Шмелев А.В. — литературный обзор публикаций по теме статьи.

Литература [References]

1. Moe S., Drüeke T., Cunningham J., Goodman W., Martin K., Olgaard K. et al. Definition, evaluation, and classification of renal osteodystrophy: A position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney Int.* 2006;69(11):1945-1953. DOI: 10.1038/sj.ki.5000414.
2. Dember L.M., Jaber B.L. Dialysis-related amyloidosis: late finding or hidden epidemic? *Semin Dial.* 2006;19(2):105-109. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2006.00134.x.

3. Jadoul M. Dialysis-related amyloidosis: importance of biocompatibility and age. *Nephrol Dial Transplant*. 1998;13 Suppl 7:61-64. DOI: 10.1093/ndt/13.suppl_7.61.
4. Bucci J.R., Oglesby R.J., Agodoa L.Y., Abbot K.C. Hospitalizations for total hip arthroplasty after renal transplantation in the United States. *Am J Transplant*. 2002;2:999-1004.
5. Murphey M.D., Sartoris D.J., Quale J.L., Pathria M.N., Martin N.L. Musculoskeletal manifestations of chronic renal insufficiency. *Radiographics*. 1993;13(2):357-379. DOI: 10.1148/radiographics.13.2.8460225.
6. Fukunishi S., Yoh K., Yoshiya S. Bone graft for large bone cysts of the femoral neck in patients on hemodialysis. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;461:175-179.
7. Nagoya S., Nagao M., Takada J., Kuwabara H., Kaya M., Yamashita T. Efficacy of cementless total hip arthroplasty in patients on long-term hemodialysis. *J Arthroplasty*. 2005;20(1):66-71.
8. Дулаев А.К., Цед А.Н., Фильченко И.А., Муштин Н.Е. Особенности влияния различных форм витамина D на костно-суставную систему. *Ученые записки Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова*. 2018;25(2):19-31. DOI: 10.24884/1607-4181-2018-25-2-19-31. Dulaev A.K., Tsed A.N., Filchenko I.A., Mushtin N.E. [Features of the effect of various forms of vitamin D on the bone and joint system]. *Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta im. akad. I.P. Pavlova* [The Scientific Notes of the Pavlov University]. 2018;25(2):19-31. DOI: 10.24884/1607-4181-2018-25-2-19-31. (In Russian).
9. Lieberman J.R., Fuchs M.D., Haas S.B., Garvin K.L., Goldstock L., Gupta R. et al. Hip arthroplasty in patients with chronic renal failure. *J Arthroplasty*. 1995;10(2):191-195.
10. Ponnusamy K.E., Jain A., Thakkar S.C., Sterling R.S., Skolasky R.L., Khanuja H.S. Inpatient mortality and morbidity for dialysis-dependent patients undergoing primary total hip or knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(16):1326-1332. DOI: 10.2106/JBJS.N.01301.
11. Cavanaugh P.K., Chen A.F., Rasouli M.R., Post Z.D., Orozco F.R., Ong A.C. Complications and mortality in chronic renal failure patients undergoing total joint arthroplasty: a comparison between dialysis and renal transplant patients. *J Arthroplasty*. 2016;31(2):465-472. DOI: 10.1016/j.arth.2015.09.003.
12. Цед А.Н., Дулаев А.К. Первичное эндопротезирование тазобедренного сустава у больных стерминальной стадией хронической болезни почек (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):146-153. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-146-153. Tsed A.N., Dulaev A.K. [Primary hip arthroplasty in patients with end-stage of chronic kidney disease (literature review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):146-153. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-146-153.
13. Molino D., De Lucia D., Gaspare De Santo N. Coagulation disorders in uremia. *Semin Nephrol*. 2006;26(1):46-51. DOI: 10.1016/j.semnephrol.2005.06.011.
14. Anderson R.J., O'Brien M., MaWhinney S., VillaNueva C.B., Moritz T.E. et al. Renal failure predisposes patients to adverse outcome after coronary artery bypass surgery. VA Cooperative Study #5. *Kidney Int*. 1999;55(3):1057-1062.
15. Mathew A., Devereaux P.J., O'Hare A., Tonelli M., Thiessen-Philbrook H., Nevis I.F. et al. Chronic kidney disease and postoperative mortality: a systematic review and meta-analysis. *Kidney Int*. 2008;73(9):1069-1081. DOI: 10.1038/KI.2008.29.
16. Sakalkale D.P., Hozack W.J., Rothman R.H. Total hip arthroplasty in patients on long-term renal dialysis. *J Arthroplasty*. 1999;14(5):571-575.
17. García-Ramiro S., Cofán F., Esteban P.L., Riba J., Gallart X., Oppenheimer F. et al. Total hip arthroplasty in hemodialysis and renal transplant patients. *Hip Int*. 2008;18(1):51-57.
18. Lim B.H., Lim S.J., Moon Y.W., Park Y.S. Cementless total hip arthroplasty in renal transplant patients. *Hip Int*. 2012;22(5):516-520. DOI: 10.5301/HIP.2012.9471.
19. Wind T.C., Barfield W.R., Moskal J.T. The effect of tranexamic acid on blood loss and transfusion rate in primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2013;28(7):1080-1083. DOI: 10.1016/j.arth.2012.11.016.
20. Дулаев А.К., Цед А.Н., Муштин Н.Е. Применение транексамовой кислоты при эндопротезировании тазобедренного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 2018;177(4):47-51. DOI: 10.24884/0042-4625-2018-177-4-47-51. Dulaev A.K., Tsed A.N., Mushtin N.E. [The use of tranexamic acid for total hip arthroplasty in chronic hemodialysis patients]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova* [Grekov's Bulletin of Surgery]. 2018;177(4):47-51. (In Russian). DOI: 10.24884/0042-4625-2018-177-4-47-51.
21. Maiz H.B., Abderrahim E., Zouaghi K. Anemia and end-stage renal disease in the developing world. *Artif Organs*. 2002;26(9):760-764.
22. Lasocki S., Krauspe R., von Heymann C. The prevalence of perioperative anaemia and need for patient blood management in elective orthopaedic surgery: a multicentre, observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2015;32(3):60-167. DOI: 10.1097/EJA.000000000000202.
23. Неверов В.А., Климов А.В., Раед С. Отдаленные результаты эндопротезирования тазобедренного сустава у больных с хронической почечной недостаточностью. *Травматология и ортопедия России*. 2006;(2):214-215. Neverov V.A., Klimov A.V., Raed S. [Long-term results of hip arthroplasty in patients with chronic renal failure]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2006;(2):214-215.
24. Rolighed L., Rejnmark L., Christiansen P. Bone involvement in primary hyperparathyroidism and changes after parathyroidectomy. *Eur Endocrinol*. 2014;10(1):84-87. DOI: 10.117925/EE.2014.10.01.84.
25. Chan H.W., Chu K.H., Fung S.K., Tang H.L., Lee W., Cheuk A. et al. Prospective study on dialysis patients after total parathyroidectomy without autoimplant. *Nephrology (Carlton)*. 2010;15(4):441-447. DOI: 10.1111/j.1440-1797.2009.01257.x.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Цед Александр Николаевич — канд. мед. наук, доцент, руководитель 2-го травматолого-ортопедического отделения НИИ хирургии и неотложной медицины, ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Дулаев Александр Кайсинович — д-р мед. наук, профессор, руководитель отдела травматологии, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Муштин Никита Евгеньевич — ассистент кафедры травматологии и ортопедии, врач травматолог-ортопед 2-го травматолого-ортопедического отделения НИИ хирургии и неотложной медицины, ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Ильющенко Константин Георгиевич — врач травматолог-ортопед 2-го травматолого-ортопедического отделения НИИ хирургии и неотложной медицины, ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Шмелев Антон Владимирович — врач травматолог-ортопед 2-го травматолого-ортопедического отделения НИИ хирургии и неотложной медицины, ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Alexander N. Tsed — Cand. Sci. (Med.), assistant professor, the head of Department of Traumatology and Orthopedics, Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Alexander K. Dulaev — Dr. Sci. (Med.), professor, the head of Department of Traumatology and Orthopedics, Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Nikita E. Mushtin — lecturer, Department of Traumatology and Orthopedics; orthopedic surgeon, Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Konstantin G. Iliushchenko — orthopedic surgeon, Department of Traumatology and Orthopedics, Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Anton V. Shmelev — orthopedic surgeon, Department of Traumatology and Orthopedics, Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Комментарий к статье «Среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек»

В.Ю. Мурылев^{1,2}, Г.Л. Сорокина²

¹ ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия

² ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

Comment to the Article „Mid-Term Outcomes of Primary Hip Replacement in Patients with End-Stage Chronic Renal Disease“

V.Yu. Murylev^{1,2}, G.L. Sorokina²

¹ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

² Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

В статье А.Н. Цеда с соавторами предпринята попытка систематизировать пациентов с хронической болезнью почек (ХБП), сравнить группы и сформировать алгоритм их лечения и выбора типа эндопротеза. Авторами проделана большая клиническая и научная работа. Анализируемый контингент пациентов — очень сложный как для оценки, так и для лечения, особенно с терминальной стадией заболевания. Касаясь даже обычных биохимических анализов, встает вопрос: а когда их правильно делать — до диализа или после? Необходимо указывать на связь с процедурой диализа, т.к. в процессе него неизбежно создаются перепады уровня кальция в крови. Соответственно, и уровень паратиреоидного гормона (ПТГ) тоже должен меняться.

• Комментарий к статье

Цед А.Н., Дулаев А.К., Муштин Н.Е., Ильющенко К.Г., Шмелев А.В. Среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):44-54. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-44-54.

Об уровне костного метаболизма можно судить по биохимическим маркерам, определяемым в сыворотке крови и моче. К маркерам формирования костной ткани относятся костный изофермент щелочной фосфатазы, остеокальцин, С-концевой пептид коллагена I типа. Основные биохимические показатели, характеризующие резорбцию костной ткани, включают экскрецию кальция с мочой, N-концевой пептид коллагена I типа, пиридиновые связи коллагена. В рекомендациях KDIGO это пункт 2.3.1: для оценки состояния костной ткани у пациентов с ХБП 3–5D стадий следует учитывать уровни и ПТГ, и щелочной фосфатазы (ЩФ) (или костно-специфической фракции) (2B). В качестве дополнительных критериев могут быть использованы результаты определения в крови уровней остеокальцина и N-концевых фрагментов телопептида коллагена I типа (2C) [1]. Авторы же вообще никак не учитывают показатели ЩФ.

Определения «амилоидная костная болезнь» отдельно как термин не существует. Есть ссылки на костную патологию, ассоциированную

☞ Мурылев В.Ю., Сорокина Г.Л. Комментарий к статье «Среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):55-58. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-55-58.

Cite as: Murylev V.Yu., Sorokina G.L. [Comment to the Article „Mid-Term Outcomes of Primary Hip Replacement in Patients with End-Stage Chronic Renal Disease“]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):55-58. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-55-58.

✉ Валерий Юрьевич Мурылев / Valery Yu. Murylev; e-mail: nmuril@yandex.ru

с β 2-микроглобулиновым амилоидозом, но конкретно термин «амилоидная костная болезнь» нигде не встречается.

В зависимости от метаболизма костной ткани различают фиброзный остеит, остеомалацию, адинамическую болезнь почек и смешанные нарушения. В практике упрощенно выделяют два вида нарушений: с высоким (фиброзный остеит) и низким обменом (адинамические нарушения, остеомалация). В основе этих нарушений лежит различная регулирующая концентрация ПТГ, активность остеокластов/остеобластов и костной ЩФ. Повышенный уровень ПТГ стимулирует остеобласты, обеспечивая возрастание активности обмена в костной ткани и формируя фиброзно-костозный остеит. Высокий уровень обмена в костях приводит к образованию неупорядоченного остеоида, фиброзу и образованию кист, в результате чего истончается кортикальная кость, снижается прочность кости и повышается риск переломов [2]. Этот вид костно-минеральных нарушений сейчас встречается реже ввиду активной сопроводительной терапии витамином D.

Адинамические нарушения и остеомалация характеризуются снижением костного обмена или ремоделирования с уменьшенным числом остеокластов и остеобластов, а также подавлением остеобластной активности. При остеомалации наблюдается накопление неминерализованного костного матрикса, то есть увеличение объема остеоида, что может вызываться дефицитом витамина D или накоплением алюминия. Адинамическая остеоидистрофия характеризуется снижением объема кости и ее минерализации и может быть вызвана накоплением алюминия или избыточным подавлением секреции ПТГ при помощи кальцитриола. Нередко адинамические нарушения возникают при передозировке кальциевых фосфатных биндеров и витамина D.

Авторами для определения изменений минеральной плотности костной ткани выполнялась мультиспиральная компьютерная томография тазобедренных суставов, по результатам которой оценивалось среднее значение индекса Хаунсфилда (HU), полученное из пяти различных точек. Но в сложной диагностике костно-минеральных нарушений при ХБП 3–5D стадий считается целесообразным выполнять биопсию кости при необъяснимых переломах, стойких болях в костях, необъяснимой гиперкальциемии или гипофосфатемии, возможной алюминиевой интоксикации, а также перед началом лечения бисфосфонатами у пациентов с ХБП-МКН (уровень доказательности не классифицирован). У пациентов с ХБП 3–5D стадий с признаками ХБП-МКН предлагается не проводить рутинное тестирование минеральной плотности кости (МПК), так как у них,

в отличие от общей популяции, МПК не предсказывает риск переломов и почечной остеоидистрофии (2B). У пациентов с ХБП 3–5D стадий предлагается измерять ПТГ сыворотки или костно-специфической ЩФ для оценки заболевания кости, поскольку заметно повышенные или сниженные их значения предсказывают лежащий в основе костный обмен [2].

Особые сложности возникают при оценке и коррекции гиперпаратиреоза. Авторы несколько путаются между вторичным и третичным гиперпаратиреозом. Третичный гиперпаратиреоз — это возникновение гиперкальциемии в результате автономного избыточного выделения ПТГ у больных с вторичным гиперпаратиреозом. Основная причина — неэффективное лечение вторичного гиперпаратиреоза, что приводит к длительной стимуляции секреции ПТГ клетками парашитовидных желез и их гиперплазии. Третичный гиперпаратиреоз возникает чаще всего у пациентов с ХБП, находящихся на гемодиализе. После успешной трансплантации почки необходимо принимать во внимание повышенную секрецию ПТГ гипертрофированными парашитовидными железами (спонтанное излечение у 90% больных через несколько месяцев после трансплантации или в течение более длительного времени). Поэтому диализный больной, которому планируется пересадка почечного трансплантата, крайне осторожно должен подвергаться операции по удалению парашитовидных желез [6]. Паратиреоидэктомия при третичном гиперпаратиреозе часто приводит к адинамической болезни кости.

В 2002 г. рабочей группой Национального института здоровья США были пересмотрены рекомендации 1990 г. по оперативному лечению больных гиперпаратиреозом с отсутствием симптомов. Обновленные показания к операции в таких случаях включают: уровень кальция в сыворотке, превышающий норму более чем на 1 мг%; суточную экскрецию кальция с мочой >400 мг; снижение клиренса креатинина более чем на 30%; снижение плотности костной ткани более чем на 2,5 стандартных отклонения от возрастной нормы; возраст менее 50 лет; невозможность длительного наблюдения. Показаниями к паратиреоидэктомии при ВГПТ считаются (рекомендации ERA/EDTA 2000):

1. Уровень ПТГ более 800 пг/мл при наличии стойкой гиперкальциемии и гиперфосфатемии, резистентных к консервативной терапии.

2. Прогрессирующая эктопическая кальцификация или кальцифилаксия (ишемические некрозы кожи или мягких тканей, вызванные кальцификацией сосудов), обычно сопровождающиеся гиперфосфатемией, рефрактерной к фосфат-связывающим препаратам.

3. Наличие биомеханических проблем (прогрессирующая костная патология, в том числе сильные боли в костях; патологические переломы, подтвержденные рентгенологически и гистологически).

4. Инструментальное выявление значительно увеличенных паращитовидных желез (более 1 см в любом сечении).

Обратим внимание на цитату: «При снижении 1,25-дигидроксивитамина D менее 20,0 мкг (нижняя граница нормы) происходят резорбция губчатой кости в проксимальном отделе бедра и вертлужной впадины, а также миопатия ягодичных мышц, проявляющаяся в истончении миофибрилл и уменьшении эластичности мышечных волокон. Одновременно с этими патологическими процессами при резком увеличении уровня паратгормона (более 600 пг/мл) происходит угнетение пролиферации и дифференцировки остеобластов, что в конечном итоге приводит к значительному снижению минерализации кости в области проксимального отдела бедра». В данном случае смешиваются понятия остеомалации, остеопороза и адинамической болезни. Все время делается акцент на дефицит витамина D, но при этом происходит не резорбция, а не происходит кальцификация! Остеомалация (при ХБП, гемодиализе) проявляется так:

- нарушение минерализации,
- резкое замедление ремоделирования костной ткани,
- интенсивные оссалгии,
- частые патологические переломы,
- поражение ЦНС (вплоть до диализной деменции и угнетения кроветворения).

Авторы пишут: «...способ локального применения активной формы витамина D₃ в комбинации с его пероральным приемом в течение 6 мес. после операции». О какой активной форме идет речь, не совсем понятно.

В исследовании проводилось дополнительное облучение ультрафиолетом интраоперационной раны. Есть ли доказательства того, что холекальциферол образуется быстро и именно от этого? Может быть, основная цель — профилактика гнойных осложнений? По данным литературы, образующийся в коже под воздействием ультрафиолетовых лучей холекальциферол подвергается двухкратному гидроксилрованию: в печени, где образуется кальцидиол, и в почках, где образуется биологически активный витамин D₃ — кальцитриол. Однако у пациентов с ХБП 3–4 стадий в различные сроки развивается сначала функциональный, а затем абсолютный дефицит витамина D₃ (кальцидиола и затем кальцитриола) за счет уменьшения массы функционирующей паренхимы, продуцирующей 1- α -гидроксилазу, что делает невозможным второе гидроксилрование. Таким

образом, воздействием ультрафиолетовых лучей компенсировать недостаток витамина у пациентов с ХБП, скорее всего, невозможно [3]. Насколько, по мнению авторов, эффективно облучение подкожно-жировой клетчатки и костей с целью образования витамина D, если образование холекальциферола происходит в эпидермисе [4]?

Далее авторы рекомендуют 400 МЕ в сутки, но не указывают, чего конкретно. Есть научные рекомендации назначать лицам старше 50 лет не менее 800–1000 МЕ витамина D в сутки для профилактики его дефицита (уровень доказательности В1) При заболеваниях/состояниях, сопровождающихся нарушением всасывания/метаболизма витамина D, рекомендуется прием витамина D в дозах, в 2–3 раза превышающих суточную потребность возрастной группы (уровень доказательности В1) [5].

Авторы пишут: «...в тех случаях, когда в предоперационном периоде уровень паратиреоидного гормона был выше средневозрастной нормы более чем в 5–7 раз, пациентам выполнялась паратиреоидэктомия с целью нормализации показателей кальция и фосфора крови, а также купирования ренальной остеодистрофии». В связи с отсутствием доказательной базы оптимальных значений уровня интактного паратиреоидного гормона (иПТГ) на додиализных стадиях ХБП предлагаем придерживаться международной рекомендации целевых показателей ПТГ (KDOQI) [6]. У пациентов с ХБП 5D стадии следует поддерживать оптимальный уровень иПТГ примерно в интервале двух-четырёхкратного превышения верхней границы нормы для данного метода (150–300 пг/мл) и допустимый уровень иПТГ примерно в интервале двух-девятикратного превышения верхней границы нормы (130–600 пг/мл) [6, 7].

Авторам в статье не удалось оценить состояние костной ткани. Индекс Хаунсфилда — исследование глубокое, но «золотым стандартом» пока является денситометрия. И это при остеопорозе. В статье слово «osteoporosis» встречается 3 раза и относится только к третьей группе. Также авторы не учитывают и влияние иммуносупрессивной терапии в группе больных с пересаженной почкой. Там уже присутствует не только дефицит витамина D с остеомалацией, но и остеопороз.

Еще одним очень важным моментом является качество диализатов. При использовании диализатов низкого качества кость пациента может «таять» на глазах. В статье об этом ни слова. А момент очень тонкий — ведь от ортопеда он не зависит совсем. Необходимо очень плотное взаимодействие со специалистами гемодиализа, иначе все наши усилия будут напрасны.

Авторы провели большую работу со сложным контингентом пациентов, которые требуют меж-

дисциплинарного подхода. Лечение и обследование таких больных возможно только в многопрофильном стационаре. Каждый пациент в чем-то индивидуален. Но есть национальные и международные рекомендации, которым необходимо следовать, и это поможет более логично и полноценно получить и обработать результаты исследования.

По нашему мнению, авторам пока не удалось создать алгоритм действия на основе доказательной базы.

Литература [References]

1. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int Suppl.* 2013;3(Issue 1):S1-150. DOI: 10.1038/kisup.2012.48.
2. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD-MBD Work Group. KDIGO clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, prevention, and treatment of Chronic Kidney Disease-Mineral and Bone Disorder (CKD-MBD). *Kidney Int Suppl.* 2009;(113):S1-130. DOI: 10.1038/ki.2009.188.3.
3. Иванов Д.Д. Фосфорно-кальциевый обмен при ХБП. В кн.: Лекции по нефрологии. Диабетическая болезнь почек. Гипертензивная нефропатия. Хроническая почечная недостаточность. Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2010. С. 40-58.
Ivanov D.D. Fosforno-kal'tsievyy obmen pri KhBP [Phosphorus-calcium metabolism in CKD]. In: *Lektsii po nefrologii. Diabeticheskaya bolezni' pochk. Gipertenzivnaya nefropatiya. Khronicheskaya pochechnaya nedostatochnost'* [Lectures on nephrology. Diabetic kidney disease. Hypertensive nephropathy. Chronic renal failure]. Donetsk: Publisher Zaslavsky A.Yu., 2010. pp. 40-58. (In Russian).
4. Fraser D.R. Physiology of vitamin D and calcium homeostasis. In: Rickets, ed. by Francis H. Glorieux, Nestlé Nutrition Workshop Series. Vevey, Switzerland : Nestlé Nutrition ; New York : Raven Press, 1991. pp. 23-34. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/7f41/1d07ba11c2abcb2aac39eda428f82f17c86e.pdf>.
5. Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Белая Ж.Е., Дзеранова Л.К., Каронова Т.Л., Ильин Л.В. и др. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых. *Проблемы эндокринологии.* 2016;62(4): 60-84. DOI: 10.14341/probl201662460-84.
Pigarova E.A., Rozhinskaya L.Y., Belaya J.E., Dzeranova L.K., Karonova T.L., Ilyin A.V. et al. [Russian Association of Endocrinologists recommendations for diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults]. *Problemy endocrinologii* [Problems of Endocrinology]. 2016;62(4):60-84. (In Russian). DOI: 10.14341/probl201662460-84.
6. National Kidney Foundation. KDOQI Clinical Practice Guidelines for Bone Metabolism and Disease in Chronic Kidney Disease. *Am J Kidney Dis.* 2003;42(Suppl. 3) :S1-202.
7. Михайличенко В.Ю., Каракурсаков Н.Э., Мирошник К.А., Шестопалов Д.В., Говорунов И.В. Хирургические аспекты лечения вторичного и третичного гиперпаратиреоза. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2015;(12, часть 10):1800-1804. Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8385>.
Mikhailichenko V.Y., Karakursakov N.E., Miroshnik K.A., Shestopalov D.V., Govorunov I.V. [Surgical aspects of the treatment of secondary and tertiary hyperparathyroidism]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Researches]. 2015;(12, part 10):1801-1804. (In Russian). Available from: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8385>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Валерий Юрьевич Мурылев — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России; заведующий Московским городским центром эндопротезирования на базе ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва

Сорокина Галина Леонидовна — врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Valery Yu. Murylev — Dr. Sci. (Med.), professor of Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University; head of Moscow Arthroplasty Centre, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Galina L. Sorokina – orthopedic surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Сравнение эффективности применения стержней из нитинола и титановых стержней при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового отдела

С.В. Колесов¹, А.И. Казьмин¹, В.В. Швец¹, А.О. Гуща², Е.Н. Полторако²,
И.В. Басанкин³, А.Е. Кривошеин⁴, К.М. Бухтин¹, А.А. Пантелеев¹, М.Л. Сажнев¹,
В.С. Переверзев¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

² ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия

³ ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. проф. С.В. Очаповского Минздрава Краснодарского края, г. Краснодар, Россия

⁴ ГБОУ ВПО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Омск, Россия

Реферат

Актуальность. Хирургическая декомпрессия и декомпрессия со стабилизацией чрезвычайно эффективны при лечении стеноза позвоночного канала на уровне поясничного отдела. Однако развивающиеся осложнения на фоне применения жестких стабилизирующих систем привели к активному внедрению динамических имплантатов. **Цель исследования** — сравнить эффективность применения стержней из нитинола и титановых стержней при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового отдела. **Материал и методы.** 220 пациентов, которые получили хирургическое лечение в 4 лечебных учреждениях, были рандомизированы в две группы по 110 человек (соотношение 1:1). Первую группу составили пациенты, которым проводилась стабилизация позвоночно-двигательных сегментов стержнями из нитинола с необходимым объемом декомпрессии на уровне операции. Во вторую группу вошли пациенты, которым выполнялась стабилизация позвоночно-двигательных сегментов стандартными стержнями из титана с необходимым объемом декомпрессии на уровне вмешательства. Пациенты имели клинически значимые стенозы позвоночного канала в одном или двух смежных сегментах: от L3 до S1. Результаты оценивали по ВАШ для спины и нижних конечностей, по шкалам ODI и SF-36 в течение трех лет после операции. **Результаты.** По всем шкалам было отмечено улучшение в обеих группах пациентов в виде значительного снижения болевого синдрома, улучшения психологического и физического здоровья. При рентгенологическом обследовании у всех пациентов на протяжении исследования отмечено восстановление лордоза поясничного отдела позвоночника. В группе пациентов с динамическими стержнями реже развивались осложнения, связанные с металлофиксаторами, в том числе болезнь смежного сегмента. **Заключение.** Транспедикулярная фиксация пояснично-крестцового отдела позвоночника с использованием нитиноловых стержней является эффективной технологией, позволяющей сохранить движения в сочетании со стабильной фиксацией.

Ключевые слова: дегенеративные заболевания позвоночника, стеноз позвоночного канала, динамические стержни из нитинола, динамическая стабилизация, болезнь смежного сегмента.

Колесов С.В., Казьмин А.И., Швец В.В., Гуща А.О., Полторако Е.Н., Басанкин И.В., Кривошеин А.Е., Бухтин К.М., Пантелеев А.А., Сажнев М.Л., Переверзев В.С. Сравнение эффективности применения стержней из нитинола и титановых стержней при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового отдела. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):59-70. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-59-70.

Cite as: Kolesov S.V., Kazmin A.I., Shvets V.V., Gushcha A.O., Poltorako E.N., Basankin I.V., Krivoshein A.E., Bukhtin K.M., Panteleev A.A., Sazhnev M.L., Pereverzev V.S. [Comparison of Nitinol and Titanium Nails Effectiveness for Lumbosacral Spine Fixation in Surgical Treatment of Degenerative Spine Diseases]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):59-70. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-59-70.

Казьмин Аркадий Иванович / Arkady I. Kazmin; e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 11.01.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 18.04.2019.

Comparison of Nitinol and Titanium Nails Effectiveness for Lumbosacral Spine Fixation in Surgical Treatment of Degenerative Spine Diseases

S.V. Kolesov¹, A.I. Kazmin¹, V.V. Shvets¹, A.O. Gushcha², E.N. Poltorako², I.V. Basankin³, A.E. Krivoshein⁴, K.M. Bukhtin¹, A.A. Panteleev¹, M.L. Sazhnev¹, V.S. Pereverzev¹

¹ Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

² Research Center of Neurology, Moscow, Russian Federation

³ Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, Krasnodar, Russian Federation

⁴ Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

Abstract

Relevance. Surgical decompression and decompression with stabilization are highly effective for treatment of spinal canal stenosis at the level of lumbar spine. However, complications developing after application of rigid fixation systems resulted in active introduction of dynamic implants into clinical practice. **Purpose of the study** – to compare effectiveness of nitinol and titanium nails for lumbosacral fixation in surgical treatment of degenerative spine diseases. **Materials and methods.** 220 patients who underwent surgeries in 4 hospitals were randomized into two groups, each consisting of 110 patients (1:1 ratio): a group of patients who underwent stabilization of the vertebral motor segments with rods of nitinol with the required volume of decompression at the operation level and a group of patients who underwent stabilization of the vertebral motor segments with standard rods of titanium with the required volume of decompression at the intervention level. Patients suffered clinically significant spinal canal stenosis in one or two adjacent segments: from L3 to S1. Outcomes were evaluated during three years postoperatively by VAS scale for spine and lower limbs, and by ODI and SF-36 scales. **Results.** All scales demonstrated better values in both groups of patients, namely, significant decrease of pain syndrome and improvement in mental and physical health. X-ray examination of all patients during the study period demonstrated restoration of lumbar lordosis. Group of patients with dynamic nails featured less complications rate related to metal implants including adjacent segment disease. **Conclusion.** Transpedicular fixation of lumbosacral spine by nitinol nails is an effective technique allowing to preserve motion along with stable fixation.

Keywords: degenerative spine diseases, spinal canal stenosis, nitinol dynamic nails, dynamic stabilization, adjacent segment disease.

Введение

Дегенеративные заболевания позвоночника, в том числе сопровождающиеся хроническим болевым синдромом, представляют сложную проблему, требующую многодисциплинарного и мультимодального лечения [1]. Пациенты с данной патологией обычно страдают болями в пояснице и болью и/или слабостью в нижних конечностях. Это состояние серьезно ограничивает функцию, способность ходить и снижает качество жизни. Поясничная стеноз позвоночника является наиболее распространенным показанием к операции в спинальной хирургии [2, 3]. Имеются исследования (в т. ч. SPORT — Spine Patient Outcomes Research Trial), демонстрирующие явное превосходство декомпрессии по сравнению с консервативным лечением через 4 года наблюдений и подтверждающие важность и экономическую эффективность этой наиболее часто выполняемой спинальной операции у больных с патологией позвоночника [4, 5].

В течение последних 50 лет выполнение декомпрессивных операций являлось стандартом лечения пациентов со спинальным стенозом, который, являясь дегенеративным заболеванием, обычно рассматривается как часть процесса старения с прогрессирующей и изнурительной симптоматикой, ведущей к значительному снижению социальной адаптации [6].

Несмотря на выраженную клиническую эффективность, декомпрессивная хирургия не останавливает прогрессирование заболевания, а лишь направлена на устранение клинических симптомов. Даже после выполненного хирургического вмешательства со временем может снижаться качество жизни, а прогрессирование заболевания может вызвать рецидив симптомов [7]. В ряде последних исследований выяснилось, что ни изолированная декомпрессия, ни декомпрессия со спондилодезом не могут адекватно влиять на течение процесса спинального стеноза [8–11]. Среди спинальных хирургов не утихают споры

о том, достаточно ли простой микрохирургической декомпрессии, чтобы облегчить симптомы в долгосрочной перспективе в сравнении с выполнением заднего спондилодеза [12, 13].

Активное внедрение металлофиксаторов привело к значительному увеличению числа хирургических вмешательств с фиксацией оперируемого сегмента, проводимых после процедур декомпрессии, и вызвало некоторую озабоченность по поводу чрезмерного использования этой технологии для стабилизации дегенеративных сегментов позвоночника [8], поскольку транспедикулярная фиксация обладает осложнениями, такими как болезнь смежного сегмента, развитие псевдоартроза, нестабильность металлоконструкции [14, 15]. Также стоит отметить, что формирование костного блока негативно влияет на мышечную ткань, вызывая атрофию и снижение мышечной силы. Эти изменения, так называемая дисфункция параспинальных мышц, могут вызывать острую и хроническую боль в пояснице и дегенеративный спондилолистез [16, 17]. Дегенерация смежного сегмента (ASD — ускоренный дегенеративный процесс) является серьезным осложнением, требующим высоких экономических затрат [18]. Внедрение новых технологий позволило развить такое направление, как динамическая стабилизация.

Цель исследования — сравнить эффективность применения стержней из нитинола и титановых стержней при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового отдела.

Материал и методы

Исследование проводилось с января 2015 по январь 2018 г. в четырех клиниках по единому утвержденному протоколу.

Дизайн исследования: проспективное рандомизированное мультицентровое. Использовали метод адаптивной рандомизации: 220 пациентов, которые получили хирургическое лечение в 4 лечебных учреждениях, были рандомизированы в две группы по 110 человек (соотношение 1:1): группа пациентов, которым проводилась стабилизация позвоночно-двигательных сегментов стержнями из нитинола (ЗАО «КИМПФ», Москва), с необходимым объемом декомпрессии на уровне операции (ДН) и равнозначная группа пациентов, которым выполнялась стабилизация позвоночно-двигательных сегментов стандартными стержнями из титана с необходимым объемом декомпрессии на уровне вмешательства (ДТ).

Все пациенты проходили консервативное лечение в течение не менее 3 мес. до операции без уменьшения болевого синдрома и улучшения качества жизни и требовали хирургической декомпрессии

и стабилизации позвоночно-двигательного сегмента (ПДС).

Критерии включения: возраст 18–75 лет, дегенеративные изменения одного или более ПДС на уровне L3-S1, неэффективность консервативного лечения более 3 мес., дегенеративный спондилолистез I степени. Кроме того, допускалась гипертрофия фасеточных суставов и субактикулярной выемки или латеральный стеноз в соответствующем сегменте.

Критерии исключения: радиографическое подтверждение трансляционной нестабильности в смежных сегментах (динамическая трансляционная неустойчивость ≤ 3 мм), предыдущая операция на позвоночнике, перелом тел позвонков, в т.ч. на фоне остеопороза и непосредственно остеопороз (Т-критерий денситометрии менее -2,5), сколиоз, сагиттальный дисбаланс, инфекционные и воспалительные изменения, онкологический анамнез, наличие противопоказаний к выполнению МРТ, спондилолистез I степени или дегенеративный спондилолистез II степени и выше.

Статистический анализ

Данные представлены в виде среднего арифметического \pm среднее квадратичное отклонение для непрерывных данных и в виде процентного отношения для категориальных переменных. Порог статистической значимости соответствовал $p < 0,05$. Статистический анализ осуществлялся при помощи независимого t -теста, парного t -теста и χ^2 и программного обеспечения Statistica.

Описание имплантата

Нитинол — сплав никеля (55%) и титана (45%), обладающий свойствами памяти формы и сверхупругости. Эффективный модуль упругости нитинола равен 15–20 ГПа, что практически равно модулю упругости кортикальной кости (18 ГПа). Кристаллическая решетка обладает большей устойчивостью к динамическим нагрузкам, чем сплавы титана. Температура начала восстановления формы нитинола, используемого в динамических стержнях, составляет 27°C, температура конца восстановления формы — 35°C. Стержни используются в сверхупругом состоянии при температуре тела (36–37°C), обеспечивая механическую совместимость транспедикулярной системы с механическим поведением позвоночника [19].

В нашем исследовании использовались стержни из нитинола двух типоразмеров — 60 и 80 мм соответственно на один и два позвоночно-двигательных сегмента. Диаметр стержней составлял 5,5 мм. Типоразмеры и кривизну изгиба стержней вычисляли исходя из среднеанатомических параметров, характерных для поясничного отдела позвоночника и пояснично-крестцового перехода.

Все стержни поставляются парно в специальной упаковке, пригодной для дальнейшей стерилизации в условиях стерилизационного отделения медицинского учреждения.

Хирургическая техника

Хирургические вмешательства проводились по общей схеме. Всем пациентам после письменного согласия проводился комбинированный эндотрахеальный наркоз с последующей укладкой на операционном столе на специальную полиуретановую подкладку. Используя стандартный срединный разрез, осуществляли доступ к задним элементам позвонков на заранее запланированном уровне. Для декомпрессии использовали стандартные методики с предварительным обсуждением их проведения на этапе планирования всеми хирургами, участвующими в исследовании. В зависимости от патологических особенностей по мере необходимости проводили следующий объем декомпрессии: частичная медиальная фасэктомия, интерламинэктомия или ламинэктомия. Следующим этапом осуществляли проведение транспедикулярных винтов. После проведенного ЭОП-контроля и оценки удовлетворительности положения винтов осуществляли монтаж стержней, при этом стержни из нитинола не требовали дополнительного моделирования ввиду заданных анатомических параметров. У пациентов с динамическими стержнями межтеловой спондилодез не проводили, в то время как у пациентов с ригидными стержнями его проводили по методике TLIF или PLIF. Далее рану дренировали и послойно ушивали. Все пациенты были активизированы на вторые сутки после операции. При выраженной сопутствующей патологии пациента по решению анестезиолога в раннем послеоперационном периоде (до 24 ч) наблюдали в отделении интенсивной терапии.

Лучевые методы исследования

Всем пациентам, включенным в исследование, в предоперационном периоде проводили полный спектр лучевой диагностики, а именно: рентгенографию в двух стандартных проекциях, функциональные рентгенограммы, МРТ и КТ поясничного отдела позвоночника (табл. 1). В послеоперационном периоде лучевое обследование проводилось через 6, 12, 18, 24 и 36 мес. после операции. Важным критерием была оценка состояния межпозвоночных дисков поясничного отдела позвоночника по классификации Пфирманна. Включенные в исследование больные имели изменения 2-й и выше степени одного или двух ПДС. При дегенеративных изменениях в смежных сегментах хотя бы 1-й степени больные не включались в исследование. КТ-исследование позволяло оценивать резорбцию костной ткани вокруг винтов в послеоперационном периоде, а также уровень формирования или отсутствия костного блока в оперированном сегменте. По функциональным рентгенограммам оценивалась подвижность стабилизированных сегментов.

Клиническая оценка результатов

Оценку клинических проявлений и функционального состояния проводили в сроки до 3 лет после операции с использованием опросников ВАШ, ODI, SF-36. С целью оценки интенсивности и динамики болевого синдрома использовали ВАШ для спины и нижних конечностей. Данная шкала представляет собой балльную систему, где «0» – полное отсутствие боли, а «10» – нестерпимая боль. ВАШ для боли в спине оценивает некомпрессионные синдромы, а ВАШ для нижних конечностей – компрессионные синдромы.

Индекс Освестри (Oswestry Disability Index – ODI) – это проверенный опросник, который используется для оценки степени инвалидности

Таблица 1

Лучевые методы диагностики, применяемые в исследовании

Метод диагностики	Показатель исследования	Критерий оценки
Рентгенография	Подвижность фиксируемого ПДС и верхнего смежного ПДС	Рентгенограмма в двух проекциях; Рентгенограмма функциональная в положении стоя, Угол Кобба, град. Проценты
	Степень смещения при листезах	
КТ	Наличие или отсутствие резорбции	Оценка состояния окружающей винт костной ткани, мм
МРТ	Оценка состояния оперируемого и смежного сегментов	По классификации Пффирмана

и качества жизни пациента, страдающего от боли в пояснице. Была использована утвержденная в 2009 г. адаптированная русская версия опросника Освестри*.

Еще одним методом оценки результатов проведенного хирургического лечения у пациентов была анкета SF-36. Тридцать шесть пунктов опросника сгруппированы в 8 шкал: физическое функционирование, ролевая деятельность, телесная боль, общее здоровье, жизнеспособность, социальное функционирование, эмоциональное состояние и психическое здоровье. Показатели каждой шкалы варьируют между 0 и 100, где 100 представляет полное здоровье. Все шкалы формируют два показателя: душевное и физическое благополучие. Результаты представляются в виде оценок в баллах по 8 шкалам, составленных таким образом, что более высокая оценка указывает на более высокий уровень качества жизни. Стоит отметить, что этот опросник является тяжелым для восприятия пациентами, особенно страдающими интенсивным болевым синдромом, поэтому каждый пациент заполнял его под контролем врача. Результаты вносились в специальную компьютерную программу, которая автоматически рассчитывала результаты для каждого пациента.

Для нашего исследования функциональное улучшение по опроснику ODI рассматривалось при сокращении на 15 пунктов и более от базового уровня. Боль в спине и в нижних конечностях определялись снижением на 2 пункта или более от базовых значений по ВАШ. Это считается минимальным клинически значимым различием (MCID) [20, 21]. Уровни MCID представляют собой пороговые значения по данным опросников,

которые пациенты и врачи считают клинически значимыми. Они рекомендованы действующими руководствами для оценки результатов формирования спондилодеза [22, 23].

Результаты

Общие показатели не имели статистически значимых различий между группами пациентов (табл. 2). Количество оперированных уровней также существенно не различалось (ДТ: 74 пациента с одним сегментом, 36 — с двумя, ДН: 75 пациентов с одним сегментом, 35 — с двумя, $p = 0,84$). Частота спондилолистеза не была статистически значимой (ДТ: 21,4%, ДН: 22,3%, $p = 0,1$).

Результаты после проведенного хирургического лечения оценены в следующем количественном соотношении по годам:

1 год после операции — у 217 пациентов (98% от исходного количества);

2 года — у 199 пациентов (90,5%);

3 года — у 185 пациентов (84,1%);

Базовые оценки по ВАШ боли в спине (ДТ: $7,4 \pm 2,6$, ДН: $7,1 \pm 2,5$, $p = 0,845$) и нижних конечностях (ДТ: $6,3 \pm 2,5$, ДН: $6,7 \pm 3,1$, $p = 0,196$) существенно не различались. При оценке динамики в послеоперационном периоде выявлено значительное снижение этого значения у всех пациентов в контрольный срок 3 мес. после операции, с последующим сохранением показателей на одном уровне в течение всего срока наблюдения.

Исходные значения ODI (в группе ДТ составило $72 \pm 18\%$; ДН: $76 \pm 16\%$, $p = 0,856$) также существенно не отличались, а в послеоперационном периоде отмечена постоянная тенденция к снижению у всех пациентов.

Таблица 2

Характеристика пациентов по группам

Характеристика	Группа с динамическими стержнями (ДН)	Группа с ригидными стержнями (ДТ)	Критерий p
Количество пациентов	110	110	—
Средний возраст (min-max)	45,9 (21–67)	47,4 (19–72)	0,645
Пол (мужчины/женщины)	51/59	47/63	0,766
Уровни операции			
L5-S1	41	37	—
L4-S1	21	22	—
L4-L5	38	40	—
L3-L5	10	11	—

* Черепанов Е.А. Русская версия опросника Освестри: культурная адаптация и валидность. *Хирургия позвоночника*. 2009;(3):93-98.

Исходное значение SF-36 Ph составило 17,9 баллов ($\pm 2,3$), SF-36 Mh — 18,2 ($\pm 3,5$) в группе ДТ. В группе ДН значение SF-36 Ph составило 17,3 баллов ($\pm 3,7$), SF-36 Mh — 19,5 ($\pm 2,8$), $p = 0,937$.

Не было выявлено статистически значимых различий в показателях до операции и в контрольные сроки наблюдения по опросникам ВАШ (как для спины, так и для нижних конечностей), ODI и SF-36 между двумя группами пациентов ($p > 0,05$). При этом в обоих случаях (ригидная и динамическая стабилизации) в послеоперационном периоде отмечены статистически значимые изменения ($p < 0,01$). В обеих группах, по сравнению с предоперационными значениями, выявлено улучшение показателей во все контрольные сроки, значения которых были статистически значимыми ($p < 0,01$) (табл. 3).

При предоперационной подготовке оценивалось состояние межпозвонковых дисков всего поясничного отдела. В случае изменений выше 1-й стадии по Пфирманну диск признавали затронутым в патологический процесс. Общее количество

случаев дегенерации смежного сегмента составило 15,5%. При этом в группе ДТ частота дегенерации в сегменте выше уровня стабилизации к концу сроков наблюдения составила 19,09% ($n = 21$), а в группе ДН — 12% ($n = 13$) ($p = 0,02$) (табл. 4).

В группе ДТ лучевые признаки дегенерации смежного сегмента выявлены у 21 пациента, однако клинические проявления наблюдались лишь у 8, а 7 пациентам потребовались ревизионные операции с продлением металлоконструкции. В группе ДН из 13 пациентов с дегенерацией смежного сегмента клинические проявления были у 2, и лишь в одном случае потребовалась ревизионная операция, заключившаяся в фиксации смежного сегмента и заменой динамических стержней на титановые.

Оценка подвижности проводилась в стабилизированных ПДС. Средний показатель подвижности у пациентов с нитиноловыми стержнями составил $6,4^\circ$. Оценка проводилась измерением разницы углов между верхней замыкательной пластиной верхнего фиксированного позвонок-

Таблица 3

Оценка результатов по опросникам в группах пациентов

Опросник	Группа с динамическими стержнями (ДН)	Группа с ригидными стержнями (ДТ)	Критерий p
ВАШ (спина) до операции	7,1	7,4	0,845
ВАШ (спина) после операции	2,3	2,5	0,372
ВАШ (нижние конечности) до операции	6,7	6,3	0,196
ВАШ (нижние конечности) после операции	1,8	2,1	0,127
ODI до операции	76	72	0,856
ODI после операции	26	28	0,461
SF-36 Ph до операции	17,3	17,9	0,883
SF-36 Mh до операции	19,48	18,23	0,937
SF-36 Ph после операции	44,7	42,1	0,290
SF-36 Mh после операции	49,3	51,6	0,587

Таблица 4

Динамика дегенерации смежного сегмента в группах сравнения

Группа	Период				
	3 мес. п/о	6 мес. п/о	12 мес. п/о	24 мес. п/о	36 мес. п/о
ДН	0	2	7	10	13
ДТ	2	7	9	17	21
Всего	2	9	16	27	34

ка и нижней замыкательной пластиной нижнего фиксированного позвонка в положении сгибания и разгибания. У 2 пациентов в группе ДН через 12 мес. после операции зафиксировано полное отсутствие объема движений в стабилизированных сегментах. Анализ показал, что при предоперационном планировании у них не были учтены выраженный артроз межпозвонковых суставов и изначальная малоподвижность выбранных сегментов. В группе ДТ подвижность в оперированных сегментах зафиксирована не была.

Дополнительное моделирование стержней не требовалось, достаточно было имеющегося изгиба в предложенных производителем модификациях. В группе ДТ проведение дополнительного этапа по формированию межтелового спондилодеза увеличивало время хирургического вмешательства (ДТ: 130 мин ± 27 мин, ДН: 110 мин ± 13 мин). У пациентов с динамическими системами костная пластика не проводилась.

Оценка количества осложнений у оперированных пациентов показала, что в группе ДТ таковых было больше (табл. 5).

Обсуждение

Стеноз позвоночного канала представляет собой многофакторный дегенеративный процесс, а точная диагностика включает широкий анализ клинических и лучевых показателей.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что проведенное хирургическое вмешательство приводит к значительному улучшению качества жизни [24, 25]. Это полностью подтверждается полученными нами результатами, согласно которым в послеоперационном периоде у всех пациентов отмечено статистически значимое улучшение качества жизни и уменьшение болевого синдрома. Стоит отметить отдельно, что в проведенном ис-

следовании не зафиксировано ни одного случая серьезных осложнений, таких как инвалидизация, тромбозы вен, смерть и другие, несмотря на то, что, по данным литературы, подобные осложнения в спинальной хирургии возникают в 1,7–11,2% случаев [26]. Это говорит о тщательном отборе, грамотной предоперационной подготовке и послеоперационном ведении пациентов.

Однако хирургические подходы продолжают быть поводом для дебатов [27, 28]. Некоторые авторы считают необходимым выполнение инструментального спондилодеза после этапа декомпрессии, что подтверждается проведенными исследованиями [29].

Результаты экспериментальных исследований показали, что применение ригидных систем с целью стабилизации и фиксации ПДС в отдаленном периоде приводят к его выключению из общей биомеханики движения, что ведет к дегенеративным изменениям в смежных сегментах [30–32], а также увеличивает затраты и риск осложнений [33].

Долгосрочные исследования показывают хорошие результаты использования динамических систем, в том числе и у пожилых пациентов [34, 35]. Однако при сравнении с другими системами не выявлено существенной разницы, в том числе и в количестве развивающихся осложнений и риска повторных операций [36, 37]. Начинают появляться сообщения об отсутствии существенного эффекта от динамических систем в плане предотвращения дегенерации смежного сегмента с последующим развитием его болезни [38].

Проблема болезни смежного сегмента начала активно обсуждаться с конца 1980-х гг. [26, 27]. За последние десятилетия проведено большое количество клинических исследований, основанных на всех доступных методах лучевой визуализации, с использованием различных хирургических

Таблица 5

Структура осложнений в группах пациентов

Осложнение	ДН	ДТ	Всего
Дегенерация смежного сегмента	13	21	34
Повреждение дуральной оболочки	1	5	6
Резорбция костной ткани вокруг винтов	18	24	42
Перелом стержня/стержней	13	0	13
Перелом винта/винтов	0	15	15
Поверхностное нагноение	2	1	3
Несостоятельность послеоперационной раны	0	1	1
Всего	47	67	114

подходов для решения проблем [39–41]. Отсутствие единых стандартов оценки болезни смежного сегмента затрудняет сравнение результатов различных исследований. В нашем исследовании главным критерием дегенерации смежного сегмента являлась оценка состояния межпозвоночного диска по данным МРТ. При дегенерации межпозвоночного диска на одну и более степень по Пфирманну исследуемый пациент рассматривался как случай с развитием синдрома смежного сегмента. Наличие даже начальных признаков дегенерации в соседних сегментах увеличивает вероятность развития болезни смежного сегмента [42].

Наше исследование подтвердило постулат о том, что проблема смежного сегмента далека от своего решения. Однако количество пациентов с дегенерацией смежного сегмента было меньше в группе с ДН, а количество ревизионных операций, связанных с изменениями в смежном сегменте, значительно меньше.

Возможны интра- и послеоперационные осложнения после выполнения PLIF/TLIF, такие как повреждение дуральной оболочки, повреждение корешков, псевдоартроз, что также является существенным недостатком ригидной фиксации [43–45]. В представленном исследовании частота повреждения дуральной оболочки в группе ДТ составляла 4,6% ($n = 5$), а в группе ДН ~ 1,0% ($n = 1$, $p = 0,056$), что подтверждается данными литературы о риске развития такого осложнения [46, 47] и повышения рисков с увеличением сложности проводимого вмешательства [48]. Применение же динамических стержней позволяет минимизировать эти риски и сократить время операции.

В литературе имеется большое количество сообщений о том, что нередко наблюдается потеря подвижности при длительном наблюдении за пациентами с динамической стабилизацией [36, 49–51]. Однако также есть большое количество исследований, сообщающих о сохранении движений в стабилизированных сегментах и даже о возможности регидратации межпозвоночных дисков [52–55]. По нашему мнению, этот вопрос является дискуссионным и требует более детальной оценки полученных данных, поскольку само по себе уменьшение объема движений после динамической стабилизации является ожидаемым. В нашем исследовании у 2 пациентов отмечена полная потеря подвижности через 12 мес. после операции, что связано с некорректным отбором пациентов для динамической стабилизации. Однако это нельзя рассматривать как осложнение, поскольку клинические результаты у этих пациентов были отличными и больные полностью довольны исходом хирургического лечения.

Резорбция костной ткани вокруг винтов зафиксирована нами у 42 пациентов, при этом в группе ДТ таких пациентов было 24 (21,8%), а в группе ДН — 18 (16,4%). Таким образом, по этому показателю статистически значимого различия в группах не было ($p = 0,265$), а общие цифры укладываются в среднемировые показатели, в том числе и при динамической стабилизации [53, 56]. Однако при дальнейшем применении динамических систем стоит обращать внимание на состояние костной ткани, поскольку остеопороз является противопоказанием для их применения [57].

Не менее важным компонентом в оценке исходов хирургического лечения являлся анализ такого осложнения, как перелом элементов металлоконструкции [58]. При этом стоит отметить, что само по себе количество осложнений в группе ДН статистически не отличается от таковых в группе ДТ ($p = 0,27$).

Заключение

Стабилизация динамическими стержнями из нитинола при дегенеративных изменениях поясничного отдела позвоночника более эффективна по сравнению с ригидной фиксацией стержнями из титана, поскольку обеспечивает более высокие результаты. Оценка результатов свидетельствует о значительном улучшении качества жизни, снижении выраженности болевого синдрома, улучшении функционального состояния.

Дальнейшее наблюдение за пациентами позволит оценить поведение имплантата из нитинола, качество жизни пациентов, а также частоту развития осложнений, связанных с металлоконструкциями, в отдаленном послеоперационном периоде.

Было бы полезно проведение проспективного рандомизированного исследования для определения количества стабилизированных сегментов и степени выраженности дегенеративных изменений.

Этика публикации: пациент дал добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Колесов С.В. — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Казьмин А.И. — координация участников исследования, интерпретация и анализ полученных данных, статистическая обработка полученных данных, подготовка текста.

Швец В.В. — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

Гуща А.О. — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Полторако Е.Н. — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

Басанкин И.В. — разработка концепции и дизайна исследования, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста, редактирование.

Кривошеин А.Е. — разработка концепции и дизайна исследования, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста, редактирование.

Бухтин К.М. — статистическая обработка и анализ полученных данных, подготовка текста.

Пантелеев А.А. — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

Сажнев М.Л. — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

Переверзев В.С. — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

Литература [References]

- Dowdell J., Erwin M., Choma T., Vaccaro A., Iatridis J., Cho S.K. Intervertebral disk degeneration and repair. *Neurosurgery*. 2017;80(3S):S46-S54. DOI: 10.1093/neuros/nyw078.
- Deyo R., Mirza S.K., Martin B.I., Kreuter W., Goodman D.C., Jarvik J.G. Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults. *JAMA*. 2010;303(13):1259-65. DOI: 10.1001/jama.2010.338.
- Du Bois M., Szpalski M., Donceel P. A decade's experience in lumbar spine surgery in Belgium: Sickness fund beneficiaries, 2000-2009. *Eur Spine J*. 2012;21(12):2693-703. DOI: 10.1007/s00586-012-2381-1.
- Burnett M.G., Stein S.C., Bartels R.H. Cost-effectiveness of current treatment strategies for lumbar spinal stenosis: nonsurgical care, laminectomy, and X-STOP. *J Neurosurg Spine*. 2010;13(1):39-46. DOI: 10.3171/2010.3.SPINE09552.
- Weinstein J.N., Tosteson T.D., Lurie J.D., Tosteson A., Blood E., Herkowitz H. et al. Surgical versus non-operative treatment for lumbar spinal stenosis four-year results of the Spine Patient Outcomes Research Trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(14):1329-1338. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e0f04d.
- Davis R.J., Errico T.J., Bae H., Auerbach J.D. Decompression and coflex interlaminar stabilization compared with decompression and instrumented spinal fusion for spinal stenosis and low-grade degenerative spondylolisthesis: Two-year results from the prospective, randomized, multicenter, food and drug. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(18):1529-1539. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31829a6d0a.
- Schmidt S., Franke J., Rauschmann M., Adelt D., Bonsanto M.M., Sola S. Prospective, randomized, multicenter study with 2-year follow-up to compare the performance of decompression with and without interlaminar stabilization. *J Neurosurg Spine*. 2018;28(4):406-415. DOI: 10.3171/2017.11.SPINE17643.
- Försth P., Ólafsson G., Carlsson T., Frost A., Borgström F., Fritzell P., Öhagen P., Michaëlsson K., Sandén B. A randomized, controlled trial of fusion surgery for lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med*. 2016;374(15):1413-1423. DOI: 10.1056/NEJMoa1513721.
- Ghogawala Z., Dziura J., Butler W.E., Dai F., Terrin N., Magge S.N., Coumans J.V., Harrington J.F., Amin-Hanjani S., Schwartz J.S., Sonntag V.K., Barker F.G., Benzel E.C. Laminectomy plus Fusion versus Laminectomy Alone for Lumbar Spondylolisthesis. *N Engl J Med*. 2016;374(15):1424-1434. DOI: 10.1056/NEJMoa1508788.
- Sigmundsson F.G., Jönsson B., Strömqvist B. Outcome of decompression with and without fusion in spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis in relation to preoperative pain pattern: A register study of 1,624 patients. *Spine J*. 2015;15(4):638-646. DOI: 10.1016/j.spinee.2014.11.020.
- Röder C., Baumgärtner B., Berlemann U., Aghayev E. Superior outcomes of decompression with an interlaminar dynamic device versus decompression alone in patients with lumbar spinal stenosis and back pain: a cross registry study. *Eur Spine J*. 2015;24(10):2228-2235. DOI: 10.1007/s00586-015-4124-6.
- Kim H.J., Jeong J.H., Cho H.G., Chang B.S., Lee C.K., Yeom J.S. Comparative observational study of surgical outcomes of lumbar foraminal stenosis using minimally invasive microsurgical extraforaminal decompression alone versus posterior lumbar interbody fusion: a prospective cohort study. *Eur Spine J*. 2015;24(2):388-395. DOI: 10.1007/s00586-014-3592-4.
- Omid-Kashani F., Hasankhani E.G., Ashjazadeh A. Lumbar spinal stenosis: who should be fused? An updated review. *Asian Spine J*. 2014;8(4):521-530. DOI: 10.4184/asj.2014.8.4.521.
- Rienmüller A.C., Krieg S.M., Schmidt F.A., Meyer E.L., Meyer B. Reoperation rates and risk factors for revision 4 years after dynamic stabilization of the lumbar spine. *Spine J*. 2019;19(1):113-120. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.05.025.
- Matsuoka Y., Endo K., Suzuki H., Sawaji Y., Nishimura H., Takamatsu T. et al. Postoperative radiographic early-onset adjacent posterior lumbar interbody fusion in patients without preoperative severe sagittal spinal imbalance. *Asian Spine J*. 2018;12(4):743-748. DOI: 10.31616/asj.2018.12.4.743.
- Tu J., Hua W., Li W., Liu W., Luo R., Li S. et al. Short-term effects of minimally invasive dynamic neutralization system for the treatment of lumbar spinal stenosis: An observational study. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(22):e10854. DOI: 10.1097/MD.00000000000010854.
- Cawley D.T., Alexander M., Morris S. Multifidus innervation and muscle assessment post-spinal surgery. *Eur Spine J*. 2014;23(2):320-327. DOI: 10.1007/s00586-013-2962-7.
- Malakoutian M., Street J., Wilke H.J., Stavness I., Dvorak M., Fels S., Oxland T. Role of muscle damage on loading at the level adjacent to a lumbar spine fusion: a biomechanical analysis. *Eur Spine J*. 2016;25(9):2929-2937. DOI: 10.1007/s00586-016-4686-y.
- Колесов С.В., Колбовский Д.А., Казьмин А.И., Морозова Н.С. Применение стержней из нитинола при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового перехода. *Хирургия позвоночника*. 2016;13(1): 41-49. DOI: 10.14531/ss2016.1.41-49.
- Колесов С.В., Колбовский Д.А., Казьмин А.И., Морозова Н.С. [The use of nitinol rods for lumbosacral fixation in surgical treatment of degenerative spine disease]. *Хирургия Позвоночника [Spine Surgery]*. 2016;13(1): 41-49. (in Russian). DOI: 10.14531/SS2016.1.41-49.
- Parker S.L., Adogwa O., Paul A.R., Anderson W.N., Aaronson O., Cheng J.S., McGirt M.J. Utility of minimum clinically important difference in assessing pain,

- disability, and health state after transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(5):598-604. DOI: 10.3171/2010.12.SPINE10472.
21. Fairbank J.C., Pynsent P.B. The Oswestry disability index. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(22):2940-2952.
 22. Chung A.S., Copay A.G., Olmscheid N., Campbell D., Walker J.B., Chutkan N. Minimum clinically important difference: current trends in the spine literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(14):1096-1105. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001990.
 23. Ghogawala Z., Resnick D.K., Watters W.C.^{3rd}, Mummaneni P.V., Dailey A.T., Choudhri T.F. et al. Guideline update for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 2: Assessment of functional outcome following lumbar fusion. *J Neurosurg Spine*. 2014;21(1):7-13. DOI: 10.3171/2014.4.SPINE14258.
 24. Elsayed G., Erwood M.S., Davis M.C., Dupépe E.C., McClugage S.G., Szerlip P. et al. Association between preoperative activity level and functional outcome at 12 months following surgical decompression for lumbar spinal stenosis. *J Neurosurg Spine*. 2018;29(4):388-396. DOI: 10.3171/2018.2.SPINE171028.
 25. McGirt M.J., Parker S.L., Hilibrand A., Mummaneni P., Glassman S.D., Devin C.J., Asher A.L. Lumbar surgery in the elderly provides significant health benefit in the US health care system: Patient-reported outcomes in 4370 patients from the N2QOD registry. *Neurosurgery*. 2015;77 Suppl 4:S125-135. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000952.
 26. Puvanarajah V., Werner B.C., Cancienne J.M., Jain A., Pehlivan H., Shimer A.L. et al. Morbid obesity and lumbar fusion in patients older than 65 years: complications, readmissions, costs, and length of stay. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(2):122-127. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001692.
 27. Sengupta D.K., Herkowitz H.N. Degenerative spondylolisthesis: review of current trends and controversies. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(6 Suppl):S71-81.
 28. Herkowitz H.N. Degenerative lumbar spondylolisthesis: A surgeon's perspective of 30 years in practice. *Spine J*. 2010;10(10):916-917. DOI: 10.1016/j.spinee.2010.08.026.
 29. Watters W.C.^{3rd}, Bono C.M., Gilbert T.J., Kreiner D.S., Mazanec D.J., Shaffer W.O. et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J*. 2009;9(7):609-614. DOI: 10.1016/j.spinee.2009.03.016.
 30. Sudo H., Oda I., Abumi K., Ito M., Kotani Y., Minami A. Biomechanical study on the effect of five different lumbar reconstruction techniques on adjacent-level intradiscal pressure and lamina strain. *J Neurosurg Spine*. 2006;5(2):150-155. DOI: 10.3171/spi.2006.5.2.150.
 31. Deyo R.A., Mirza S.K. Trends and variations in the use of spine surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;443:139-146. DOI: 10.1097/01.blo.0000198726.62514.75.
 32. Кривошеин А.Е., Конев В.П., Колесов С.В., Бывальцев В.А., Казьмин А.И. Сравнительный анализ изменений десмальных и хрящевых структур позвоночно-двигательного сегмента при различных способах задней фиксации позвоночника в эксперименте. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2017;(4):25-30. DOI: 10.32414/0869-8678-2017-4-25-30. Krivoshein A.E., Konev V.P., Kolesov S.V., Byval'tsev V.A., Kazmin A.I. [Comparative analysis of changes in the desmal and chondral structures of spinal motion segment at various methods for posterior spine fixation in experiment]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2017;(4):25-30. (in Russian). DOI: 10.32414/0869-8678-2017-4-25-30.
 33. Försth P., Michaëlsson K., Sandén B. Does fusion improve the outcome after decompressive surgery for lumbar spinal stenosis? A two-year follow-up study involving 5390 patients. *Bone Joint J*. 2013;95-B(7):960-965. DOI: 10.1302/0301-620X.95B7.30776.
 34. Schaeren S., Broger I., Jeanneret B. Minimum four-year follow-up of spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis treated with decompression and dynamic stabilization. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(18):E636-642. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817d2435.
 35. Prud'homme M., Barrios C., Rouch P., Charles Y.P., Steib J.P., Skalli W. Clinical outcomes and complications after pedicle-anchored dynamic or hybrid lumbar spine stabilization: a systematic literature review. *J Spinal Disord Tech*. 2015;28(8):E439-E448. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000092.
 36. Hoppe S., Schwarzenbach O., Aghayev E., Bonel H., Berlemann U. Long-term outcome after monosegmental L4/5 stabilization for degenerative spondylolisthesis with the dynesys device. *Clin Spine Surg*. 2016;29(2):72-77. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318277ca7a.
 37. Ghiselli G., Wang J.C., Bhatia N.N., Hsu W.K., Dawson E.G. Adjacent segment degeneration in the lumbar spine. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(7):1497-1503.
 38. Oikonomidis S., Ashqar G., Kaulhausen T., Herren C., Siewe J., Sobottke R. Clinical experiences with a PEEK-based dynamic instrumentation device in lumbar spinal surgery: 2 years and no more. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):196. DOI: 10.1186/s13018-018-0905-z.
 39. Videbaek T.S., Egund N., Christensen F.B., Grethe Jurik A., Bünger C.E. Adjacent segment degeneration after lumbar fusion: the impact of anterior column support: a randomized clinical trial with an eight- to thirteen-year magnetic resonance imaging follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(22):1955-1964. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e57269.
 40. Cheh G., Bridwell K.H., Lenke L.G., Buchowski J.M., Daubs M.D., Kim Y., Baldus C. Adjacent segment disease following lumbar/thoracic lumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(20):2253-2257. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31814b2d8e.
 41. Lee C.S., Hwang C.J., Lee S.W., Ahn Y.J., Kim Y.T., Lee D.H., Lee M.Y. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur Spine J*. 2009;18(11):1637-1643. DOI: 10.1007/s00586-009-1060-3.
 42. Herren C., Sobottke R., Pishnamaz M., Scheyerer M.J., Bredow J., Westermann L. et al. The use of the DTO™ hybrid dynamic device: a clinical outcome- and radiological-based prospective clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19(1):199. DOI: 10.1186/s12891-018-2103-x.
 43. Kobayashi K., Ando K., Kato F., Kanemura T., Sato K., Hachiya Y. et al. Reoperation within 2 years after lumbar interbody fusion: a multicenter study. *Eur Spine J*. 2018;27(8):1972-1980. DOI: 10.1007/s00586-018-5508-1.
 44. Imagama S., Kawakami N., Matsubara Y., Tsuji T., Ohara T., Katayama Y. et al. Radiographic adjacent segment degeneration at 5 years after L4/5 posterior lumbar interbody fusion with pedicle screw instrumentation: evaluation by computed tomography and annual screening with magnetic resonance imaging. *Clin Spine Surg*. 2016;29(9):E442-E451. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31828aec78.
 45. Nakashima H., Kawakami N., Tsuji T., Ohara T., Suzuki Y., Saito T. et al. Adjacent segment dis-

- ease after posterior lumbar interbody fusion: based on cases with a minimum of 10 years of follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40(14):E831-841. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000917.
46. Segura-Trepichio M., Candela-Zaplana D., Montoza-Nuñez J.M., Martín-Benlloch A., Nolasco A. Length of stay, costs, and complications in lumbar disc herniation surgery by standard PLIF versus a new dynamic interspinous stabilization technique. *Patient Saf Surg*. 2017;11:26. DOI: 10.1186/s13037-017-0141-1.
 47. Liu J., Deng H., Long X., Chen X., Xu R., Liu Z. A comparative study of perioperative complications between transforaminal versus posterior lumbar interbody fusion in degenerative lumbar spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2016;25(5):1575-1580. DOI: 10.1007/s00586-015-4086-8.
 48. Kalevski S.K., Peev N.A., Haritonov D.G. Incidental Dural Tears in lumbar decompressive surgery: Incidence, causes, treatment, results. *Asian J Neurosurg*. 2010;5(1):54-59.
 49. Ferrero E., Guigui P. Current trends in the management of degenerative lumbar spondylolisthesis. *EFORT Open Rev*. 2018;3(5):192-199. DOI: 10.1302/2058-5241.3.170050.
 50. Veresciagina K., Mehrkens A., Schären S., Jeanneret B. Minimum ten-year follow-up of decompression and dynamic stabilization for spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis. *J Spine Surg*. 2018;4(1):93-101. DOI: 10.21037/jss.2018.03.20.
 51. Yeh M., Kuo C.H., Wu J.C., Huang W.C., Tu T.H., Fay L.Y. et al. Changes of facet joints after dynamic stabilization: continuous degeneration or slow fusion? *World Neurosurg*. 2018;113:e45-e50. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.01.148.
 52. Ozer A.F., Oktenoglu T., Egemen E., Sasani M., Yilmaz A., Erbulut D.U. et al. Lumbar single-level dynamic stabilization with semi-rigid and full dynamic systems: A retrospective clinical and radiological analysis of 71 patients. *Clin Orthop Surg*. 2017;9(3):310-316. DOI: 10.4055/cios.2017.9.3.310.
 53. Fay L.Y., Wu J.C., Tsai T.Y., Tu T.H., Wu C.L., Huang W.C., Cheng H. Intervertebral disc rehydration after lumbar dynamic stabilization: magnetic resonance image evaluation with a mean followup of four years. *Adv Orthop*. 2013;2013:437570. DOI: 10.1155/2013/437570.
 54. Gomleksiz C., Sasani M., Oktenoglu T., Ozer A.F. A short history of posterior dynamic stabilization. *Adv Orthop*. 2012;2012:629698. DOI: 10.1155/2012/629698.
 55. Yilmaz A., Senturk S., Sasani M., Oktenoglu T., Yaman O., Yildirim H. et al. Disc rehydration after dynamic stabilization: A report of 59 cases. *Asian Spine J*. 2017;11(3):348-355. DOI: 10.4184/asj.2017.11.3.348.
 56. Wu J.-C., Huang W.C., Tsai H.W., Ko C.C., Wu C.L., Tu T.H., Cheng H. Pedicle screw loosening in dynamic stabilization: incidence, risk, and outcome in 126 patients. *Neurosurg Focus*. 2011;31(4):E9. DOI: 10.3171/2011.7.FOCUS11125.
 57. Hoppe S., Loosli Y., Baumgartner D., Heini P., Benneker L. Influence of screw augmentation in posterior dynamic and rigid stabilization systems in osteoporotic lumbar vertebrae: A biomechanical cadaveric study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39(6):E384-389. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000198.
 58. Mohi Eldin M.M., Ali A.M. Lumbar transpedicular implant failure: A clinical and surgical challenge and its radiological assessment. *Asian Spine J*. 2014;8(3):281-297. DOI: 10.4184/asj.2014.8.3.281.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Колесов Сергей Васильевич — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением патологии позвоночника, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

Казьмин Аркадий Иванович — канд. мед. наук, врач отделения патологии позвоночника, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

Швец Владимир Викторович — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения патологии позвоночника, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

Гуца Артем Олегович — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением нейрохирургии, ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва

Полторако Екатерина Николаевна — врач-нейрохирург отделения нейрохирургии, ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва

Басанкин Игорь Владимирович — канд. мед. наук, заведующий нейрохирургическим (вертебрологическим) отделением, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского Минздрава Краснодарского края, Краснодар

Кривошеин Артем Евгеньевич — канд. мед. наук, ассистент кафедры травматологии и ортопедии, ГБОУ ВПО «Омский Государственный медицинский университет» Минздрава России, Омск

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Sergey V. Kolesov — Dr. Sci. (Med.), professor, the head of Spinal Pathology Department, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

Arkady I. Kazmin — Cand. Sci. (Med.), orthopedic surgeon, Spinal Pathology Department, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

Vladimir V. Shvets — Dr. Sci. (Med.), leading research fellow, Spinal Pathology Department, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

Artem O. Gushcha — Dr. Sci. (Med.), the head of Department of Neurosurgery, Research Center of Neurology, Moscow, Russian Federation

Ekaterina N. Poltorako — neurosurgeon, Department of Neurosurgery, Research Center of Neurology, Moscow, Russian Federation

Igor V. Basanin — Cand. Sci. (Med.), the head of Department of Neurosurgery, Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No 1, Krasnodar, Russian Federation

Artem E. Krivoshein — Cand. Sci. (Med.), assistant, Department of Traumatology and Orthopedics, Omsk State Medical, Omsk, Russian Federation

Бухтин Кирилл Михайлович — канд. мед. наук, ученый секретарь диссертационного совета, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

Пантелеев Андрей Андреевич — врач отделения патологии позвоночника, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

Сажнев Максим Леонидович — канд. мед. наук, врач отделения патологии позвоночника, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

Переверзев Владимир Сергеевич — врач отделения патологии позвоночника, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

Kirill M. Bukhtin — Cand. Sci. (Med.), scientific secretary, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

Andrey A. Pantelev — doctor, Department of Spine Pathology, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

Maxim L. Sazhnev — Cand. Sci. (Med.), doctor, Department of Spine Pathology, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

Vladimir S. Pereverzev — doctor, Department of Spine Pathology, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation

Нарушение функции стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка

И.Е. Никитюк, С.В. Виссарионов

ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. У детей со спондилолистезом до настоящего времени остаются необъяснимыми моменты взаимосвязи степени смещения L5 позвонка с выраженностью клинической картины и неврологических нарушений. При этом не изучены аспекты взаимногоотягощающего влияния указанной патологии позвоночника на состояние стоп. Поэтому актуальна проблема выявления нарушений функции стоп у детей со спондилолистезом L5 позвонка. **Цель исследования** — оценить отклонения плантографических показателей состояния поперечного и продольного сводов стоп у детей, страдающих тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка. **Материал и методы.** В период с 2016 по 2018 г. проведено обследование 12 детей в возрасте 14,1 [12,7; 15,5] лет со спондилолистезом тела L5 позвонка III–IV степени, сопровождающимся стенозом позвоночного канала на этом уровне и компрессией корешков спинного мозга. В контрольную группу были включены 12 здоровых детей того же возраста, которым проводили только плантографическое обследование. Методами лучевой диагностики являлись мультиспиральная компьютерная томография и магнитно-резонансная томография. Для оценки функции стоп применяли двуопорную и одноопорную плантографию. **Результаты.** У больных со спондилолистезом средняя величина переднего t и срединного s индексов опоры оказалась значимо ниже аналогичных показателей у здоровых детей. Вместе с тем в тестах с повышением нагрузки на стопу у пациентов не происходило значимого увеличения средних показателей переднего t и медиального m индексов, что указывает на динамическую ригидность поперечного и внутреннего продольного сводов. Величина латерального индекса опоры l показала его значимое патологическое увеличение по сравнению с нормой при одноопорной нагрузке, что свидетельствует о статической ригидности наружного продольного свода. Корреляционный анализ показал, что по сравнению с нормой опороспособность стоп у больных детей реализуется за счет патологического усиления функциональной взаимосвязи между сводами стопы при двуопорной нагрузке и нефизиологического снижения взаимодействия между ними при одноопорной нагрузке. **Заключение.** У детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка данные плантографических исследований свидетельствуют о ригидности сводов стоп и нарушении их опорной стратегии. Необходимо учитывать отягощающее влияние ригидных стоп на состояние позвоночника и включать в план комплексной диагностики детей со спондилолистезом изучение опорной функции стоп.

Ключевые слова: спондилолистез, плантография, плантографические индексы.

Никитюк И.Е., Виссарионов С.В. Нарушение функции стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):71–80. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-71-80.

Cite as: Nikityuk I.E., Vissarionov S.V. [Foot Function Disorders in Children with Severe Spondylolisthesis of L5 Vertebra]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):71–80. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-71-80.

✉ Никитюк Игорь Евгеньевич / Igor E. Nikityuk; e-mail: femtotech@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 13.12.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 10.04.2019.

Foot Function Disorders in Children with Severe Spondylolisthesis of L5 Vertebra

I.E. Nikityuk, S.V. Vissarionov

Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics,
St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

Background. In children with spondylolisthesis, there are still unexplained aspects in the relationship of the degree of displacement of the L5 vertebra with the severity of the clinical picture and neurological disorders. At the same time, aspects of the mutual aggravating influence of the indicated spinal disorder on the condition of the feet have not been studied. Therefore, the problem of identifying disorder of foot function in children with spinal spondylolisthesis of the L5 vertebra is relevant. **Aim of the study** — to evaluate the deviations in parameters of the transverse and longitudinal arches of feet in children suffering from severe spondylolisthesis of the L5 vertebra. **Materials and Methods.** In the period from 2016 to 2018, 12 children aged 14.1 y.o. [12,7; 15,5] were examined with spondylolisthesis of the L5 vertebral body of grade III-IV, accompanied by stenosis of the spinal canal at the same level and by compression of the roots of the spinal cord. Imaging diagnostics included multispinal computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI). To estimate the function of the feet, double-bearing and single-bearing plantography was used. The data for the control group included only plantographic examinations of 12 healthy children of the same age. **Results.** In patients with spondylolisthesis, the mean value of the anterior *t* and intermediate *s* plantographic bearing indices were significantly lower than those of healthy children. At the same time, in tests with an increased load on the foot in patients, there was no significant increase in the mean anterior *t* and medial *m* indices, which indicates the dynamic rigidity of the transverse and medial longitudinal arches. The value of the lateral plantographic index *l* showed its significant pathological increase compared with the normal value at double-bearing load, which indicates the static rigidity of the lateral longitudinal arch. Correlation analysis demonstrated that, against the normal state, the bearing ability of the feet in sick children is realized through a pathological strengthening of the functional relationship between the arches of the foot at double-bearing load and a non-physiological reduction of the interaction between arches at single-bearing load. **Conclusion.** In children with severe forms of vertebra spondylolisthesis, the parameters of plantographic characteristics indicate the rigidity of the arches of the feet and the distortion of their bearing pattern. It is necessary to take into account the aggravating effect of rigid feet on the state of the spine and include the examination of the bearing function of the feet in the algorithm for the comprehensive diagnosis of children with spondylolisthesis.

Keywords: spondylolisthesis, children, plantography, plantographic indices.

Введение

Несмотря на длительную историю изучения спондилолистеза, различные аспекты этой патологии продолжают оставаться малоизвестными. У детей сложность изучения спондилолистеза обусловлена отсутствием четкой закономерности между степенью смещения L5 позвонка и характером изменений со стороны позвоночного столба в целом [1]. Трудности в оценке процессов, происходящих в позвоночнике в результате спондилолистеза у детей и подростков, пытаются объяснить быстрыми темпами роста пациентов, а также индивидуальными особенностями биомеханической перестройки при прогрессирующем смещении позвонка в условиях развивающегося организма [2].

Однако до настоящего времени остаются необъяснимыми моменты взаимосвязи степени смеще-

ния L5 позвонка с выраженностью клинической картины и неврологических нарушений. Так, например, у одних детей яркая клиническая картина с наличием неврологического дефицита наблюдается уже при начальных степенях смещения L5 позвонка, в то время как у других больных даже при значительном смещении позвонка симптоматика стертая. Спондилолистез поясничного позвонка может сопровождаться симптомами радикулопатии вследствие натяжения и сдавления нервных корешков, которые могут проявляться онемением, покалыванием или слабостью в нижних конечностях [3], вплоть до выраженного болевого синдрома в них [4]. В случае значительного стеноза позвоночного канала в пояснично-крестцовом сегменте позвоночника вертебро-радикулярный конфликт [5] может не только сопровождаться нарушениями походки [6], но и приводить к деформациям стоп [7].

Несмотря на то, что в клинической практике достаточно широко используются биомеханические методы диагностики нарушения функций опорно-двигательного аппарата [8], вопросы отягощающего влияния заболеваний позвоночника на состояние стоп у детей изучены недостаточно. В литературе встречаются немногочисленные данные о связи болезней позвоночника с деформацией стоп, которые противоречивы [9, 10]. С учетом вышеизложенного, сохраняет свою актуальность и значимость проблема выявления нарушений функции стоп у детей с патологией позвоночного столба.

Цель исследования — оценить отклонения плантографических показателей состояния поперечного и продольного сводов стоп у детей, страдающих тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка.

Материал и методы

Дизайн исследования и сроки проведения. Выполнено одномоментное ретроспективное исследование в период с 2016 по 2018 г.

Пациенты. Проведен анализ историй болезни и результатов лучевого обследования основной группы детей — 12 пациентов в возрасте 14,1 [12,7; 15,5] лет со спондилолистезом L5 позвонка III–IV степени. Минимальный возраст пациентов составил 8 лет, максимальный — 17. Степень тяжести спондилолистеза L5 позвонка определяли по классификации H.W. Meyerding [11]. Спондилолистез III степени отмечен у 5 пациентов, IV степени — у 7 детей (рис. 1). У всех пациентов имел место спондилолизный спондилолистез. В контрольную группу были включены 12 здоровых детей того же возраста, которым проводили только плантографическое обследование.

Критерии соответствия. В исследование включены пациенты со спондилолистезом тела L5 по-

звонка III–IV степени, сопровождающимся стенозом позвоночного канала на этом уровне и компрессией корешков спинного мозга. У всех больных выявлялась неврологическая симптоматика в виде наличия радикулярного синдрома разной степени выраженности.

Критерии исключения: спондилолистез I и II степени, наличие у пациентов неврологических нарушений типа A, B и C по шкале Frankel с парезами и контрактурами нижних конечностей. Исключение из выборки составили пациенты с выраженными супинационными контрактурами стоп различного генеза, вследствие невозможности установить реперные точки и провести вычисления плантографических индексов ввиду отсутствия опорности головки первой плюсневой кости с одной или обеих сторон. Также по причине невозможности определения индексов стоп из группы пациентов были исключены дети с двусторонним продольным плоскостопием II степени и выше, которое диагностировали по классической методике С.Ф. Годунова [12].

Методы. Методами лучевой диагностики спондилолистеза являлись рентгенография, мульти-спиральная компьютерная томография (МСКТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), определяющие степень смещения L5 позвонка и оценивающие положение корешков спинного мозга. Рентгенологическое исследование проводили в двух стандартных проекциях с применением функциональных проб на аппарате PHILIPS Digital Diagnost (Голландия). МСКТ проводили на аппарате PHILIPS Brilliance 64 (Голландия) по низкодозному протоколу для каждой возрастной группы, с объемной (3D) и MPR-реконструкцией полученных изображений во фронтальной, сагиттальной и аксиальной плоскостях. МРТ осуществляли на аппарате PHILIPS Panorama NFO 1.0T. (Голландия) по стандартному протоколу.

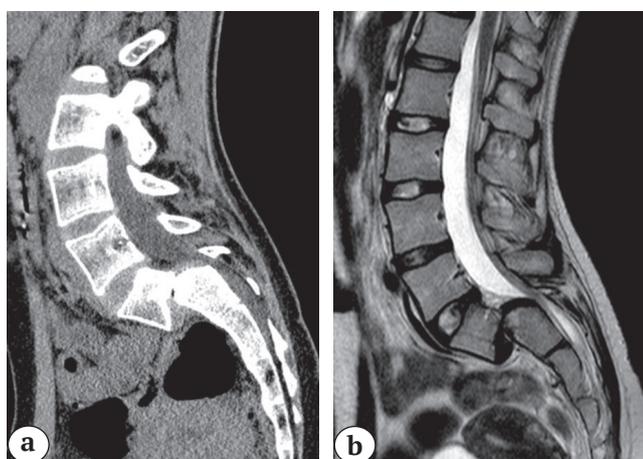


Рис. 1. Пациентка, 17 лет. Спондилолистез L5 позвонка IV степени. Деформация и стеноз позвоночного канала на уровне пояснично-крестцового отдела позвоночника: а — МСКТ; б — МРТ

Fig. 1. Female patient, 17 y.o. L5 spondylolisthesis of grade IV. Deformity and spinal canal stenosis at lumbosacral spine: a — MSCT; b — MRI

Исследование опорной функции стоп проводили на программно-аппаратном комплексе диагностики «Подоскан» (ООО НМФ «МБН», Россия), усовершенствовав методику для определения плантографических характеристик и оценки параметров сводов стоп [13]. Оценку функционирования стоп в динамике проводили при различной весовой нагрузке на стопу: нагрузка половиной веса тела на каждую стопу (плантография двуопорная) и весом всего тела на каждую стопу (плантография одноопорная). Рассчитывали плантографические индексы сводов, определяемые соотношением локальной нагрузки на отдел свода к общей нагрузке на свод, дающие информацию о состоянии стопы [14]. Для этого на плантограммах расставляли идентификационные точки и соединяли их линиями (рис. 2) для расчета индексов опоры стоп: переднего — $t = KE/BC$, медиального — $m = GS/GO$, срединного — $s = PW/PO$ и латерального — $l = MN/NO$. Указанные индексы отражают состояние сводов стопы: t — поперечного, m — внутреннего продольного, s — срединного продольного, l — наружного продольного.

Статистические методы обработки

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, используя компьютерные программы SPSS 11.5 (IBM Corp., USA) и Statgraphics

Centurion 16.2 (Statgraphics Technologies Inc., USA). Проверяли гипотезы о виде распределений вариационных рядов (критерии Шапиро — Уилка и Колмогорова — Смирнова). Так как в сравниваемых группах хотя бы в одной количественные признаки не соответствовали закону нормального распределения, для сравнения значений несвязанных выборок использовался U-критерий Манна — Уитни, а для внутригрупповых сравнений применялся критерий Вилкоксона с расчетом Z-критерия. Количественные данные представляли в виде медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Пороговый уровень статистической значимости принимался при значении критерия $p < 0,05$. Для исследования взаимосвязи двух признаков применяли корреляционный анализ с использованием непараметрического коэффициента Спирмена r_s , который позволил изучить взаимосвязь поперечного и продольных сводов (соответственно, связь индексов опоры t , m и s). Корреляция считалась сильной при $r_s \geq 0,7$.

Результаты

В ходе клинического осмотра у здоровых детей и пациентов не было выявлено симптомов соединительно-тканной и мышечной дисплазий, внешних стигм дисэмбриогенеза. Отсутствовали контрактуры в коленных и тазобедренных суставах. Вес детей был в пределах возрастных норм.

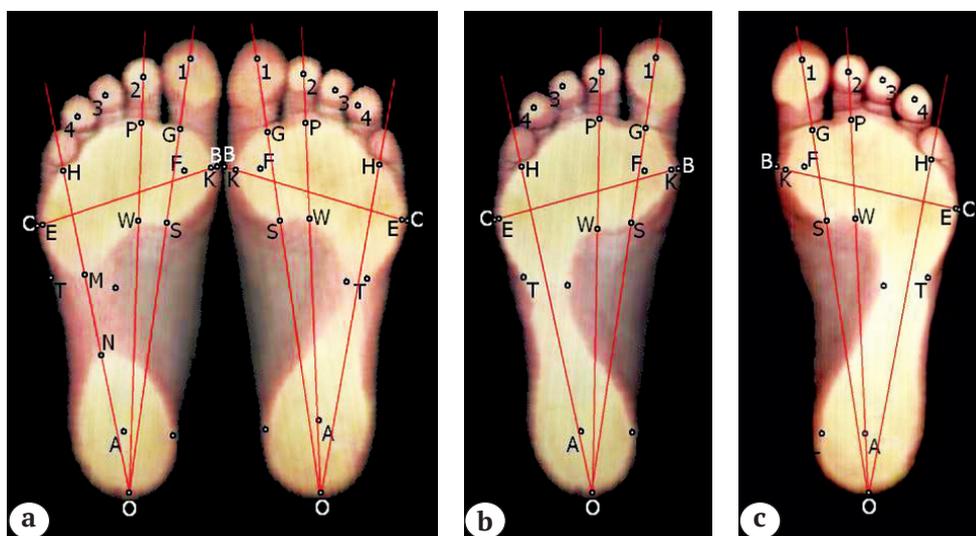


Рис. 2. Идентификационные точки плантограмм здорового ребенка, 12 лет: а — плантограмма при двуопорной нагрузке; б — плантограмма левой стопы при одноопорной нагрузке; с — плантограмма правой стопы при одноопорной нагрузке. Буквами на рисунках обозначены реперные точки

Fig. 2. Reference points on plantogramme of a healthy child, 12 y.o.: а — in double-bearing load; б — left foot in single-bearing load; с — right foot in single-bearing load. Letters indicate reference points.

При плантографическом исследовании детей со спондилолистезом L5 позвонка у 5 (41,6%) пациентов выявлена гипоплазия одной из стоп разной степени выраженности. Величина укорочения стопы составляла от 1 до 13 мм (среднее укорочение $5,7 \pm 1,86$ мм). С учетом того, что пациенты были разного возраста, укорочение стопы по сравнению с контралатеральной стороной выражали в относительных единицах измерения — от 1 до 9% (среднее укорочение $3,8 \pm 1,3\%$). При этом клиническими измерениями не было выявлено укорочения нижней конечности на стороне укороченной стопы, что исключало фактор асимметричности распределения нагрузки на подошвенную поверхность стоп. У 2 (17%) пациентов выявлено одностороннее продольное плоскостопие I степени, из них у одного ребенка наблюдалась разница в длине стоп — 7 мм, что составляет 4%, причем укороченная стопа не была уплощенной. Значения плантографических индексов обследованных детей представлены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показал, что у здоровых детей при переходе от двуопорной плантографии к одноопорной (то есть при двукратном увеличении нагрузки на стопу) произошло значимое изменение индексов опоры: увеличение t , m , s при уменьшении индекса l , что свидетельствует об

эластичности мягкотканых структур нормальной стопы. У пациентов со спондилолистезом L5 позвонка средняя величина индексов t и s оказалась значимо ниже аналогичных показателей здоровых детей как при двуопорной, так и при одноопорной нагрузке, что может быть связано с патологической тенденцией к супинационной установке стоп (рис. 3).

При этом наблюдалось, хотя и не значимое, снижение индекса m . Вместе с тем в тестах с повышением нагрузки на стопу у больных со спондилолистезом не происходило значимого увеличения средних показателей индексов t и m , что указывает на динамическую ригидность поперечного и внутреннего продольного сводов стоп у пациентов. Параметры индекса l у пациентов показали его значимое патологическое увеличение по сравнению с нормой при одноопорной нагрузке, что свидетельствует о статической ригидности наружного продольного свода, несмотря на сохранность его эластичности — значимое изменение этого показателя в процессе двукратного увеличения нагрузки.

Проведенный корреляционный анализ плантографических индексов позволил изучить взаимозависимость индексов опоры у здоровых и больных детей (табл. 2).

Таблица 1

Индексы опоры стоп здоровых детей и пациентов со спондилолистезом L5 позвонка

Индексы опоры ($\times 10^{-2}$)		Значения индексов опоры ($\times 10^{-2}$)				Критерий Манна – Уитни, p -value
		Здоровые дети		Дети со спондилолистезом		
		Me (Q1–Q2) $n = 12$	Критерий Вилкоксона	Me (Q1–Q2) $n = 12$	Критерий Вилкоксона	
t	Д	91,4 (92,2–95,6)	$Z = -3,140$ $p_3 = 0,02$	91,1 (87,4–93,2)	$Z = -0,684$ $p_6 = 0,494$	0,005
	О	96,8 (95,6–97,6)		92,6 (91,1–94,5)		0,000
m	Д	22,5 (20,1–23,2)	$Z = -4,167$ $p_3 = 0,000$	21,3 (17,2–23,3)	$Z = -0,657$ $p_6 = 0,511$	0,496
	О	25,0 (23,8–27,1)		23,5 (21,7–27,3)		0,170
s	Д	23,4 (22,3–24,8)	$Z = -3,198$ $p_3 = 0,001$	22,3 (19,6–24,5)	$Z = -2,029$ $p_6 = 0,043$	0,051
	О	26,2 (24,6–28,3)		23,5 (21,7–27,3)		0,031
l	Д	11,4 (0–28,1)	$Z = -3,516$ $p_3 = 0,000$	23,1 (15,6–38,1)	$Z = -3,362$ $p_6 = 0,001$	0,576
	О	0 (0–0)		9,2 (6,0–24,1)		0,015

Д — двуопорная плантография, О — одноопорная плантография; p_3 — уровень значимости изменения индексов опоры при переходе от двуопорной к одноопорной нагрузке у здоровых детей, p_6 — у больных; p -value — уровень значимости различия показателей между группами здоровых и больных детей.

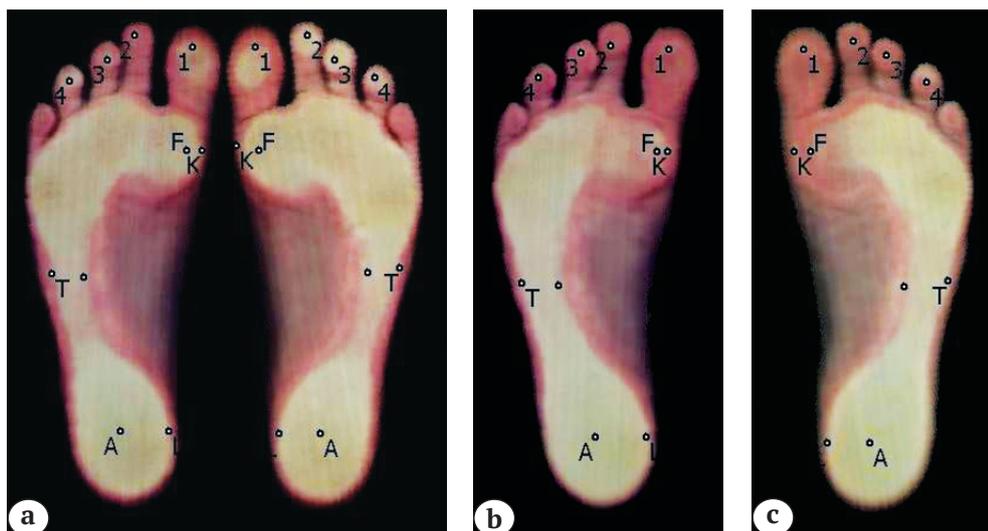


Рис. 3. Плантограммы стоп пациента, 13 лет, со спондилолистезом L5 позвонка IV степени:

a — при двуопорной нагрузке; b — при одноопорной нагрузке — левой стопы;

c — при одноопорной нагрузке — правой стопы. При одноопорной нагрузке выявляется супинация переднего отдела стоп, приводящая к снижению опорности головки первой плюсневой кости с обеих сторон

Fig. 3. Plantogrammes of patient, 13 y.o., L5 spondylolisthesis of grade IV:

a — at double-bearing load; b — at single-bearing load — left foot;

c — at single-bearing load — right foot. Supination of anterior foot is observed in single-bearing stance resulting in decrease of bearing ability of head of the first metatarsal at both feet

Таблица 2

Корреляционная связь между индексами опоры стоп у здоровых детей и пациентов с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка

Группа детей (стопы)	Коэффициент корреляции r_s					
	Двуопорная плантография			Одноопорная плантография		
	<i>m-t</i>	<i>s-t</i>	<i>m-s</i>	<i>m-t</i>	<i>s-t</i>	<i>m-s</i>
Здоровые (<i>n</i> = 24)	0,12 (<i>p</i> = 0,2125)	0,11 (<i>p</i> = 0,3696)	0,23 (<i>p</i> = 0,2892)	0,13 (<i>p</i> = 0,8547)	0,34 (<i>p</i> = 0,2698)	0,57 (<i>p</i> = 0,0911)
Со спондилолистезом (<i>n</i> = 24)	0,62 (<i>p</i> = 0,0662)	0,77 (<i>p</i> = 0,0325)	0,84 (<i>p</i> = 0,0000)	0,57 (<i>p</i> = 0,0601)	0,38 (<i>p</i> = 0,2165)	0,54 (<i>p</i> = 0,0019)

p — достигнутый уровень значимости полученной оценки коэффициента корреляции.

В группе здоровых детей при двуопорной нагрузке на стопы взаимосвязь между поперечным и продольными индексами опоры очень слабая и статистически незначимая, что свидетельствует о независимой нагружаемости сводов при равномерном распределении веса тела между стопами. При нагрузочных тестах, с попеременным переносом веса тела на каждую из стоп, у здоровых детей повышается связь между внутренним и срединным продольными сводами *m* и *s*, при этом уровень значимости коэффициента корреляции хотя и приближается к критическому значению 0,05, однако не достигает его. Необходимо подчеркнуть, что при этом связь между поперечным и продольными сводами стопы остается слабой и незначимой.

В группе пациентов со спондилолистезом L5 позвонка наблюдалась иная опорная стратегия стоп. При двуопорной нагрузке на стопы, в отличие от здоровых детей, выявлена сильная взаимосвязь между всеми сводами стоп. Корреляция между внутренним и срединным продольными сводами, а также между срединным продольным и поперечным сводами оказалась значимой.

При переходе к одноопорной нагрузке у обследованных пациентов, несмотря на повышение энергетических затрат для удержания равновесия, наблюдалась обратная реакция — не увеличение, а уменьшение функциональных взаимосвязей между сводами, которые характеризовались снижением всех коэффициентов корреляции, а значимость корреляционной связи сохранилась

только между внутренним и срединным продольными сводами.

Обсуждение

Стопа является одним из основных структурных сегментов опорно-двигательного аппарата человека, обеспечивающих его стато-локомоторную функцию, и представляет целостный морфофункциональный объект, от которого зависит двигательная функция человека [15]. В доступной литературе мы не нашли конкретной, инструментально подтвержденной информации, описывающей морфофункциональные характеристики стоп у детей со спондилолистезом L5 позвонка. Выявленное нами в настоящем исследовании одностороннее укорочение стоп у растущих пациентов со спондилолистезом L5 позвонка, с одной стороны, можно было бы объяснить гиподисфункцией метаэпифизарного хряща костей вследствие трофических нарушений, как это показано в исследовании J.C. Nguyen с соавторами [16]. С другой стороны, в наших ранних исследованиях изменения в активности росткового хряща наблюдались и при полном исключении каких-либо клеточно-гуморальных воздействий на него [17]. Поэтому можно предположить, что у пациентов с заболеванием позвоночника замедление роста стопы происходило вследствие угнетения ростковых зон ее костей на фоне нарушения баланса распределения нагрузки в пределах стопы, что приводило к неадекватному изменению механических стимулов [18]. Известно, что одной из основных функций стопы является рессорная, которая заключается в способности сводов стопы гасить энергию удара, возникающего в момент касания стопы с опорой во время ходьбы или бега. Наибольшую амортизирующую роль играет внутренний продольный свод стопы, который в норме действует как пружина, смягчая толчки тела при контакте стопы с опорой. Мы в этой работе использовали метод функциональной плантографии, который, согласно данным В.С. Аносова с соавторами, позволяет сравнивать рессорную функцию стоп у здоровых и больных детей, а также констатировать ригидность стоп у пациентов со спондилолистезом [19]. Согласно результатам проведенного настоящего исследования, у больных со спондилолистезом L5 позвонка обнаружена ригидность сводов стоп, несмотря на сохранение признаков эластичности срединного и внутреннего продольных сводов.

Нами была выявлена у пациентов с тяжелыми формами спондилолистеза патологическая сильная функциональная взаимосвязь между сводами стопы при двуопорной нагрузке и ненормальное снижение связи между сводами при одноопорной нагрузке, что может указывать на неадекват-

ность рессорной и амортизационной функций сводов стопы вследствие их ригидности. Такие отличия в опорной стратегии стоп пациентов могут быть обусловлены нейромышечной дисфункцией нижних конечностей вследствие смещения позвонка L5, приводящего к компрессии корешков спинного мозга, сопровождающегося частичным блоком проведения компрессионно-ишемического характера на уровнях корешков L1–L5 позвонков. Такое нарушение афферентно-эфферентных взаимодействий нижних конечностей с ЦНС может приводить к ригидности сводов стоп [20] и нарушению их рессорной функции [21]. Мы предполагаем, что у детей со спондилолистезом на фоне вертебро-радикулярного конфликта изменяется кортикоспинальный механизм реализации акта опоры стоп, который обусловлен нарушениями прохождения афферентно-эфферентных сигналов. В условиях измененной центральной регуляции локомоторных функций у таких пациентов включаются адаптивные механизмы компенсации для поддержания равновесия тела. Весьма вероятно, что эти компенсаторные механизмы реализуются путём избирательного изменения активности и синхронизированности мышц голени, приводящего к смене стратегии арочного аппарата стоп [22]. На наш взгляд, такая адаптивная вновь сформированная опорная стратегия позволяет обеспечить поддержание вертикальной позы и возможность движения в неблагоприятных условиях функционирования. Таким образом, параметры плантографии могут свидетельствовать о перестройке нормальной моторной программы сложного акта стояния в организме пациентов с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка в патологическую.

Необходимо отметить отягощающее влияние ригидности стоп на состояние позвоночника. Известно, что в случае снижения упругих свойств стопы при ее ригидности понижаются амортизирующие ее свойства, что влечет за собой повышенную ударную нагрузку и усиление вибрационных воздействий на все располагающиеся выше суставы и органы [23]. Более ригидный мышечно-связочный аппарат стопы не может мягко поглотить значительную энергию приходящей на нее нагрузки, вследствие чего имеется высокая вероятность повреждения анатомических структур всего опорно-двигательного аппарата [24]. В результате позвоночник и спинной мозг большого ребенка становятся еще менее защищенными от внешних механических воздействий, получаемых в процессе ходьбы, бега и прыжков. В такой ситуации сниженная рессорная функция стопы не только не спасает позвонки от постоянной микротравматизации и связанных с ней дегенеративно-дистрофических процессов, но и неизбежно

приводит к быстрому прогрессированию необратимых заболеваний межпозвоночных сочленений [25].

Таким образом, имеющиеся изменения в стопе, сформировавшиеся как компенсаторный механизм в результате изменений в пояснично-крестцовом позвоночно-двигательном сегменте, оказывают отягощающее влияние, усиливая прогрессирование заболевания в процессе дальнейшего развития ребенка. Учитывая эти факты, определение упругих характеристик, а значит, и амортизационных свойств стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза важно в целях ранней диагностики функционального состояния сводов стопы, нарушение которого приводит к неблагоприятным последствиям для всего опорно-двигательного аппарата и снижению его адаптивных возможностей.

У всех пациентов с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка данные плантографических исследований свидетельствуют о ригидности сводов стоп и нарушении их опорной стратегии. По сравнению со здоровыми детьми, опороспособность стоп у пациентов со спондилолистезом реализуется за счет патологического усиления функциональной взаимосвязи между сводами стопы при двуопорной нагрузке и аномального снижения взаимодействия между ними при одноопорной нагрузке. Необходимо учитывать отягощающее влияние ригидных стоп на состояние позвоночника и включать в план комплексной диагностики детей со спондилолистезом L5 позвонка изучение опорной функции стоп.

Этика публикации: исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации 2013 г. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом. У родителей всех участников исследования было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании и публикацию данных.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Никитюк И.Е. — разработка дизайна исследования, сбор и статистическая обработка материала, обзор публикаций по теме статьи и написание текста рукописи.

Виссарионов С.В. — сбор и анализ материала, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, этапное и заключительное редактирование рукописи.

Литература [References]

1. Скрыбин Е.Г. Спондилолиз и спондилолизный спондилолистез LV позвонка у детей дошкольного и младшего школьного возраста. *Вестник новых медицинских технологий*. 2014;21(3):72-75. DOI: 10.12737/5903. Skryabin E.G. [Spondylolysis and spondylolisthesis LV vertebra in the children of preschool and primary school]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of New Medical Technologies]. 2014;21(3):72-75. (In Russian). DOI: 10.12737/5903.
2. Петров А.Г., Соколов А.О. Клинико-рентгенологическая диагностика спондилолистеза у детей. *Современные тенденции развития науки и технологий*. 2016;10(5):72-76. Petrov A.G., Sokolov A.O. [Clinical and radiological diagnosis of spondylolisthesis in children]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*. 2016;10(5):72-76. (In Russian).
3. Gagnet P., Kern K., Andrews K., Elgafy H., Ebraheim N. Spondylolysis and spondylolisthesis: A review of the literature. *J Orthop*. 2018;15(2):404-407. DOI: 10.1016/j.jor.2018.03.008.
4. Шаповалов В.М., Надулич К.А., Теремшонок А.В., Ястребков Н.М. Отдаленные результаты хирургического лечения больных с истинным спондилолистезом методом изолированного переднего спондилодеза. *Травматология и ортопедия России*. 2012;(1):14-21. Shapovalov V.M., Nadulich K.A., Teremshonok A.V., Nagorny E.B., Yastrebkov N.M. [The long-term results of surgical treatment of patients with true spondylolisthesis using anterior lumbar interbody fusion]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(1):14-21. (In Russian).
5. Дулаев А. К., Надулич К. А., Теремшонок А. В., Лебедев В.Б. Лечение пациентки с истинным спондилолистезом L5 позвонка IV степени. *Хирургия позвоночника*. 2006;1:62-65. Dulaev A.K., Nadulich K.A., Teremshonok A.V., Lebedev V.B. [A case of grade IV real L5 spondylolisthesis]. *Hirurgiya pozvonochnika* [Journal of Spine Surgery]. 2006;1:62-65. (In Russian).
6. Nagai K., Aoyama T., Yamada M., Izeki M., Fujibayashi S., Takemoto M. et al. Quantification of changes in gait characteristics associated with intermittent claudication in patients with lumbar spinal stenosis. *J Spinal Disord Tech*. 2014;27(4):136-142. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182a2656b.
7. Скрыбин Е.Г., Шарыпова А.А. Взаимосвязь заболеваний позвоночника и стоп у детей. *Медицинская наука и образование Урала*. 2016;17(2-86):45-48. Skryabin E.G., Scharypova A.A. [Relationship of diseases spine and feet in children]. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala*. 2016;17(2-86):45-48. (In Russian).
8. Ромакина Н.А., Федонников А.С., Киреев С. И., Бахтеева Н.Х., Норкин И.А. Использование методов биомеханики в оценке состояния и коррекции патологии опорно-двигательной системы (обзор). *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2015;11(3):310-316. Romakina N.A., Fedonnikov A.S., Kireev S.I., Bakhteeva N.Kh., Norkin I.A. [Application of techniques of biomechanics in the status evaluation and pathology correction of locomotor system (review)]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2015;11(3):310-316. (In Russian).

9. Перепелкин А.И., Гавриков К.В., Смаглюк Е.С., Сулейманов Р.Х. Морфофункциональные возрастные особенности стопы детей со сколиозом. *Вестник новых медицинских технологий*. 2010;17(2):232-233. Perpelkin A.I., Gavrikov K.V., Smaglyuk E.S., Suleimanov R.Kh. [Morphofunctional age-specific peculiarities of foot at children with scoliosis]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of New Medical Technologies]. 2010;17(2):232-233. (In Russian).
10. Grivas T.B., Stavlas P., Koukos K., Samelis P., Polyzois B. Scoliosis and cavus foot. Is there a relationship? Study in referrals, with and without scoliosis, from school screening. *Stud Health Technol Inform*. 2002;88:10-14.
11. Meyerding H.W. Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *J Int Coll Surg*. 1956;26(5 Part 1):566-591.
12. Годунов С.Ф. О плоскостопии у детей. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1968;1:40-48. Godunov S.F. [Flat feet in children]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics]. 1968;1:40-48. (In Russian).
13. Никитюк И.Е., Мошонкина Т.Р., Щербак Н.А., Виссарионов С.В., Умнов В.В., Рождественский В.Ю., и др. Влияние локомоторной тренировки и функциональной электромиостимуляции на поструральные функции детей с тяжелыми формами ДЦП. *Физиология человека*. 2016;42(3):37-46. DOI: 10.7868/S0131164616030127. Nikityuk I.E., Moshonkina T.R., Shcherbakova N.A., Vissarionov S.V., Umnov V.V., Rozhdestvenskii V.Yu., et al. [Effect of locomotor training and functional electrical stimulation on postural function in children with severe cerebral palsy]. *Fiziologiya cheloveka*. [Human Physiology]. 2016;42(3):37-46. (In Russian). DOI: 10.7868/S0131164616030127.
14. Menezes L.T., Barbosa P.H.F.A., Costa A.S., Mundim A.C., Ramos G.C., Paz C.C.S.C., et al. Baropodometric technology used to analyze types of weight-bearing during hemiparetic upright position. *Fisioterapia em Movimento*. 2012;25(3):583-594.
15. Ефимов А.П. Информативность биомеханических параметров походки для оценки патологии нижних конечностей. *Российский журнал биомеханики*. 2012;16(1):80-88. Efimov A.P. [Informativity of biomechanical parameters of gait for the estimation of the lower extremities pathology]. *Rossiiskii zhurnal biomekhaniki* [Russian Journal of Biomechanics]. 2012;16(1):80-88. (In Russian).
16. Nguyen J.C., Markhardt B.K., Mellow A.C., Dwek J.R. Imaging of Pediatric Growth Plate Disturbances. *Radiographics*. 2017;37(6):1791-1812. DOI: 10.1148/rg.2017170029.
17. Никитюк И.Е., Попов И.В., Полянский В.А., Дудкин В.И. Структура хряща метаэпифизарных пластинок роста в условиях полной изоляции от клеточно-гуморальных воздействий при пересадке в мягкие ткани (экспериментальное исследование). *Морфология*. 2007;131(3):45-49. Nikityuk I.E., Popov I.V., Polyanskii V.A., Dudkin V.I. Structure of metaepiphyseal growth plate cartilage as influenced by total isolation from cellular and humoral influences after its transplantation into soft tissues (an experimental study). *Morfologiya* [Morphology]. 2007;131(3):45-49. (In Russian).
18. Guevara J.M., Moncayo M.A., Vaca-González J.J., Gutiérrez M.L., Barrera L.A., Garzón-Alvarado D.A. Growth plate stress distribution implications during bone development: a simple framework computational approach. *Comput Methods Programs Biomed*. 2015;118(1):59-68. DOI: 10.1016/j.cmpb.2014.10.007.
19. Аносов В.С., Болтрукевич С.И., Михович М.С., Кочергин В.В. Динамическая фотоплантография с компьютерным анализом в диагностике и лечении продольного плоскостопия у детей. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2005;3:151-155. Anosov V.S., Boltrukevich S.I., Mikhovich M.S., Kochergin V.V. [The computer-assisted dynamic photoplantography in the children longitudinal flatfoot diagnostics and treatment]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta* [Journal of the Grodno State Medical University]. 2005;3:151-155. (In Russian).
20. Шалавина А.С., Ситдииков Ф.Г. Состояние и подготовленность продольного свода стопы младших школьников. *Фундаментальные исследования. Биологические науки*. 2013;11:954-957. Режим доступа: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33232>. Shalavina A.S., Sitdikov F.G. [Condition and preparedness of the longitudinal arch of foot of elementary school age children]. *Fundamental'nye issledovaniya. Biologicheskie nauki* [Fundamental research. Biological sciences]. 2013;11:954-957. (In Russian). Available from: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33232>.
21. Buldt A.K., Forghany S., Landorf K.B., Murley G.S., Levinger P., Menz H.B. Centre of pressure characteristics in normal, planus and cavus feet. *J Foot Ankle Res*. 2018;11:3-11. DOI: 10.1186/s13047-018-0245-6.
22. Аничков Н.М., Кудрявцев В.А., Минченко Н.Л. Клинико-морфологические параллели при распластанности переднего отдела стопы. *Травматология и ортопедия России*. 1995;1:15-18. Anichkov N.M., Kudryavtsev V.A., Minchenko N.L. [Clinical and morphological parallels in flatness of the forefoot]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopaedics of Russia]. 1995;1:15-18. (In Russian).
23. Williams D.S., Tierney R.N., Butler R.J. Increased medial longitudinal arch mobility, lower extremity kinematics, and ground reaction forces in high-arched runners. *J Athl Train*. 2014;49(3):290-296.
24. Fouré A., Cornu C., McNair P.J., Nordez A. Gender differences in both active and passive parts of the plantar flexors series elastic component stiffness and geometrical parameters of the muscle-tendon complex. *J Orthop Res*. 2012;30(5):707-712.
25. Пономарева И.П., Дьякова Е.М., Сотников К.А., Крылов Д.В., Ващенко В.А. Анатомо-физиологические особенности стопы и причины развития ее возрастных изменений. *Фундаментальные исследования. Медицинские науки*. 2014;7:776-780. Режим доступа: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34980>. Ponomareva I.P., Dyakova E.M., Sotnikov K.A., Krylov D.V., Vashchenko V.A. [Condition and preparedness of the longitudinal arch of foot of elementary school age children]. *Fundamental'nye issledovaniya. Meditsinskie nauki* [Fundamental research. Medical sciences]. 2014;7:776-780. (In Russian). Available from: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34980>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Никитюк Игорь Евгеньевич — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологических и биомеханических исследований, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

Виссарионов Сергей Валентинович — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной и учебной работе, руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Igor E. Nikityuk — Cand. Sci. (Med.), leading research associate of the Laboratory of Physiological and Biomechanical Research, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Sergey V. Vissarionov — Dr. Sci. (Med.), professor, deputy director for Research and Academic Affairs, head of the Department of Spinal Pathology and Neurosurgery, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

На первое полугодие 2020 года подписку на наш журнал можно оформить через объединенный каталог «Пресса России» в любом отделении почтовой связи.

Подписной индекс – 33020.

Также подписаться на журнал можно онлайн на сайтах www.ppressa-rf.ru и www.akc.ru.

Комментарий к статье «Нарушение функции стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка»

А.Ю. Мушкин

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии»
Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Comment to the Article „Foot Function Disorders in Children with Severe Spondylolisthesis of L5 Vertebra“

A.Yu. Mushkin

Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russian Federation

Чем более профессионально «узкими» становятся специалисты, занимающиеся в рамках ортопедии тем или иным отделом опорно-двигательного аппарата, тем важнее их взаимодействие при анализе сочетанной или взаимноотягочающей патологии. Именно поэтому название статьи неизбежно привлечет специалистов, занимающихся подростковой ортопедией: нарушения со стороны нижних конечностей достаточно часто осложняют тяжелые смещения пятого поясничного позвонка. Нередко именно нейрогенная патология становится поводом к принятию хирургом-вертебрологом сложных тактических решений: достаточно ли ограничиться стабилизацией сегмента L5-S1, необходима ли редукция листеза и до какой степени, какие пространственные изменения и, к сожалению, неприятные клинические осложнения могут возникнуть при коррекции? Учитывая противоречивость точек зрения на эти вопросы, интерес к заявленной тематике естественен.

В группе из 12 пациентов в возрасте от 8 до 17 лет со спондилолистезом L5 III–IV степеней авторы провели плантографическое исследование

• Комментарий к статье

Никитюк И.Е., Виссарионов С.В. Нарушение функции стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):71-80. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-71-80.

стоп в условиях одно- и двухопорной нагрузки с комплексным анализом показателей. В качестве контроля в том же объеме обследована сопоставимая группа здоровых подростков. Показано, что при тяжелых спондилолистезах меняется анатомо-функциональное состояние стоп, что проявляется их ригидностью, изменением формы и опорной стратегии.

Все выглядит достаточно логичным и доказательным, базируется на обоснованном статистическом анализе. Но почему-то при знакомстве с текстом остается ощущение некоторой неудовлетворенности. Пытаясь объяснить себе причину этого, обратил внимание на следующее:

– во-первых, обнаружение нарушений опорной функции стоп при тяжелых спондилолистезах не является новым фактом: анатомо-функциональные изменения, особенно со стороны дистальных отделов нижних конечностей являются одним из типичных осложнений этой вертебральной патологии;

– во-вторых, учитывая включение в исследование пациентов с разными степенями смещения (III–IV) и достаточно большим возрастным разбросом (в 10 лет этого периода попадают три физиологических группы – предпубертат, пубертат и юношество), читатель ожидает, но не находит изучения корреляций между особенностями вертебральной

Мушкин А.Ю. Комментарий к статье «Нарушение функции стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):81-82. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-81-82.

Cite as: Mushkin A.Yu. [Comment to the Article „Foot Function Disorders in Children with Severe Spondylolisthesis of L5 Vertebra“]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):81-82. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-81-82.

Мушкин Александр Юрьевич / Alexander Yu. Mushkin; e-mail: aymushkin@mail.ru

патологии, анатомо-функциональной зрелостью и изменениями со стороны стоп;

– наконец, авторы честно указывают на то, что исключили из анализа пациентов с тяжелыми неврологическими расстройствами (типы А, В, С по шкале Frankel), с выраженными супинационными деформациями стоп и с двусторонним плоскостопием II степени. И становится понятным, что из большой когорты клинически тяжелых и сложных по обоснованию объема операции пациентов со спондилолистезами L5 III–IV степеней по Meyerding, авторы отобрали ограниченную селективную группу (всего 12 пациентов), сформированную по двум основным признакам: от-

сутствие тяжелых неврологических нарушений и возможность проведения полноценного плантографического исследования.

Именно отсутствие подобного четкого методологического структурирования (в т.ч. и в резюме), объясняет двойственное ощущение от публикации: те эпидемиологические, клинические и статистические данные, которые ожидаешь увидеть, читая емкое название «Нарушение функции стоп у детей с тяжелыми формами спондилолистеза L5 позвонка» лежат далеко за рамками решаемого в статье интересного, но достаточно узкого вопроса: какие плантографические изменения отмечаются у таких пациентов?

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Мушкин Александр Юрьевич — д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель клиники детской хирургии и ортопедии; руководитель научно-клинического центра патологии позвоночника, ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Alexander Yu. Mushkin — Dr. Sci. (Med.), professor, chief researcher, head of Clinic of Pediatric Surgery and Orthopaedics; the head of Scientific and Clinical Centre of Spine Pathology, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology, Saint-Petersburg, Russian Federation.

Классификация синдрома (деформации) Хаглунда

А.П. Середа¹, А.М. Белякова²

¹ Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия

² ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, Россия

Реферат

Цель исследования — предложить классификацию многообразия вариантов синдрома Хаглунда на основе результатов дифференцированного лечения, выполнить систематический обзор публикаций. **Материал и методы.** В статье отражен опыт диагностики и лечения 77 последовательных пациентов с синдромом Хаглунда. Было прооперировано 68 пациентов с синдромом Хаглунда (79 операций), из них у 14 операция была выполнена эндоскопически. У 9 пациентов была выбрана консервативная тактика. **Результаты.** В результате анализа многообразия встретившихся вариантов синдрома Хаглунда нами предложены клиническая и морфологическая классификации синдрома Хаглунда, определяющие тактику лечения. По клинической форме деформация Хаглунда может быть физикально очевидной, неочевидной, «прячущейся». Особым клиническим вариантом является косметическая форма. По морфологическому признаку предлагается выделять верхний, верхне-латеральный, «по дуге», тотальный типы и атипичные варианты. При верхнем типе деформации и реже при верхне-латеральном предпочтительна эндоскопическая или мини-инвазивная коррекция, более экстенсивные варианты следует оперировать открыто. Результаты через 11,5±1,2 мес. после операции оказались значимо лучше предоперационного статуса ($p<0,001$) и составили 92,2±3,1 баллов для открытых операций (86,1±3,5 и 93,2±2,2 при разных типах) и 94,7±1,8 баллов после эндоскопических операций по шкале AOFAS. Консервативная тактика также улучшила результаты с 75,1±4,7 до 80,1±5,7 баллов AOFAS ($p<0,001$), но эти результаты оказались хуже по сравнению с хирургическим лечением ($p<0,001$). Собственные результаты лечения пациентов включены в обновленный систематический обзор 28 работ, посвященных результатам открытого (суммарно 681 пациент) и эндоскопического (суммарно 321 пациент) лечения пациентов с синдромом Хаглунда. **Заключение.** Особое внимание следует уделить «прячущимся» клиническим вариантам течения у спортсменов, не проявляющимся признаками тенонии, но ухудшающим спортивные результаты. Мы считаем оправданной тактику, основанную на клинической и морфологической классификациях, когда тип операции определяется типом деформации и ее локализацией.

Ключевые слова: ахиллово сухожилие, синдром Хаглунда, деформация Хаглунда.

DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-83-98

Classification for Haglund's Syndrome (Deformity)

A.P. Sereda¹, A.M. Belyakova²

¹ Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russian Federation

² Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

Abstract

The objective of the study — to propose a classification for Haglund's syndrome based on the differentiated treatment outcomes and to conduct a systematic review of articles on this topic.

Materials and Methods. The article based on the diagnosis and treatment of 77 patients with Haglund's syndrome. 68 patients with Haglund's syndrome underwent surgery (79 operations), 14 of which were endoscopic. In 9 patients conservative treatment techniques were undertaken. **Results.** As a result of analyzing a variety of cases

Серда А.П., Белякова А.М. Классификация синдрома (деформации) Хаглунда. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):83-98. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-83-98.

Cite as: Sereda A.P., Belyakova A.M. [Classification for Haglund's Syndrome (Deformity)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):83-98. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-83-98.

✉ Серда Андрей Петрович / Andrey P. Sereda; e-mail: drsereda@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 26.03.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 06.06.2019.

of Haglund's syndrome, we proposed clinical and morphological classifications for Haglund's syndrome that help to choose the optimal treatment tactics. According to its clinical form, Haglund's deformity may be common, atypical, and "hiding". A special clinical variation is a cosmetic form. Depending on morphological characteristics, it was proposed to distinguish upper, upper-lateral, "arc type", total types, and atypical variations. With the upper type of deformity and, rarely, with the upper-lateral one, an endoscopic technique or minimally invasive surgical correction is preferable. For more extensive variants, the only solution should be an open procedure. The outcomes at 11.5±1.2 months after surgery showed significant improvement in patient condition as compared to the preoperative status ($p<0.001$). On the AOFAS, the scores were 92.2±3.1 after open procedures (86.1±3.5 and 93.2±2.2 for the different types) and 94.7±1.8 after endoscopic operations. However, we cannot speak confidently of the advantage of endoscopic surgery, since adequate resection during the endoscopic operation is possible only in limited cases of the Haglund's deformity types (upper and upper-lateral). For the same reason, it is impossible to compare the results of minimally invasive surgery with fluoroscopic control with the results of open surgical intervention. According to AOFAS ($p<0.001$), conservative treatment also improved the status of patients, more specifically from 75.1±4.7 to 80.1±5.7. However these improvements were significantly less compared to surgical treatment ($p<0.001$). Our results of patient treatment were included in an updated systematic review of twenty-eight studies related to the results of open (681 patients in total) and endoscopic (321 patients in total) treatment of patients with Haglund's syndrome. **Conclusion.** Particular attention should be paid to the "hiding" clinical cases which do not manifest signs of tenopathy, but are detrimental to athletic performance. We consider treatment strategy based on clinical and morphological classifications as justified, when the type of operation (open, minimally invasive or endoscopic) was determined by the type of deformity and its localization.

Keywords: Achilles tendon, Haglund's syndrome, Haglund's deformity.

Введение

Вопросы лечения синдрома Хаглунда сохраняют актуальность. Публикации по этой теме появляются в научной периодике нечасто, но весьма регулярно и из всех стран мира. Относительно небольшое число публикаций контрастирует с широкой известностью этой нозологии — о ней достаточно много пишут в неспециализированной литературе, статьях для пациентов. Может быть, с одной стороны, актуальность и переоценена, но, с другой стороны, возможно ортопеды расценивают синдром Хаглунда как неинтересный и незаслуживающий исследований.

Мы специально предпочли указать в названии статьи сразу после слова «синдром» в скобках — деформация. Ранее мы проводили работу, в которой доказывали, что синдром Хаглунда стоит называть именно синдромом [1], так как он состоит из компонентов [2, 3]:

- увеличенной верхней части бугра пяточной кости (по предложению Н. Lohrer ее название — бугристость Хаглунда [4]);
- конфликтной тенопатии ахиллова сухожилия (в месте контакта с увеличенной частью бугра пяточной кости);
- воспаленной *bursa tendinis calcanei* (термин по Terminologia Anatomica [5], встречается название — ретрокальканеальная сумка [6–8]).

В классической ситуации комбинация этих трех компонентов является достаточной и необходимой для верификации диагноза синдрома Хаглунда. Наличие увеличенной верхней части бугра пяточной кости в отсутствие тенопатии не является основанием для утверждения о наличии синдрома Хаглунда [1], а деформация сама по себе

часто встречается у асимптомных пациентов [9]. По классификации van C.N. Dijk с соавторами, деформация Хаглунда относится к заболеваниям, связанным с ахилловым сухожилием, в частности к группе патологий, локализующихся вокруг места прикрепления ахиллова сухожилия [10]. Субстратом для такого утверждения как раз и является второй компонент (конфликтная тенопатия).

В связи с этим термин «деформация» указывает только лишь на один из компонентов синдрома Хаглунда [1], однако на практике коллеги используют чаще термин «деформация Хаглунда». Полагая вопрос терминологии малозначимым, мы предпочли такое двойное наименование.

Лечение синдрома Хаглунда может быть консервативным, а при неэффективности — оперативным. Консервативное лечение имеет ограниченную эффективность, носит симптоматический характер и состоит из ограничения нагрузки, ношения обуви с каблуком, локальной криотерапии и нестероидных противовоспалительных препаратов [1, 11–13]. Несмотря на почти полное отсутствие контролируемых исследований, распространена тактика начала лечения именно с консервативных мероприятий. Нам удалось обнаружить только две работы, в которых рассматривалось консервативное лечение. По данным G.J. Sammarco с соавторами, консервативное лечение эффективно только у 35% пациентов [14]. В работе J. Qi с соавторами сравнивалось консервативное лечение (39 пациентов) и эндоскопическая кальканеопластика (25 пациентов), и оказалось, что операция дала значимо лучшие результаты по шкалам AOFAS и Ogilvie-Harris в сравнении с консервативной тактикой [15].

Применение ортопедических стелек при синдроме Хаглунда изучалось в рандомизированном исследовании V.M. Matilla с соавторами. Оказалось, что стельки не снижают риска обострений и фактически не имеет терапевтического эффекта [16].

Предпринимались попытки применять и физиотерапевтические методы: R. Aliyev с соавторами получили положительный результат при использовании микротоковой терапии CellVAS, но в этом исследовании критерием включения была весьма неконкретная «ахиллодиния», включающая синдром Хаглунда [17].

Хирургическое лечение может быть показано в качестве первой линии с учетом невысокой эффективности консервативных мероприятий либо в качестве второй линии при отсутствии эффекта. Операции при синдроме Хаглунда можно разделить на четыре типа:

- открытая краевая резекция бугристости Хаглунда (с отсечением ахиллова сухожилия или без);
- эндоскопическая краевая резекция;
- корригирующие остеотомии пяточной кости;
- комбинированные операции.

Эффективность различных открытых операций изучалась в работах А.А. Карданова [18], J.A. Anderson [19], P. Angermann [20], J. Brunner [21], C.H. Chen [22], A. Biyani [23], M.U. Lehto [24], Z. Leitze [25], E. Nesse [26], M. Pauker [27], G.J. Sammarco [14], A.A. Schepsis [28], W. Schneider [29], E.J. Sella [3], систематический обзор которых был выполнен нами ранее в 2014 г. [1]. С того времени появились публикации S. Natarajan с соавторами [30], Y. Jiang с соавторами [31], J.H. Ahn с соавторами [32], J. Vega с соавторами [33] и C. Lin с соавторами [34]. Последняя работа интересна тем, что в ней сравниваются результаты краевой резекции с корригирующей остеотомией — авторы показали, что остеотомия дает худшие результаты в сравнении с краевой резекцией. К сожалению, полный текст статьи оказался на китайском языке, что не позволило нам включить ее в систематический обзор. Кроме того, нам удалось обнаружить еще работу O. Jardé с соавторами [35], которая по досадной случайности не была включена нами в предыдущий обзор.

Эндоскопические операции изучались во включенных в предыдущий обзор работах Z. Leitze [25], J. Jerosch [36], G. Morag [37], F.W. Ortmann [8], P.E. Scholten [38], M.N. van Sterkenburg [39], C.N. van Dijk [40]. С тех пор в 2016 г. появились еще работы J. Qi с соавторами [15] и J. Vega с соавторами [33], и нам удалось найти работу 2012 г. Z. Wu с соавторами [41], которая также случайно не вошла в предыдущий обзор.

Корригирующим остеотомиям уделяют незаслуженно мало внимания [42], и публикаций на эту тему немного.

Существуют и комбинированные методики, например, T.A. Syed и A. Perera [42] предлагают оригинальную комбинацию минимально инвазивной чрескожной остеотомии пяточной кости по I. Zadek [43] с эндоскопической краевой резекцией.

В редких случаях при синдроме Хаглунда применяется транспозиция сухожилия *flexor hallucis longus*, когда имеет место значительная инсерционная тенпатия ахиллова сухожилия. Однако в данном случае эта методика скорее направлена именно на тенпатию, чем на связанную с ней бугристость Хаглунда. Кроме того, эффективность транспозиции только по сравнению с дебридментом и реинсерцией весьма сомнительна [44, 45].

Удивительно, но ни в одной из 27 работ, объединяющих 923 случая лечения синдрома Хаглунда, которые мы включили в этот систематический обзор, не предлагалась классификация синдрома Хаглунда. Сомнительно, что все случаи абсолютно одинаковы и не могут быть никак классифицированы.

Целесообразность любой классификации имеется только тогда, когда выделяемые ею типы определяют разную тактику, в противном случае она не жизнеспособна. Авторы включенных нами в систематический обзор исследований применяли разную тактику. Например, J. Brunner с соавторами использовали в 40 случаях латеральный, а в 4 случаях — медиальный доступ для открытой краевой резекции [21], Z. Leitze с соавторами в своем нерандомизированном исследовании у одних пациентов применяли эндоскопическую, а у других — открытую резекцию [25]. J. Anderson с соавторами у некоторых пациентов применяли рефиксацию, точнее аугментирование [19]. Наверняка разная тактика, применявшаяся авторами, определялась теми или иными клинико-морфологическими особенностями.

С 2010 г. мы применяли разные типы операций, разные доступы и приемы на основе разработанной у нас рабочей классификации синдрома Хаглунда, состоящей из клинического и морфологического компонентов.

Нам удалось обнаружить классификацию синдрома Хаглунда только в работе 2015 г. T.A. Syed и A. Perera [42], которую мы нашли крайне интересной и полезной, но в чем-то отличающейся от нашего подхода, что и побудило нас подготовить статью только в 2019 г.

Цель исследования — разработать классификацию многообразия вариантов синдрома Хаглунда на основе результатов дифференцированного лечения, выполнить систематический обзор публикаций.

Материал и методы

В клинике травматологии и ортопедии Первого московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова с 2010 по 2015 г. проходило лечение 134 последовательных пациента с жалобами на боль в задней пяточной области (75 мужчин (56,0%) и 59 женщин (44,0%). Средний возраст пациентов составил $33,7 \pm 12,6$ лет (95% ДИ 27,1–47,3). Длительность жалоб — от 1 мес. до 4 лет.

Из 134 пациентов синдром Хаглунда был диагностирован у 77 пациентов (57,5%): 67 пациентов были прооперированы нами (из них 14 — эндоскопически), 1 — прооперирован за рубежом, у 9 применяли консервативную тактику.

Для оценки результатов применяли Американскую ортопедическую шкалу стопы и голеностопного сустава (The American Orthopedic Foot and Ankle Score, далее — AOFAS). Мы оценивали предоперационный статус и результаты через $11,5 \pm 1,2$ мес. (выбыло 5 пациентов).

Способы измерения выраженности бугристости Хаглунда как патологического костного образования, лежащего в основе конфликтной тенонии ахиллова сухожилия при синдроме Хаглунда, предлагались А. Fowler и J.F. Philip в 1945 г. [46]. Но важно понимать, что само по себе наличие костной деформации и ее выраженность не связаны с симптомами [47–49]. Позже свои способы оценки выраженности деформации предлагали Н. Pavlov с соавторами [2], J.C.A. Steffensen и А. Evensen [50], D. Chauveaux с соавторами [51].

Мы используем способ планирования операции, предложенный Е. J. Sella (рис. 1) [25]. Сначала строится линия наклона пяточной кости (1), затем через наиболее вогнутую часть *facies articularis cuboidea* (2) параллельно линии 1 строится линия 3. Далее от места пересечения линии 3 с задним краем бугра пяточной кости под углом в 50° (угол 5) строится луч, который сверху пересекает ventральное основание бугристости Хаглунда (точка 4). По мнению Е. J. Sella, резецировать необходимо

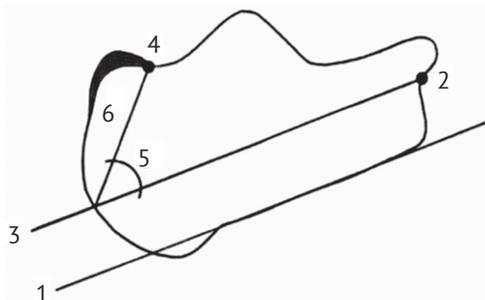


Рис. 1. Планирование операции по Е. J. Sella [25]. Пояснения в тексте

Fig. 1. Planning of the operation by E.J. Sella [25]. Explanations in the text

часть пяточной кости, которая располагается кзади от луча (6), но мы стараемся выполнять резекцию не по прямой линии, а немного закруглив ее, выпуклостью кзади.

В конце 2018 г. Y. Tourné с соавторами предложили новый способ рентгенологической оценки (рис. 2) [52]. Они предложили строить два отрезка: X — общая длина пяточной кости от наиболее передней до наиболее задней точки (за исключением кальцификаций); Y — длина бугра от наиболее заднего края таранной суставной поверхности до вершины бугристости Хаглунда. Соотношение X/Y в норме оказалось 2,70, а при деформации — 2,07. Методом ROC-анализа авторы выяснили, что соотношение X/Y менее 2,5 — надежный признак синдрома Хаглунда (чувствительность применительно к синдрому Хаглунда, по данным авторов, составила 100%, а специфичность — 95%). Пока мы не использовали в своей клинической практике предложенное соотношение X/Y, но в будущем мы обязательно попробуем этот весьма элегантный и оригинальный индекс Y. Tourné.

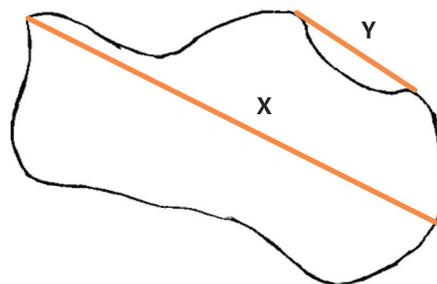


Рис. 2. Индекс Y. Tourné [52]. Иллюстрация А.П. Середы. Пояснения в тексте

Fig. 2. X/Y ratio (Tourné's ratio) [52]. Illustration by A.P. Sereda. Explanations in the text

Клиническая классификация

В процессе диагностического поиска у всех пациентов, приходящих к нам с жалобами на боль в задней пяточной области, мы искали: субкутанеальный бурсит, инсерционный тендинит ахиллова сухожилия, тендинит и тендовагинит собственно ахиллова сухожилия, *os trigonum*, таранную шпору, апофизит пяточной кости.

Наконец, мы искали конфликтную тенонию ахиллова сухожилия в месте контакта с бугристостью Хаглунда и/или бурситом *bursa tendinis calcanei*, что и составляет собственно триаду/синдром Хаглунда.

В трех случаях (все — молодые девушки) боль была минимальна или вообще отсутствовала, а лидировала жалоба на неэстетичный вид пяток и связанные с этим сложности.

По нашим наблюдениям, синдром Хаглунда может быть:

- очевидным (визуально «яркая», несомненная бугристость Хаглунда, классические клинические признаки конфликтной тенонии);

- неочевидным (визуально неочевидная деформация вместе с клиническими и МРТ признаками конфликтной тенонии, бурсит на МРТ выражен по-разному);

- прячущимся (нет деформации, нет/почти нет МРТ-признаков тенонии, нет бурсита, а есть только клинические признаки конфликтной тенонии).

В процессе дифференциального поиска основной причины болей у 134 пациентов с «синдромом задней пяточной боли» помимо главной причины нам встречались и второстепенные. Например, синдром Хаглунда мог сочетаться с высокой тенонией (с локализацией не только в месте контакта ахиллова сухожилия с бугристостью Хаглунда, но и на 3–10 см выше энтезиса) и/или с субкутанеальным бурситом.

Очевидный тип. У 41 пациента (30,6% от 134 с задней пяточной болью) деформация Хаглунда визуально не вызывала сомнений и сопровождалась соответствующими жалобами на боль, дискомфорт, сложности с подбором обуви. Такой синдром Хаглунда мы назвали физикально очевидным. У этих пациентов мы не использовали инструментальные методы диагностики, а рентгенография использовалась для планирования объема резекции. Из 41 пациента на операцию согласились 33. У 10 пациентов синдром Хаглунда был двусторонним, и операции выполнялись в один или в два этапа по индивидуальным решениям. Таким образом, всего при этом типе синдрома Хаглунда выполнено 43 операции.

Неочевидный тип. В случае сомнений в основной причине болей (71 пациент из 134, т. е. 53,0%) назначали МРТ, при которой для верификации синдрома Хаглунда искали признаки конфликтной тенонии (импинджемент-синдрома) ахиллова сухожилия: утолщение сухожилия в 2–4 см выше энтезиса, дегенеративные изменения или частичные разрывы сухожилия по его вентральной поверхности в месте контакта с бугристостью Хаглунда. В результате синдром Хаглунда был установлен у 31 (23,1%) пациента, а у остальных 40 пациентов имели место другие диагнозы — причины задней пяточной боли. На оперативное лечение согласились 30 пациентов из 31, включая двух профессиональных спортсменов. Двусторонний характер при этом типе, в отличие от частого двустороннего поражения при очевидном типе, был только у одного пациента.

Прячущийся тип. У 5 (3,7%) пациентов не было визуальных и рентгенологических признаков

деформации Хаглунда, а на МРТ не определялась конфликтная тенония. Диагноз синдрома Хаглунда в таком случае мы считали обоснованным на основании локализации боли в месте конфликта сухожилия с бугром пяточной кости. Среди этих пациентов было еще больше спортсменов — 4 из 5, причем 3 были профессионалами. Мы также предлагали операцию, на которую согласились четверо, а один пациент (профессиональный футболист высшей лиги) предпочел оперироваться за рубежом. Результаты лечения этого пациента были отслежены.

Таким образом, среди 134 пациентов с болью в задней пяточной области синдром Хаглунда как ведущая причина болей имел место у 77 (57,5%), из которых было прооперировано 67+1 пациент (выполнено 79 операций), а 9 пациентов лечились консервативно.

У оставшихся 57 (42,5%) пациентов причины болей были иными, особенности диагностики и лечения которых — отдельный вопрос, выходящий за рамки этой работы.

Морфологическая классификация

Изучая пациентов с синдромом Хаглунда, мы обратили внимание на разнообразность не только клинических, но и морфологических вариантов. Обнаружив некоторые закономерности морфологических изменений у 77 пациентов, мы можем предложить пять вариантов по локализации, выраженности и форме деформации (рис. 3).

Верхний тип — деформация располагается только на вершине бугра (19,5%, 15 пациентов). Вероятно, его можно считать начальным, он имел место у всех пациентов с прячущейся клинической формой (5 из 5) и часто встречался при неочевидной клинической форме (10 из 31). Визуально пяточная область с верхним типом выглядит как нормальная.

Верхне-латеральный тип — деформация начинается на вершине бугра и спускается по латеральному флангу от энтезиса вниз (39,0%, 30 пациентов), встречался преимущественно при неочевидной (20 из 31 пациентов) и очевидной клинических формах (10 из 41) (рис. 4а).

Тип «по дуге» — деформация локализовалась на вершине и выражено с боков (23,4%, 18 пациентов, все с очевидным клиническим типом) (рис. 4б). Чаще деформация была большей по латеральному флангу (17 пациентов из 18) и в одном случае была более выраженной медиально.

Тотальный тип — деформация приблизительно равномерно выражена на вершине и по бокам, практически «выдавливает» ахиллово сухожилие назад, а боковые локализации были менее яркими, чем при варианте «по дуге» (14,3%, 11 пациентов, все с очевидным клиническим типом) (рис. 4с).

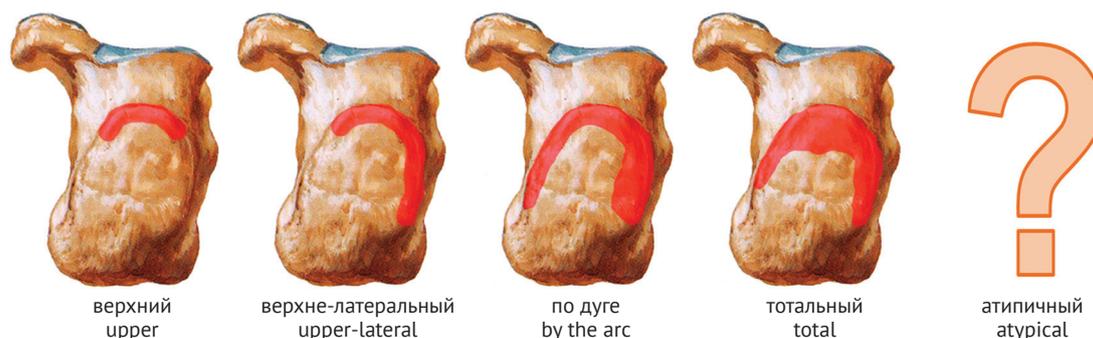


Рис. 3. Пять морфологических типов деформации Хаглунда на примере правой пяточной кости (вид сзади)
Fig. 3. Five morphological types of Haglund's deformity illustrated on the right heel bone (posterior view)



Рис. 4. Верхне-латеральный тип деформации Хаглунда (а), тип «по дуге» (b) и тотальный тип (с)
Fig. 4. Upper-lateral type (a), "arc type" (b) and total type (c) of Haglund's deformity

Атипичные варианты — 3 (3,9%) пациента (2 с клинически очевидным и один с клинически неочевидным типом). Визуально были похожи на другие морфологические формы, но рентгенологически были особенными.

В 3 (3,9%) случаях мы столкнулись с редкими, атипичными формами деформации: полусвободный костный фрагмент вместе с классической бугристостью, формирующие вместе картину «остров-полуостров» (рис. 5 а), бугристость грибовидной (рис. 5 b) и куполообразной формы (рис. 5 с).

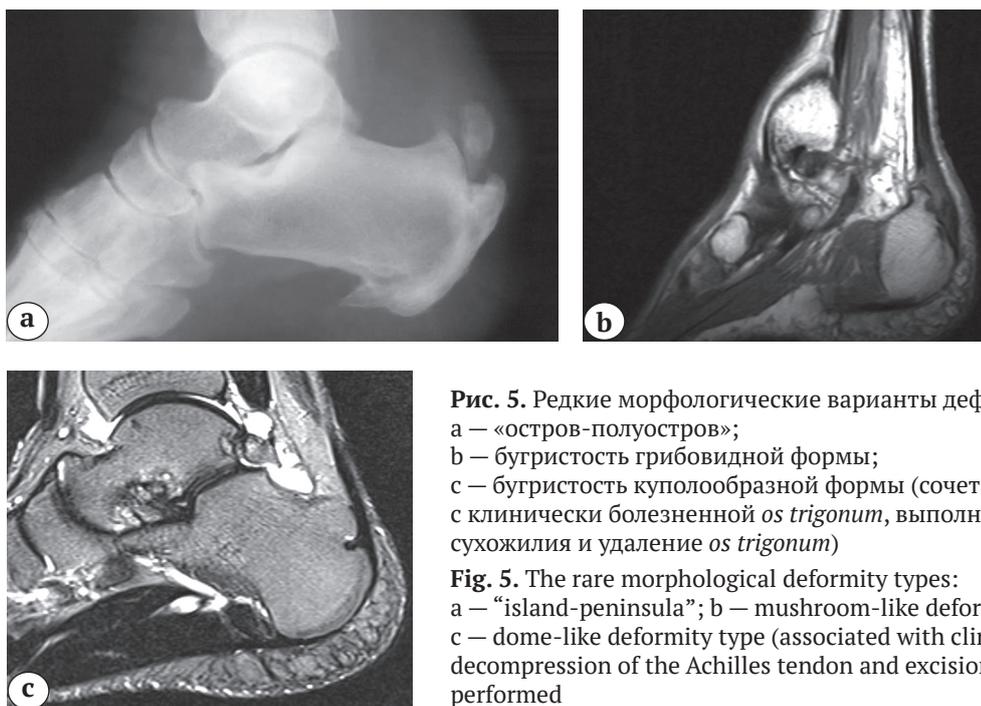


Рис. 5. Редкие морфологические варианты деформации:
 а — «остров-полуостров»;
 б — бугристость грибовидной формы;
 с — бугристость куполообразной формы (сочетается с клинически болезненной *os trigonum*, выполнены декомпрессия ахиллова сухожилия и удаление *os trigonum*)

Fig. 5. The rare morphological deformity types:
 a — "island-peninsula"; b — mushroom-like deformity type;
 c — dome-like deformity type (associated with clinically painful *os trigonum*), decompression of the Achilles tendon and excision of the *os trigonum* were performed

Хирургическая классификация

По сути, используемый нами термин «конфликтная тенопатия» идентичен понятию импинджмент-синдрома. Тенопатию в результате конфликта бугристости Хаглунда с сухожилием следует рассматривать как динамический процесс, начинающийся от воспалительных изменений с постепенным прогрессированием тенопатической деструкции сухожилия и возможным частичным разрывом сухожилия. Возможен даже наблюдавшийся нами полный разрыв камбаловидного пучка ахиллова сухожилия как конечный исход прогрессирующих изменений при деформации Хаглунда [39].

Объединяет все морфологические типы именно верхушечная деформация, которая является основным субстратом синдрома Хаглунда, и именно она является основной целью операции. Работа в области бугристости Хаглунда по своей сути сводится к декомпрессии, что опять же дает аналогию с импинджмент-синдромами. Некоторые авторы используют именно такой термин — декомпрессия [6, 8, 25], но мы считаем, что декомпрессией можно обойтись только при верхнем типе деформации.

Объем резекции при декомпрессии мы определяли, комбинируя способ по E.J. Sella [25] с интраоперационным контролем отсутствия конфликта пяточной кости с вентральной поверхностью сухожилия при максимальной дорсифлексии стопы.

При верхнем типе деформации мы использовали мини доступ по латеральному краю ахиллова сухожилия в проекции бугристости Хаглунда. По мере накопления опыта мы старались делать операцию менее травматично, минимизируя доступ вплоть до чрескожной краевой резекции под флюороскопическим контролем. Однако и открытая краевая резекция при верхнем типе может быть выполнена через доступ 3–4 см.

Верхне-латеральный тип, тип «по дуге» и тотальный тип мы предпочитали оперировать через латеральный доступ, который начинали снизу от нижнего края начала деформации по латеральному флангу, далее продолжали вверх по латеральному краю сухожилия и на 3–4 см выше вершины бугристости Хаглунда. Под вентральной поверхностью ахиллова сухожилия заводили за медиальный край пяточной кости малый ретрактор Хоманна, отводили ахиллово сухожилие кнутри и получали прекрасную визуализацию латерального фланга деформации.

В проекции вершины визуализация получалась либо сразу, либо, если имели место тяжелое хроническое воспаление сумки и «рубцовые» изменения жировой подушки Kager, то получали визуализацию после иссечения коагулятором последних.

Получив визуализацию на вершине, мы считаем важным осмотреть вентральную и дорзальную поверхности ахиллова сухожилия для оценки выраженности конфликтной тенопатии. Если есть фиссуры на дорзальной поверхности, то мы считаем обязательным одно- или двурядное армирование сухожилие якорными фиксаторами («single» или «double raw»).

Визуализация медиального фланга при этом доступе менее комфортна, но благодаря интраоперационным движениям стопой и ретрактору Хоманна мы считаем ее вполне достаточной вкупе с пальпаторным контролем для резекции долотом и медиального фланга (рис. 6, 7).

Центральный транссухожильный доступ или доступ с отсечением сухожилия в своей практике мы используем только у тех пациентов, у которых лидирующей причиной боли является упорная тенопатия нижней трети ахиллова сухожилия (энтезопатия), а деформация Хаглунда сопутствует энтезопатии и дает не главный вклад в развитие боли: в таком случае выполняется отсечение и рефиксация ахиллова сухожилия после соответствующего дебридмента и краевой резекции деформации Хаглунда. Описание таких пациентов выходит за рамки этой работы.

Доступ может быть медиальным, если деформация более выражена по медиальному флангу. Кроме того, мы согласны с предложением P.H. Dickinson с соавторами о медиальном доступе, если операция выполняется у девушек по эстетическим показаниям [53].

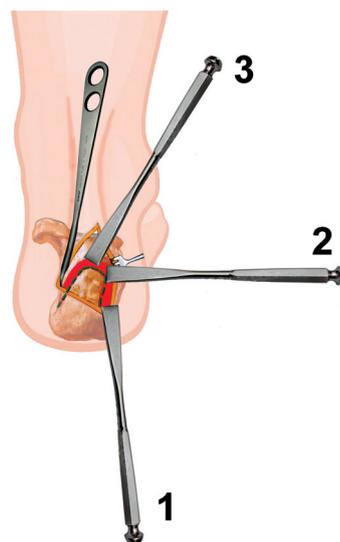


Рис. 6. Схема открытой краевой резекции через латеральный парасухожильный доступ латерального фланга (1), вершины (2) и медиального фланга (3)

Fig. 6. The scheme of an open marginal excision via the lateral paratenon approach to the lateral flange (1), apex (2) and medial flange (3)



Рис. 7. Латеральный мини-доступ при небольшой деформации типа «по дуге». Ретрокальканеальная сумка иссечена, вскрыт ахилло-пяточный сустав (виден гиалиновый хрящ на дорзальной поверхности пяточной кости; в норме, при отсутствии тенопатии, гиалиновый хрящ есть и на вентральной поверхности ахиллова сухожилия), такого доступа вполне достаточно для резекции латерального и медиального флангов, а также вершины
Fig. 7. Lateral mini-approach in case of a mild “arc type” deformity. The retrocalcaneal bursa is excised, the Achilles heel joint is opened (a hyaline cartilage is visible on the dorsal surface of the heel bone. Normally, in the absence of tenopathy, there is a hyaline cartilage on the ventral surface of the Achilles tendon). Such approach suffices to excise the lateral and medial flange of the Achilles tendon and the apex

Субкутанеальный бурсит встретился у 9 пациентов с синдромом Хаглунда из 67 (13,4%). В таких случаях мы выполняли только резекцию деформации Хаглунда и, при необходимости, *bursa tendinis calcanei* (ретрокальканеальной сумки), а субкутанеальную сумку оставляли ввиду высокого риска проблем с заживлением послеоперационной раны: мы полагались на самостоятельно разрешение субкутанеального бурсита после резекции деформации Хаглунда — основного патогенетического звена субкутанеального

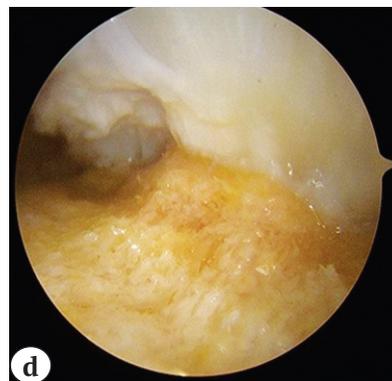
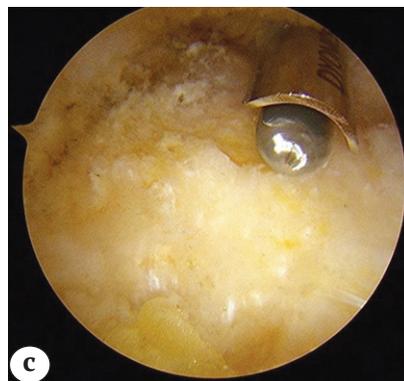
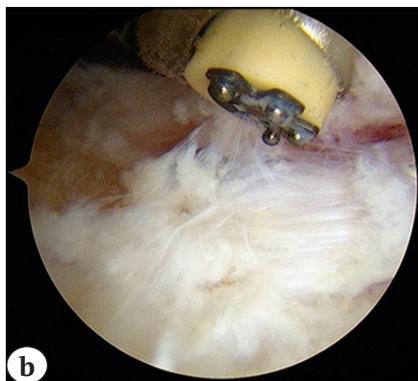
бурсита. Во всех случаях субкутанеальный бурсит купировался самостоятельно через 3–6 нед. после операции.

У 14 (18,2%) пациентов с верхним типом деформации Хаглунда операцию выполняли эндоскопически (рис. 8). Мы не выполняли сравнение лечения пациентов эндоскопическим и открытым способами, так как, по нашему мнению, не совсем корректно сравнивать фактически разные виды синдрома Хаглунда (верхний и более объемные морфологические типы деформаций).



Рис. 8. Эндоскопическая декомпрессия при верхнем морфологическом типе деформации Хаглунда: а — порталы; б — удаление ретрокальканеальной сумки аблятором; с — резекция вершины деформации шейвером с костной насадкой; д — вид бугра пяточной кости после резекции

Fig. 8. Endoscopic decompression in the upper morphological type of Haglund’s deformity: a — portals; b — excision of the retrocalcaneal bursa with an ablator; c — resection of the deformity apex with an arthroscopic shaver; d — arthroscopic view of the calcaneal bone after resection



Вне зависимости от того, использовали мы импланты или нет, применялась антибиотикопрофилактика (однократно, внутривенно) [54–56].

По мере накопления опыта хирургического лечения пациентов с синдромом Хаглунда мы отказались от послеоперационной иммобилизации ортезом и не встречали каких-либо осложнений. Нагрузку на ногу после операции разрешали по принципу толерантности к боли, и, как правило, пациент начинал ходить, не хромя, короткими шагами с 2–5-х суток после операции. Для уменьшения послеоперационной боли ходить рекомендовали в обуви с каблуком высотой 3–5 см.

Комбинируя клиническую классификацию, которая сформировалась в процессе диагностического поиска, и морфологическую классификацию, формулируется хирургическая тактика-классификация (табл. 1).

Прячущаяся форма, на наш взгляд, требует особо тщательного подхода при определении показаний к операции, так как она нечетко граничит с «бессимптомной» деформацией Хаглунда, не приводящей к развитию синдрома Хаглунда: то есть, той ситуацией, когда наличие костной деформации не приводит ни к появлению бурсита, ни к конфликтной тенонии ахиллова сухожилия. При выделяемой

Таблица 1

Хирургическая тактика-классификация

Форма	Тип	Операция	Тип операции	Доступ	Аугментация сухожилия
Прячущаяся	Верхний	Декомпрессия (резекция)	Эндоскопически (предпочтительно)	Порталы	Нет
			Мини-доступ + С-дуга	Латеральный	
Неочевидная	Верхне-латеральный*	Декомпрессия + резекция экзостозов по латеральному флангу	Открыто (предпочтительно)	Латеральный, от начала экзостоза снизу до проекции верхушки деформации и + 3–4 см проксимально	Быть готовым. Фиссуры на дорзальной поверхности — обязательная аугментация (1–2 якоря). Фиссуры только на вентральной поверхности — по решению хирурга.
			Возможно эндоскопически	Порталы	
Очевидная	По дуге	Декомпрессия + резекция по обоим флангам	Открыто	Латеральный (медиальный при выраженности больше с медиальной стороны)	
			Открыто	Латеральный	
	Тотальный	Остеотомия по I. Zadek [43]	Открыто	Латеральный	
Возможно чрезкожно/эндоскопически по T.A. Syed и A. Perera [42]			Порталы		
–	Атипичные**	–	–	–	–
Косметическая	–	Резекция по флангам +/- декомпрессия	Открыто	Медиальный или латеральный	Нет

* — у неочевидной клинической формы редко возможны варианты «по дуге», тотальный (6 пациентов из 31 с неочевидной формой); ** — тип операции, доступ и хирургические маневры индивидуальны.

нами «прячущейся» форме нет МРТ признаков ни бурсита, ни тенонитии. Тенонития определяется только по жалобе на боль, которая у «бессимптомной» деформации Хаглунда тоже может присутствовать. При решении вопроса об операции ориентироваться, конечно же, стоит на выраженность, продолжительность боли, ее устойчивость к консервативному лечению и значимость этой боли для пациента, его повседневной и спортивной деятельности.

Результаты лечения

Хирургическое лечение позволило значимо улучшить результаты по шкале AOFAS в сравнении с предоперационным статусом при любой форме синдрома Хаглунда. Вероятно, можно рассматривать целесообразность более раннего хирургического лечения: результаты при неочевидной и прячущейся формах были лучше, чем при физикально очевидной форме, хотя и предоперационный статус по шкале AOFAS у этих пациентов оказался лучше. Предоперационный статус у пациентов с очевидной формой (33 пациента, 43 операции) — $73,5 \pm 5,8$ баллов, через год $86,1 \pm 3,5$ баллов ($p < 0,00001$) (рис. 9).

Предоперационный статус по шкале AOFAS у пациентов с физикально неочевидной (30 пациентов, 31 операция) и «прячущейся» формами (5 пациентов, 5 операций) — $78,3 \pm 3,4$ баллов, через год — $93,2 \pm 2,2$ баллов ($p < 0,00001$) (рис. 10).

Результаты эндоскопических операций оказались несколько лучше, чем при открытом доступе ($94,7 \pm 1,8$ и $92,2 \pm 3,1$ баллов соответственно), но статистически незначимо ($p = 0,059$). Однако, по нашему мнению, корректная эндоскопическая резекция технически возможна только при верхнем морфологическом типе деформации Хаглунда. Теоретическим преимуществом эндоскопической методики является снижение риска осложнений (инфекционные, гипер- и гипочувствительность рубца).

В нашем исследовании частота поверхностных инфекционных осложнений в виде замедленного заживления послеоперационной раны составила 12,3% (8 операций из 65 открытых у 53+1 пациентов).

В эндоскопической группе (14 пациентов) замедленное заживление порталов отмечалось у 2 (14,2%) пациентов.

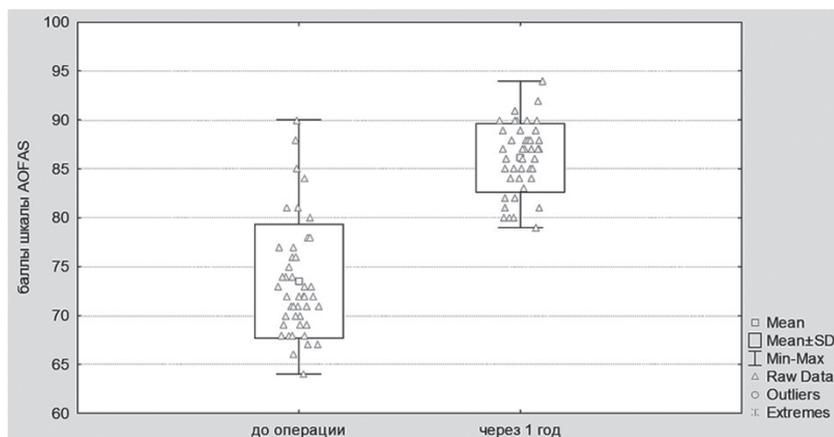


Рис. 9. Результаты лечения пациентов с физикально очевидной формой деформации Хаглунда через год после операции в сравнении с предоперационным статусом по шкале AOFAS (33 пациента, выполнено 43 операции)

Fig. 9. Comparison of 1-year postoperative outcomes to preoperative status in patients with physically obvious Haglund deformity on AOFAS (33 patients, 43 operations)

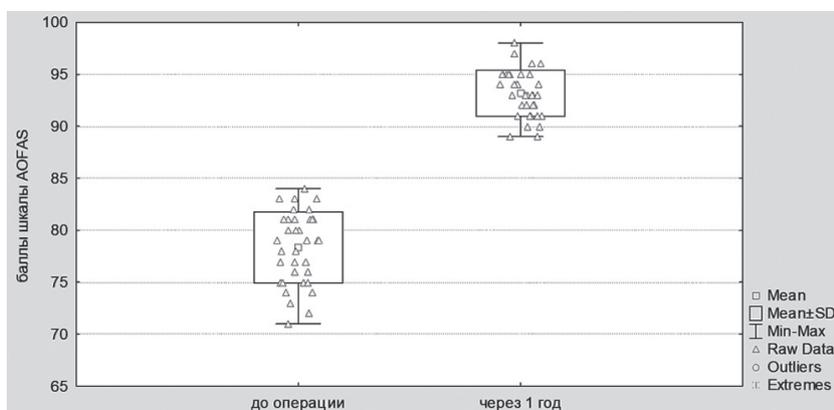


Рис. 10. Результаты лечения пациентов с физикально неочевидной (5 пациентов, 5 операций) и «прячущейся» формами деформации Хаглунда (30 пациентов, 31 операция) через год после операции в сравнении с предоперационным статусом по шкале AOFAS

Fig. 10. Comparison of 1-year postoperative outcomes to preoperative status in patients with atypical Haglund's deformities (5 patients, 5 operations) and "hiding" forms (30 patients, 31 operations) based on AOFAS scores

Можно отметить несколько некомфортный период восстановления после операции. Значительное улучшение через 1 мес. после операции чувствовали только 15 (22,3%) пациентов, преимущественно с верхним морфологическим типом. Еще 18 (26,8%) человек почувствовали значимое улучшение к 4–6 мес., а у остальных, преимущественно с тотальным типом и типом «по дуге», улучшение продолжалось до года и более.

Хирургическая тактика дала значимо лучшие ($p < 0,0001$) результаты в сравнении с консервативной (9 пациентов). Так, длительное консервативное лечение от 2 до 12 мес. позволило улучшить результаты с исходных $75,1 \pm 4,7$ всего лишь до $80,1 \pm 5,7$ баллов ($p < 0,001$).

Обсуждение и систематический обзор

Значительная гетерогенность опубликованных работ не позволяет сделать нам их метаанализ, поэтому мы ограничимся обновлением систематического обзора с добавлением вышедших недавно новых работ и дополнением ранее упущенными (табл. 2, 3).

Сравнивая предлагаемую нами классификацию с классификацией Т.А. Syed и А. Perera [42]

(табл. 4), можно отметить следующие отличия. Авторы предлагают выделять разные стадии на основании величины собственно деформации, в то время как мы считаем, что больше важен не размер, а локализация (сверху, по латеральному флангу, тотальная). Авторы уделяют внимание оссификации, а мы считаем, что внутрисухожильные оссификаты и шпора мало определяют тактику лечения при синдроме Хаглунда, поскольку это, по сути, не следствие синдрома Хаглунда, а проявление инсерционной энтезопатии.

Т.А. Syed и А. Perera, как и мы, уделяют внимание состоянию ахиллова сухожилия, но не описывают армирование ахиллова сухожилия нитями якорных фиксаторов, что, по нашему мнению, чрезвычайно важно. С другой стороны, заслуживает внимания рекомендация использовать остеотомию I. Zadek, достаточного опыта которой мы, к сожалению, пока не имеем. Кроме того, мы находим чрезвычайно интересным предложение Т.А. Syed и А. Perera выполнять остеотомию чрескожно и комбинировать ее с эндоскопической резекцией, что заставило нас внести изменения в используемую нами тактику (см. табл. 1).

Таблица 2

Характеристика открытых операций у пациентов с синдромом Хаглунда и их результаты

Год	Авторы	Число наблюдений	Доступ	Описание	Осложнения		Результат			
					большие	малые	отличный	хороший	без изменений	ухудшение
1990	Angermann P. [20]	40	Латеральный	Краевая резекция и иссечение сумки	0	4	20	8	9	3
1992	Pauker M. [27]	19	Латеральный — 18 Медиальный — 10	Краевая резекция и иссечение сумки	–	–	0	15	2	2
1993	Biyani A. [23]	37	Латеральный	Краевая резекция и иссечение сумки	3	11	0	21	12	3
1994	Lehto M.U. [24]	28	Билатеральный	Краевая резекция и иссечение сумки	4	0	13	10	2	3
1994	Nesse E. [26]	35	Медиальный — 34 Латеральный — 1	н/д	3	19	0	20	10	5
1994	Schepsis A.A. [28]	21	Медиальный J-образный	Краевая резекция и иссечение сумки	1	0	13	5	6	0
1997	Sella E.J. [3]	16	Латеральный	Краевая резекция и иссечение сумки	3	0	0	13	0	3
1997	Jardé O.[35]	74	н/д	Краевая резекция	–	–	54	12	8	–
1998	Sammarco G.J. [14]	39	Медиальный	Краевая резекция с частичным отсечением ахиллова сухожилия и рефиксацией якорными фиксаторами	–	–	19	18	1	0

Окончание таблицы 2

Год	Авторы	Число наблюдений	Доступ	Описание	Осложнения		Результат			
					большие	малые	отличный	хороший	без изменений	ухудшение
2000	Schneider W. [29]	49	Латеральный	Краевая резекция и иссечение сумки	3	5	34	7	1	7
2001	Chen C.H. [22]	30	Медиальный	Краевая резекция и иссечение сумки	–	–	27	0	0	3
2003	Leitze Z. [25]	17	Медиальный или латеральный	Краевая резекция и иссечение сумки	0	5	79,3±19,0 AOFAS			3
2005	Brunner J. [21]	44	Медиальный — 4 Латеральный — 40	Краевая резекция и иссечение сумки, рефиксация при необходимости	–	–	86 AOFAS			
2008	Anderson J.A. [19]	35	Латеральный	Рефиксация сухожилия якорными фиксаторами при отделении от энтезиса >50%, резекция бугристости и иссечение ретрокальканеальной сумки	0	2	–			
		31	Центральный транссухожильный	Рефиксация сухожилия якорными фиксаторами при отделении от энтезиса >50%, резекция бугристости и иссечение ретрокальканеальной сумки	1	3	–			
2013	Карданов А.А. [18]	8	Латеральный	Краевая резекция и иссечение сумки	0	3	6	2	0	0
2015	Ahn J.H. [32]	15	Центральный транссухожильный	Краевая резекция, рефиксация при отделении от энтезиса >50%. Во всех случаях — не более 70%/	0	0	92,5±3,5 AOFAS			
2015	Natarajan S. [30]	46	Латеральный	Краевая резекция и иссечение сумки	0	3	86 AOFAS			
2016	Jiang Y. [31]	32	Латеральный	Краевая резекция, рефиксация сухожилия якорными фиксаторами (однорядная VS двурядная в двух группах по 16 пациентов)	0	0	Single raw 81,3±6,5 AOFAS			
							Double raw 91,1±4,2 AOFAS			
2019	Наше исследование	65	Латеральный (медиальный)	Дифференцированная тактика	0	8	AOFAS 92,2±3,1 (86,1±3,5 и 93,2±2,2 при разных типах)			
Всего		681								

Таблица 3

Характеристика эндоскопических операций у пациентов с синдромом Хаглунда и их результаты

Год	Авторы	Число наблюдений	Описание операции	Осложнения		Результат			
				большие	малые	отличный	хороший	без изменений	ухудшение
2001	van Dijk C.N. [40]	21	Авторская методика	0	0	15	4	1	0
2003	Leitze Z. [25]	30	На животе, два портала с флюороскопическим контролем	0	3	19	5	3	3
2003	Morag G. [37]	5	На животе, два портала	0	0	5	0	0	0
2006	Scholten P.E. [38]	39	На спине, через два портала по методике van Dijk	0	1	24	6	4	2
2007	Jerosch J. [36]	81	На спине, через два портала по методике van Dijk	0	1	41	34	3	3
2007	Ortmann F.W. [8]	30	На спине, через два портала по методике van Dijk	1	0	26	3	0	1
2012	Sterkenburg M.N. [39]	39	На животе, через два портала с флюороскопическим контролем у первых пациентов	–	–	26	8	5	0
2012	Wu Z. [41]	25	На животе, три портала	–	–	86,8±10,1 AOFAS			
2016	Qi J. [15]	25	Полный текст на китайском	–	–	14	7	2	2
2018	Vega J. [33]	12	На животе, два портала. Якорная аугментация сухожилия.	0	0	92 AOFAS			
2019	Наше исследование	14	На животе, два портала	0	2	94,7±1,8 AOFAS			
Всего		321							

Таблица 4

Классификация и тактика Т.А. Syed и А. Perera [42]

Стадия	Поражение ахиллова сухожилия	Оссификация	Выступ бугра пяточной кости	Тактика
1	Нормальное/мягкая изолированная внутрисухожильная оссификация (костный островок)	Без шпоры или <7мм	Минимальная протрузия (<5 мм)	Эндоскопическая кальканеопластика и бурсэктомия
2а	Умеренное	Шпора 7–15 мм	Болезненный, протрузия <10 мм	Минимально инвазивная остеотомия I. Zadek
2б	Умеренное сухожилие с ярко выраженным энтезитом	Шпора 7–15 мм	Болезненный, протрузия 10–15 мм	Минимально инвазивная остеотомия I. Zadek совместно с эндоскопической кальканеопластикой
3	Сильное	–	Болезненный по медиальному флангу, протрузия >12 мм	Открытая кальканеопластика с или без транспозицией сухожилия сгибателя большого пальца стопы

Заключение

Лечение пациентов с синдромом Хаглунда может начинаться с консервативных мероприятий в тех случаях, когда пациент предъявляет жалобы функционального, а не эстетического характера, однако консервативное лечение значительно менее эффективно, чем хирургическое.

Суть операции заключается в краевой резекции бугра пяточной кости для устранения конфликтной тенопатии (импинджмента бугристости Хаглунда с *bursa tendinis calcanei* и ахилловым сухожилием) — основного патогенетического звена синдрома. Операция может быть выполнена открыто, эндоскопически или чрескожно, однако в настоящее время нет достаточных оснований отдать предпочтение какому-либо из способов.

Мы считаем оправданной тактику, основанную на клинической и морфологической классификациях.

В хирургическом лечении ключевой вопрос — объем резекции, и с этой точки зрения эндоскопическая декомпрессия и кальканеопластика имеют ограниченное применение. Она возможна только при верхнем морфологическом типе деформации, а верхне-латеральный, «по дуге» и тотальный типы следует оперировать открыто. Недостаточная резекция может не дать желаемого эффекта, а гиперрезекция может привести к разрыву или отрыву сухожилия.

Комфортность реабилитационного периода для пациента далека от желаемой. J. Brunner с соавторами обнаружили, что 25% пациентов (6 из 36) не советовали бы эту операцию другим ввиду длительно сохраняющейся боли и долгого периода реабилитации (в среднем симптомы купировались через 6–24 мес. после операции) [21].

Этика публикации: пациенты дали добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов

Середа А.П. — выполнение операций, дизайн исследования, написание статьи, формулирование классификации и тактики, систематический обзор, статистический анализ.

Белякова А.М. — ассистенция на операциях, отслеживание результатов лечения, связь с пациентами и обработка результатов шкал.

Литература [References]

1. Середа А.П., Кавалерский Г.М. Синдром Хаглунда: историческая справка и систематический обзор. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(1):122-132. Sereda A.P., Kavalerskiy G.M. [Haglund syndrome: historical and systematic review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(1):122-132. (In Russian).
2. Pavlov H., Heneghan M.A., Hersh A., Goldman A.B., Vigorita V. The Haglund syndrome: initial and differential diagnosis. *Radiology*. 1982;144(1):83-88. DOI: 10.1148/radiology.144.1.7089270.
3. Sella E.J., Caminear D.S., McLarney E.A. Haglund's syndrome. *J Foot Ankle Surg*. 1998;37(2):110-114.
4. Lohrer H., Nauck T., Dorn N.V., Konerding M.A. Comparison of endoscopic and open resection for Haglund tuberosity in a cadaver study. *Foot Ankle Int*. 2006;27(6):445-450. DOI: 10.1177/107110070602700610.
5. Terminologia Anatomica: International Anatomical Terminology. New York: Thieme Medical Publishers. 1998. P. 45.
6. Kondreddi V., Gopal R.K., Yalamanchili R.K. Outcome of endoscopic decompression of retrocalcaneal bursitis. *Indian J Orthop*. 2012;46(6):659-663. DOI: 10.4103/0019-5413.104201.
7. Madarevic T., Rakovac I., Ruzic L., Tudor A., Gudac Madarevic D., Prpic T., Sestan B. Ultrasound-assisted calcaneoplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(9):2250-2253. DOI: 10.1007/s00167-013-2692-8.
8. Ortmann F.W., McBryde A.M. Endoscopic bony and soft-tissue decompression of the retrocalcaneal space for the treatment of Haglund deformity and retrocalcaneal bursitis. *Foot Ankle Int*. 2007;28(2):149-153. DOI: 10.3113/FAI.2007.0149.
9. Kang S., Thordarson D.B., Charlton T.P. Insertional Achilles tendinitis and Haglund's deformity. *Foot Ankle Int*. 2012;33(6):487-491. DOI: 10.3113/FAI.2012.0487.
10. van Dijk C.N., van Sterkenburg M.N., Wiegerinck J.I., Karlsson J., Maffulli N. Terminology for Achilles tendon related disorders. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(5):835-841. DOI: 10.1007/s00167-010-1374-z.
11. Ефименко Н.А., Грицюк А.А., Середа А.П. Диагностика разрывов ахиллова сухожилия. *Клиническая медицина*. 2011;89(3):64-70. Efimenko N.A., Gritsyuk A.A., Sereda A.P. [Diagnostics of Achilles tendon ruptures]. *Klinicheskaya meditsina* [Clinical Medicine]. 2011;89(3):64-70. (In Russian).
12. Середа А.П., Мойсов А.А., Сметанин С.М. Плантарный фасциит: диагностика и лечение. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2016;143(4):5-9. Sereda A.P., Moysov A.A., Smetanin S.M. [Plantar fasciitis: diagnosis and treatment]. *Sibirskiy medicinskiy zhurnal (Irkutsk)* [Siberian Medical Journal (Irkutsk)]. 2016;143(4):5-9.
13. Тучков В.Е., Суздалева И.А., Кузнецова О.В., Самойлов А.С., Середа А.П. Кинезиологическое тейпирование в лечебной практике. М.: ФМБЦ им. А. И. Бурназяна, 2017. 80 с. Tuchkov V.E., Suzdaleva I.A., Kuznetsova O.V., Samoilov A.S., Sereda A.P. [Kinesiology taping in medical practice]. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, 2017. 80 p. (In Russian).
14. Sammarco G.J., Taylor A.L. Operative management of Haglund's deformity in the nonathlete: a retrospective study. *Foot Ankle Int*. 1998;19(11):724-729. DOI: 10.1177/107110079801901102.
15. Qi J., Gong L., Liu J., Li Y., Li Q. [Endoscopic calcaneoplasty for Haglund's deformity with hindfoot pain]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2016;30(6):700-704. DOI: 10.7507/1002-1892.20160142. (In Chinese).
16. Mattila V.M., Sillanpää P.J., Salo T., Laine H.J., Mäenpää H., Pihlajamäki H. Can orthotic insoles prevent lower limb overuse injuries? A randomized-controlled trial of 228 subjects. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(6):804-808. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01116.x.

17. Aliyev R., Muslimov Q., Geiger G. Results of conservative treatment of achillobursitis with application micro-current therapy. *Georgian Med News*. 2010;(187): 35-42.
18. Карданов А.А., Буали Н.М., Русанова В.В., Непомышчий И.С. Результаты хирургического лечения болезни Хагглунда. *Травматология и ортопедия России*. 2013;(1):67-71. DOI: 10.21823/2311-2905-2013--1-67-71. Kardanov A.A., Bualy N.M., Rusanova V.V., Nepomyashchiy I.S. [Results of surgical treatment of Haglund's disease]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(1):67-71. DOI: 10.21823/2311-2905-2013--1-67-7
19. Anderson J.A., Suero E., O'Loughlin P.F., Kennedy J.G. Surgery for retrocalcaneal bursitis: a tendon-splitting versus a lateral approach. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(7):1678-1682. DOI: 10.1007/s11999-008-0281-9.
20. Angermann P. Chronic retrocalcaneal bursitis treated by resection of the calcaneus. *Foot Ankle*. 1990;10(5):285-287.
21. Brunner J., Anderson J., O'Malley M., Bohne W., Deland J., Kennedy J. Physician and patient based outcomes following surgical resection of Haglund's deformity. *Acta Orthop Belg*. 2005;71(6):718-723.
22. Chen C.H., Huang P.J., Chen T.B., Cheng Y.M., Lin S.Y., Chiang H.C. et al. Surgical treatment for Haglund's deformity. *Kaohsiung J Med Sci*. 2001;17(8):419-422.
23. Biyani A., Jones D.A. Results of excision of calcaneal prominence. *Acta Orthop Belg*. 1993;59(1):45-49.
24. Lehto M.U., Jarvinen M., Suominen P. Chronic Achilles peritendinitis and retrocalcaneal bursitis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1994;2(3):182-185.
25. Leitze Z., Sella E.J., Aversa J.M. Endoscopic decompression of the retrocalcaneal space. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(8):1488-1496. DOI: 10.2106/00004623-200308000-00009.
26. Nesse E., Finsen V. Poor results after resection for Haglund's heel. Analysis of 35 heels in 23 patients after 3 years. *Acta Orthop Scand*. 1994;65(1):107-109.
27. Pauker M., Katz K., Yosipovitch Z. Calcaneal osteotomy for Haglund disease. *J Foot Surg*. 1992;31(6):588-589.
28. Schepsis A.A., Wagner C., Leach R.E. Surgical management of Achilles tendon overuse injuries. A long-term follow-up study. *Am J Sports Med*. 1994;22(5):611-619. DOI: 10.1177/036354659402200508.
29. Schneider W., Niehus W., Knahr K. Haglund's syndrome: disappointing results following surgery: a clinical and radiographic analysis. *Foot Ankle Int*. 2000;21(1):26-30. DOI: 10.1177/107110070002100105.
30. Natarajan S., Narayanan V.L. Haglund Deformity - Surgical Resection by the Lateral Approach. *Malays Orthop J*. 2015;9(1):1-3. DOI: 10.5704/MOJ.1503.006.
31. Jiang Y., Li Y., Tao T., Li W., Zhang K., Gui J., Ma Y. The double-row suture technique: a better option for the treatment of Haglund syndrome. *Biomed Res Int*. 2016;2016:1895948. DOI: 10.1155/2016/1895948.
32. Ahn J.H., Ahn C.Y., Byun C.H., Kim Y.C. Operative treatment of Haglund's syndrome with central Achilles tendon-splitting approach. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54(6):1053-1056. DOI: 10.1053/j.jfas.2015.05.002.
33. Vega J., Baduella A., Malagelada F., Allmendinger J., Dalmau-Pastor M. Endoscopic Achilles tendon augmentation with suture anchors after calcaneal exostectomy in Haglund syndrome. *Foot Ankle Int*. 2018;39(5):551-559. DOI: 10.1177/1071100717750888.
34. Lin C., Ma L., Chen W., Tao X., Yuan C.S., Zhou B.H., Tang K.L. [A comparative study of the calcaneal closing-wedge calcaneal osteotomy versus posterior-superior prominence removal in both sides with Haglund syndrome]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2017 19;97(35):2733-2736. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.35.004. (In Chinese).
35. Jardé O., Quenot P., Trinquier-Lautard J.L., Tran-Van F., Vives P. [Haglund disease treated by simple resection of calcaneus tuberosity. An angular and therapeutic study. Apropos of 74 cases with 2 years follow-up]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1997;83(6):566-573. (In French).
36. Jerosch J., Schunck J., Sokkar S.H. Endoscopic calcaneoplasty (ECP) as a surgical treatment of Haglund's syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2007; 15(7):927-934. DOI: 10.1007/s00167-006-0279-3.
37. Morag G., Maman E., Arbel R. Endoscopic treatment of hind-foot pathology. *Arthroscopy*. 2003;19(2):E13. DOI: 10.1053/jars.2003.50063.
38. Scholten P.E., van Dijk C.N. Endoscopic calcaneoplasty. *Foot Ankle Clin*. 2006;11(2):439-446, viii. DOI: 10.1016/j.fcl.2006.02.004.
39. van Sterkenburg M.N. Achilles tendinopathy: new insights in cause of pain, diagnosis and management [Dissertation]. Amsterdam: Faculty of Medicine Universiteit van Amsterdam, 2012. 239 p. ISBN 978-94-6169-210-8.
40. van Dijk C.N., van Dyk G.E., Scholten P.E., Kort N.P. Endoscopic calcaneoplasty. *Am J Sports Med*. 2001;29(2): 185-189. DOI: 10.1177/03635465010290021101.
41. Wu Z., Hua Y., Li Y., Chen S. Endoscopic treatment of Haglund's syndrome with a three portal technique. *Int Orthop*. 2012;36(8):1623-1627. DOI: 10.1007/s00264-012-1518-5.
42. Syed T.A., Perera A. A proposed staging classification for minimally invasive management of Haglund's syndrome with percutaneous and endoscopic surgery. *Foot Ankle Clin*. 2016;21(3):641-664. DOI: 10.1016/j.fcl.2016.04.004.
43. Zadek I. An operation for the cure of achillobursitis. *Am J Surg*. 1939;43:542-546.
44. Hunt K.J., Cohen B.E., Davis W.H., Anderson R.B., Jones C.P. Surgical treatment of insertional Achilles tendinopathy with or without flexor hallucis longus tendon transfer: a prospective, randomized study. *Foot Ankle Int*. 2015;36(9):998-1005. DOI: 10.1177/1071100715586182.
45. Wagner E., Gould J.S., Kneidel M., Fleisig G.S., Fowler R. Technique and results of Achilles tendon detachment and reconstruction for insertional Achilles tendinosis. *Foot Ankle Int*. 2006;27(9):677-684.
46. Fowler A., Philip J.F. Abnormality of the calcaneus as a cause of painful heel its diagnosis and operative treatment. *Br J Surg*. 1945;32(128):494-498.
47. Fuglsang F., Torup D. Bursitis retrocalcanearis. *Acta Orthop Scand*. 1961;30:315-323.
48. Heneghan M.A., Pavlov H. The Haglund painful heel syndrome. Experimental investigation of cause and therapeutic implications. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;(187):228-234.
49. Vega M.R., Cavolo D.J., Green R.M., Cohen R.S. Haglund's deformity. *J Am Podiatry Assoc*. 1984;74(3): 129-135. DOI: 10.7547/87507315-74-3-129.
50. Steffensen J.C.A., Evensen A. Bursitis retrocalcaneae achilli. *Acta Orthop Scand*. 1958;27(3):229-236.
51. Chauveaux D., Liet P., Le Huec J.C., Midy D. A new radiologic measurement for the diagnosis of Haglund's deformity. *Surg Radiol Anat*. 1991;13(1):39-44.
52. Tourné Y., Baray A.L., Barthélémy R., Moroney P. Contribution of a new radiologic calcaneal measurement to the treatment decision tree in Haglund syndrome. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2018;104(8): 1215-1219. DOI: 10.1016/j.otsr.2018.08.014.

53. Dickinson P.H., Coutts M.B., Woodward E.P., Handler D. Tendo Achillis bursitis. Report of twenty-one cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1966;48(1):77-81.
54. Ефименко Н.А., Середя А.П., Зеленский А.А. Антибиотикопрофилактика в хирургии. *Инфекции в хирургии.* 2007;5(4):14.
Efimenko N.A., Sereda A.P., Zelenskii A.A. [Antibiotic Prophylaxis in Surgery]. *Infektsii v khirurgii.* 2007;5(4):14.
55. Ефименко Н.А., Гицюк А.А., Середя А.П. Антибиотикопрофилактика в травматологии и ортопедии. *Инфекции в хирургии.* 2008;6(2):9.
Efimenko N.A., Gitsyuk A.A., Sereda A.P. [Antibiotic prophylaxis in traumatology and orthopedics]. *Infektsii v khirurgii.* 2008;6(2):9.
56. Середя А.П., Анисимов Е.А. Инфекционные осложнения после хирургического лечения спортивной травмы ахиллова сухожилия. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2015;(4):90-97.
Sereda A.P., Anisimov E.A. [Infectious complications after surgical treatment of athletic injuries of the achilles tendon]. *Meditina ekstremal'nykh situatsii* [Medicine of Extreme Situations]. 2015;(4):90-97.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Середя Андрей Петрович — д-р мед. наук, заместитель руководителя Федерального медико-биологического агентства России, Москва

Белякова Анна Михайловна — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Andrey P. Sereda — Dr. Sci. (Med.), deputy head, Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russian Federation

Anna M. Belyakova – orthopedic surgeon, Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

Комментарий к статье «Классификация синдрома (деформации) Хаглунда»

С.Ю. Бережной

Филиал «Мединцентр» ГлавУпДК при МИД России, Москва, Россия

Comment to the Article „Classification for Haglund’s Syndrome (Deformity)“

S.Yu. Berezhnoy

Medical Center of the Main Administration for Services to the Diplomatic Corps (GlavUpDK) at the Ministry of Foreign Affairs of Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Нередко бывает, что еще совсем недавно малоизвестная тема вдруг оказывается хорошо знакомой врачам и пациентам. Можно вспомнить невроту Мортона: лет 10 назад немногие ортопеды, не говоря уже о врачах других специальностей и простых обывателях, знали об этом патологическом состоянии. А сегодня ее оперируют так часто, что непонятно, как же раньше лечились эти больные, нередко сами теперь сообщающие хирургу свой диагноз.

Кажется, то же самое происходит и с деформацией Хаглунда. Несмотря на скудное количество отечественных печатных работ, синдром широко обсуждается на научных форумах, операции по его поводу стали рутинными для многих ортопедов. Тем ценнее появляющаяся в такое время публикация, объединяющая подробную вводную часть, безусловно, солидный клинический и хирургический опыт, новые классификации и систематический обзор.

Статью А.П. Середы и А.М. Беляковой нужно читать внимательно и подробно. В ней много полезных теоретических и клинических наблюдений, например, утверждение, что «синдром Хаглунда мог сочетаться с высокой тенонатией». Механизм развития высокой тенонатии у подобных пациентов не имеет однозначного объяснения. Но хорошо уже то, что заметивший этот симптом в тексте

• Комментарий к статье

Середа А.П., Белякова А.М. Классификация синдрома (деформации) Хаглунда. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2): 83-98. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-83-98.

читатель будет готов к встрече с ним в своей клинической практике. Можно было бы и дальше перечислять интересные моменты, однако мы убеждены, что полезный комментарий — это, прежде всего, дискуссия. И поспорить в комментируемой статье есть о чем.

Вот еще одна очень важная, на наш взгляд, фраза: «Вероятно, его (верхний тип — прим. автора комментария) можно считать начальным». На основании каких данных делается такое предположение? Есть ли исследования, прослеживающие постепенную трансформацию деформации Хаглунда в более объемные, в соответствии с предложенной авторами классификацией, морфологические типы? А ведь это утверждение является, по сути, мостиком от привычного всем представления о деформации Хаглунда к предложенной классификации, значительно расширяющей устоявшееся понятие.

Сколько бы работ, посвященных синдрому Хаглунда, мы не изучили, определение деформации везде практически одинаковое — выпуклость в области задневерхнего угла пяточного бугра [1–3]. Она может называться по-разному. Иногда в одной работе используются несколько определений (бугристость, деформация, экзостоз [1]). Но всегда речь идет о локальном изменении формы пяточной кости, на которое авторы нередко указывают стрелкой [4] или обозначают буквами (BP — bursal projection), одновременно акцентируя внимание читателей на наличии четкого, ясно прослеживаемого контура выпуклости [3], то есть подчеркивая,

Бережной С.Ю. Комментарий к статье «Классификация синдрома (деформации) Хаглунда». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):99-101. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-99-101.

Cite as: Berezhnoy S.Yu. [Comment to the Article „Classification for Haglund’s Syndrome (Deformity)“]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):99-101. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-99-101.

✉ Бережной Сергей Юрьевич / Sergey Yu. Berezhnoy; e-mail: Doktor@Berezhnoi.ru.

что речь идет именно о форме пяточной кости, а не выросте на ней или утолщении кортикального слоя. И с таким же постоянством подавляющее большинство авторов отделяет друг от друга этапы резекции бугристости Хаглунда и удаления экзостозов пяточной кости (гетеротопических костных образований) в области прикрепления ахиллова сухожилия и в толще самого сухожилия [4, 5]. Что же дало авторам комментируемой статьи основание для столь значительного расширения хорошо знакомого понятия «бугристость Хаглунда»? И здесь возникает еще один важный вопрос: что понимают авторы под более объемными морфологическими типами?

На рисунке 1 мы поместили компьютерные томограммы молодой пациентки с внешними проявлениями тотального типа (в соответствии с предложенной морфологической классификацией) деформации, включая высокую тенопатию ахиллова сухожилия. Хорошо видно, что речь идет о выпуклой форме краев пяточной кости без гетеротопической оссификации. На рисунке 2 — стопа пациентки 55 лет с такими же внешними проявлениями. Но обусловлены они как наличием всем понятной деформации Хаглунда, так и массивными гетеротопическими оссификатами. Получается, речь идет о двух различных патологических состояниях со сходными внешними проявлениями. Какое из них подразумевают авторы, описывая новые морфологические типы? Или оба состояния объединены в одно? Без ответов на вышеперечисленные вопросы довериться новой классификации сложно.

И еще хотелось бы затронуть один аспект статьи. Для оценки результатов проделанной работы авторы выбрали шкалу Американского ортопеди-

ческого общества хирургов стопы и голеностопного сустава (AOFAS). Почему? Еще в 2001 г. вышло исследование G. Guyton, демонстрирующее, что шкале присущ целый ряд ограничений и недостатков, делающих невозможным получение с ее помощью статистически значимых результатов [6]. В 2011 г. было опубликовано заявление AOFAS о будущем клинических рейтинговых систем AOFAS, не рекомендуемое их к дальнейшему применению также в связи с доказанной невозможностью получения статистически значимых результатов [7]. Понятно, что к шкале AOFAS привыкли, она проста в применении, из-за по-прежнему широкого использования с ее помощью легко сравнивать результаты разных исследований. Однако среди отобранных авторами в систематический обзор работ к оценке с помощью шкалы AOFAS прибегло подавляющее меньшинство исследователей (см. табл. 2 и 3 в комментируемой статье). А те, кто прибег, как правило, сочетали ее с другими оценочными системами. Например, J. Vega с соавторами использовали the Victorian Institute of Sports Assessment — Achilles Questionnaire (VISA-A) [8]. Есть и еще одно серьезное «против» применения шкалы AOFAS в данном исследовании. Как уже указывалось нами ранее [9], корректное применение любой оценочной системы возможно с учетом пояснений и рекомендаций, данных в первоисточнике [10]. В работе H. Kitaoka с соавторами после каждой из четырех шкал перечисляются состояния, к которым они применимы [10]. Среди состояний, перечисленных после Ankle-Hindfoot Scale (протезирование, артродез, нестабильность голеностопного сустава; артродез и нестабильность подтаранного сустава и т.д.), патология ахиллова сухожилия не упоминается. И действительно, из



Рис. 1. Компьютерные томограммы (трехмерные реконструкции) пациентки 20 лет с тотальной формой синдрома Хаглунда в соответствии с предложенной авторами комментируемой статьи классификацией (собственное наблюдение)

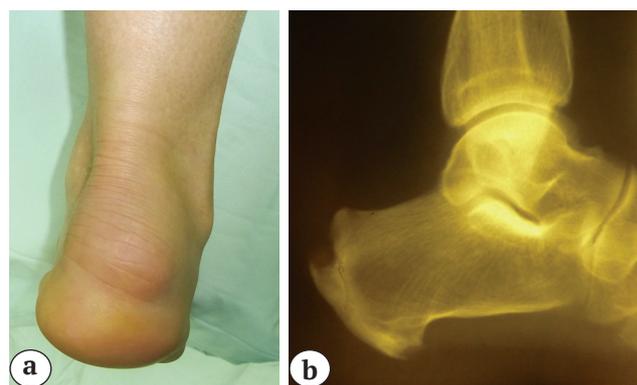


Рис. 2. Внешний вид (а) и рентгенограмма (b) пяточной области пациентки 55 лет (пояснения в тексте): в 2016 г. нами выполнена резекция бугристости Хаглунда и гетеротопических оссификатов с полным отсечением и рефиксацией ахиллова сухожилия

семи оцениваемых с помощью этой шкалы параметров больше половины (например, нестабильность голеностопного сустава или объем движений в нем) малоприменимы или вовсе неприменимы к синдрому Хаглунда.

В заключение — одна ремарка. Авторский обзор 2014 г. [11], на который сделано много ссылок в комментируемой статье, заканчивается данными J. Brunner с соавторами о высокой частоте неудовлетворенности пациентов результатами оперативного лечения синдрома Хаглунда [12]. Этими же словами заканчивается и публикуемая статья. На наш взгляд, было бы интересно познакомиться с результатами лечения пациентов с синдромом Хаглунда, которые получены авторами за 5 лет, прошедших после публикации первого обзора.

Литература [References]

- Mansour M. Endoscopic versus open treatment of Haglund's syndrome. *Egypt Orthop J.* 2017; 52(3): 190-194. DOI: 10.4103/eoj.eoj_52_17.
- Stephens M. Haglund's Deformity and Retrocalcaneal Bursitis. *Orthop Clin North Am.* 1994;25(1):41-46.
- Pavlov H., Heneghan M., Hersh A., Goldman A., Vigorita V. The Haglund syndrome: initial and differential diagnosis. *Radiology.* 1982;144:83-88.
- Vaishya R., Agarwal A., Azizi A., Vijay V. Haglund's Syndrome: A Commonly Seen Mysterious Condition. *Cureus.* 2016;8(10):e820. DOI: 10.7759/cureus.820.
- Mineta K., Suzue N., Matsuura T., Sairyo K. Efficacy of Achilles suture bridge technique for insertional achilles tendinosis in an obese and athletic patient. *J Med Invest.* 2016;63(3-4):310-314. DOI: 10.2152/jmi.63.310.
- Guyton G.P. Theoretical limitations of the AOFAS scoring systems: an analysis using Monte Carlo modeling. *Foot Ankle Int.* 2001;22:779-787.
- Pinsker E., Daniels T. AOFAS Position Statement Regarding the Future of the AOFAS Clinical Rating Systems. *Foot Ankle Int.* 2011;32:841-842.
- Vega J., Baduell A., Malagelada F., Allmendinger J., Dalmau-Pastor M. Endoscopic Achilles Tendon Augmentation With Suture Anchors After Calcaneal Exostectomy in Haglund Syndrome. *Foot Ankle Int.* 2018; 39(5):551-559. DOI: 10.1177/1071100717750888.
- Бережной С.Ю. Артроз первого плюснефалангового сустава: чрескожное оперативное лечение, выбор хирургической методики, клинко-рентгенологическая классификация. *Травматология и ортопедия России.* 2017;1(23):8-22. Berezchnoy S.Yu. [First Metatarsophalangeal Joint Osteoarthritis: Percutaneous Surgery, Choice of a Surgical Procedure, Clinical and Radiographic Classification]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):8-22. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-8-22.
- Kitaoka H., Alexander I., Adelaar R., Nunley J., Myerson M., Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15:349-353.
- Середа А.П., Кавалерский Г.М. Синдром Хаглунда: историческая справка и систематический обзор. *Травматология и ортопедия России.* 2014;1(71):122-132. Sereda A.P., Kavalerskiy G.M. [Haglund syndrome: historical and systematic review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(1):122-132. (In Russian).
- Brunner J., Anderson J., O'Malley M., Bohne W., Deland J., Kennedy J. Physician and patient based outcomes following surgical resection of Haglund's deformity. *Acta Orthop Belg.* 2005; 71: 718-723.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Сергей Юрьевич Бережной — д-р мед. наук врач травматолог-ортопед Филиала «Мединцентр» ГлавУпДК при МИД России, Москва

INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Sergey Yu. Berezchnoy — Dr. Sci. (Med.) orthopedic surgeon, Medical Center of the Main Administration for Services to the Diplomatic Corps (GlavUpDK), Ministry of Foreign Affairs of Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Некоторые морфо-функциональные аспекты хронического остеомиелита у больных с деформациями стоп нейрогенной этиологии

А.С. Судницын, Е.Н. Щурова, Т.Н. Варсегова, Т.А. Ступина, Н.С. Мигалкин

ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

Реферат

Актуальность. Одними из наиболее частых причин развития хронического воспаления костей стопы являются неврологические нарушения. Анализу патологической картины хронического остеомиелита у больных с деформациями стоп нейрогенной этиологии, в том числе при *spina bifida*, не уделено должного внимания. **Цель исследования** — оценить морфо-функциональные аспекты патологической картины хронического остеомиелита у больных с многокомпонентными деформациями стоп при *spina bifida*. **Материал и методы.** Работа основана на результатах исследования 30 больных с многокомпонентными деформациями стоп нейрогенной этиологии, осложненных хроническим остеомиелитом, имеющих в анамнезе *spina bifida* (тип myelomeningocele). Гистологическими методами изучены резецированные фрагменты пораженных участков костной ткани, костные секвестры и кожа, сопряженная с остеомиелитическим очагом. Методом лазерной доплеровской флоуметрии исследовали капиллярный кожный кровоток подошвенной поверхности стопы. В дерматомах L₄, L₅, S₁ справа и слева оценивали температурно-болевою чувствительность с помощью электрического эстезиометра. **Результаты.** В биоптатах кожи, взятой в области остеомиелитического очага, выявили признаки паракератоза, отсутствие блестящего слоя, акантоз эпидермиса с увеличением его толщины на 25% ($p = 0,04$), увеличение плотности микрососудов дермы в 2,2 раза ($p = 0,73E-4$) и скорости капиллярного кровотока на $81,6 \pm 14,2\%$ ($p = 0,0004$), фиброз и истончение дермы на 19,1% ($p = 0,03$), повышение объемной плотности потовых желез в 1,37 раза ($p = 0,04$), потерю жировой ткани и дегенерацию нервных волокон в большинстве нервных стволиков дермы. Это сопровождалось нарушением температурно-болевою чувствительности в 100% случаев, в 29% из них она отсутствовала. Морфологическая картина костной ткани в остеомиелитическом очаге была представлена множественными полостями деструкции с пиогенной мембраной, наличием грануляционной ткани разной степени зрелости, сочетанием стадийности хронического и острого процессов, слабо выраженным репаративным костеобразованием. **Заключение.** Выявленные у больных со *spina bifida*, имеющих многокомпонентные деформации стоп, нарушения либо отсутствие температурно-болевою чувствительности дерматомов L₄, L₅, S₁, снижение защитного ощущения и контроля над движениями и, как следствие, хроническая нагрузка атипичных участков стопы, а также патогистологические изменения кожи способствуют формированию язв и развитию остеомиелита. Морфологическая картина костной ткани стопы в остеомиелитическом очаге свидетельствует о типичных патоморфологических признаках хронического воспаления со слабо выраженным репаративным костеобразованием.

Ключевые слова: хронический остеомиелит, деформации стоп нейрогенной этиологии, *spina bifida*.

Судницын А.С., Щурова Е.Н., Варсегова Т.Н., Ступина Т.А., Мигалкин Н.С. Некоторые морфо-функциональные аспекты хронического остеомиелита у больных с деформациями стоп нейрогенной этиологии. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):102-110. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-102-110.

Cite as: Sudnitsyn A.S., Shchurova E.N., Varsegova T.N., Stupina T.A., Migalkin N.S. [Some Morphological and Functional Aspects of Chronic Osteomyelitis in Patients with Neurogenic Foot Deformities]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):102-110. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-102-110.

Щурова Елена Николаевна / Elena N. Shchurova; e-mail: elena.shurova@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 20.09.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 29.11.2018.

Some Morphological and Functional Aspects of Chronic Osteomyelitis in Patients with Neurogenic Foot Deformities

A.S. Sudnitsyn, E.N. Shchurova, T.N. Varsegova, T.A. Stupina, N.S. Migalkin

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics,
Kurgan, Russian Federation

Abstract

Relevance. Neurological disorders are one of the most frequent causes for developing of chronic foot inflammation. Analysis of pathological picture of chronic osteomyelitis in patients with neurogenic foot deformities, including cases of spina bifida, is not adequately addressed. **Purpose of the study** — to examine morpho-functional aspects of chronic osteomyelitis in patients with multicomponent foot deformities and with spina bifida. **Materials and Methods.** The present paper is based on the study of 30 patients with multicomponent neurological foot deformities complicated by chronic osteomyelitis who had medical history of spina bifida (myelomeningocele type). Histology was used to examine resected fragments of affected bone tissue, bone sequestration and skin adjacent to osteomyelitis area. Laser doppler flowmetry was used to study capillary cutaneous blood flow on plantar foot surface. Thermal and pain sensitivity was assessed by electric sensimeter in L₄, L₅, S₁ dermatomas on the right and on the left sides. **Results.** Biopsy skin specimens harvested at osteomyelitis area demonstrated signs of parakeratosis, absence of stratum lucidum, epidermis acanthosis with 25% thickness increase ($p = 0,04$), 2,2 times increase of density for microvessels of the dermis ($p = 0,73E-4$) and increased rate of capillary blood flow at $81,6 \pm 14,2\%$ ($p = 0,0004$), fibrosis and dermis thinning at 19,1% ($p = 0,03$), 1,37 times increase in bulk density of perspiratory glands ($p = 0,04$), loss of adipose tissue and degeneration of nerve fibers in the majority of nerve stems of the dermis. Above factors were accompanied by disorders in thermal and pain sensitivity in 100% of cases and in 29% of those sensitivity was missing. Morphological picture of bone tissue in osteomyelitic area was manifested by multiple destruction cavities with pyogenic membrane, granular tissue of varying maturity, combined chronic and acute stages of the process, and by poor restorative bone formation. **Conclusion.** Disorders or lack of thermal and pain sensitivity in dermatomas L₄, L₅, S₁, of safety sense and motion control, resulting chronic load on atypical foot segments, as well as patho-histological skin alterations contribute to ulcer formation and osteomyelitis in patients with spina bifida and multicomponent foot deformities. Morphological picture of foot bony tissue at osteomyelitic site indicates typical patho-morphological signs of chronic inflammation with poor restorative bone formation.

Keywords: chronic osteomyelitis, neurogenic foot deformities, spina bifida.

Введение

Лечение хронического остеомиелита является актуальной проблемой современной медицины. В настоящее время по-прежнему сохраняются трудности его ранней диагностики и достаточно высока частота неблагоприятных исходов лечения и осложнений (20–35%) [1–4]. Хронический остеомиелит — это не только воспаление костного мозга, но и кости с окружающими ее мягкими тканями [5–7]. Особое место занимает хронический остеомиелит стопы, которая, в силу анатомических особенностей ее строения, имеет существенные отличия от других сегментов. На стопе мягкотканые и костные структуры плотно сопряжены друг с другом, большая часть костей имеет губчатое строение и лишена надкостницы, в связи с чем в гнойно-воспалительные процессы мягких тканей быстро вовлекаются прилежащие к очагу костные структуры.

Этиопатогенез остеомиелита стопы достаточно разнообразен. Наиболее частыми причинами его развития являются сахарный диабет, послед-

ствия травм и оперативных вмешательств, нейрогенные нарушения нижних конечностей. Больные с нейрогенными расстройствами нижних конечностей, сопровождающимися деформациями стоп и осложненными хроническим остеомиелитом, в 60% случаев имеют в анамнезе spina bifida (тип myelomeningocele) [8].

Следует отметить, что неврологические нарушения при spina bifida в основном асимметричны. Сенсорный дефицит, как правило, определяется на 1–2 уровня ниже, чем двигательные расстройства [9].

Первичный неврологический дефицит приводит не только к нарушениям походки и функции, но и к вторичной патологии опорно-двигательного аппарата, в том числе контрактурам, костным деформациям, нестабильности и дегенерации суставов [10]. Такой спектр функциональных и неврологических расстройств является фактором повышенного риска развития нейропатических язв стопы, встречающихся у 61% пациентов со spina bifida [11–14].

Несмотря на это, в литературе вопросам особенностей строения и свойств кожи при спиналь-

ной дизрафии (*spina bifida*) не уделено должного внимания. Более того, отсутствует объяснение механизмов формирования глубоких язв стопы и развития остеомиелита у этой категории больных [14]. В литературе имеются лишь единичные работы, посвященные этой проблеме [6, 15, 16]. Результаты морфо-функциональных исследований, необходимые для более полного понимания этиопатогенетических предпосылок развития хронического остеомиелита стопы при нейрогенных расстройствах в нижних конечностях, поиска новых методов профилактики и лечения этой патологии, в доступной литературе отсутствуют.

Цель исследования — оценить морфо-функциональные аспекты патологической картины хронического остеомиелита у больных с многокомпонентными деформациями стоп при *spina bifida*.

Материал и методы

Для решения поставленной задачи нами была выбрана группа больных из 30 человек (16 женщин и 14 мужчин от 18 до 49 лет, средний возраст $32,2 \pm 9,7$ лет,) с диагнозом: многокомпонентные деформации стоп нейрогенной этиологии, осложненные хроническим остеомиелитом. Длительность течения гнойно-воспалительного процесса в этой группе больных в среднем составляла $3,8 \pm 0,9$ года (от 1 года до 12 лет).

Критериями включения больных в выборку являлось наличие *spina bifida* (тип myelomeningocele), нарушение функций сенсорно-моторного аппарата нижних конечностей, функционирующий раневой или гнойно-воспалительный процесс на подошвенной поверхности стопы, деформации стоп.

Критериями исключения из выборки были сохранение нормальной функций сенсорно-моторного аппарата нижних конечностей, отсутствие в анамнезе *spina bifida* (тип myelomeningocele).

Степень неврологических нарушений была оценена по шкале ASIA [17]. У 8 больных были только сенсорные нарушения (AIS B). В 17 случаях сенсорные нарушения сочетались с ослаблением моторной функции отдельных групп мышц (AIS C). У 5 больных были определены сенсорно-моторные нарушения с выпадением функции ключевых мышц (AIS D). Функциональное состояние конечностей до лечения у всех больных оценено по шкале AOFAS [18]. Среднее общее количество баллов составило $70,2 \pm 10,2$.

В процессе исследования осуществляли измерение капиллярного кровотока в коже подошвенной поверхности стопы (в области, максимально приближенной к гнойно-воспалительному очагу) с помощью лазерного доплеровского флоуметра (Transonic System BL-21, США). На поврежденную

и контралатеральную конечности устанавливали наконечник датчик (тип R).

Производили инструментальное исследование температурно-болевой чувствительности в области дерматомов L₄, L₅, S₁ справа и слева с помощью электрического эстезиометра (EPCOS Inc., Германия) с одновременной регистрацией температуры кожи (Termostar, Nihon Kohden, Япония). Методической основой изучения температурно-болевой чувствительности являлась оценка температурного восприятия в ответ на локальное нагревание участка кожи выбранного дерматома. Температурные ощущения распределялись по двум градациям: 1) «тепло»; 2) «боль от горячего». Площадь контакта термоэлемента составляла 1 см², диапазон изменения температуры колебался от 10° до 50°C, скорость увеличения температуры была 2°/мин. В качестве нормативных значений были использованы результаты исследования 32 здоровых испытуемых (17 женщин и 15 мужчин, средний возраст $36,6 \pm 5,4$ лет).

Гистологическими методами были изучены резецированные фрагменты пораженных участков костной ткани, костные секвестры и кожа, сопряженная с остеомиелитическим очагом, которые были взяты при его санации путем секвестрнекрэктомии в процессе оперативного лечения. В качестве контроля при анализе структуры кожи были исследованы биоптаты кожи аналогичных участков подошвенной поверхности стопы 5 пациентов без деформаций стопы, неврологических нарушений, гнойно-воспалительных явлений, которые были взяты с их добровольного согласия в ходе хирургического реконструктивного вмешательства, проводимого на другом сегменте.

Операционный и биопсийный материалы фиксировали. Костный фрагмент предварительно декальцинировали, затем весь материал заливали в парафин. На санном микротоме (Reichard, Германия) изготавливали срезы толщиной 4–5 мкм, окрашивали гематоксилином и эозином по Ван Гизону, по Паппенгейму и трихромным методом Массона. Микроскопирование и оцифровку изображений производили на микроскопе AxioScore.A1 с цифровой камерой AxioCam в комплекте с программным обеспечением Zenblue (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Германия). В оцифрованных изображениях кожи в программе «ВидеоТест Мастер-Морфология 4.0» (Россия) определяли толщину (мкм) эпидермиса, дермы, подсчитывали количество микрососудов в 1 мм² площади среза (результаты представлены в виде среднего и стандартной ошибки).

Статистический анализ

Статистическую обработку результатов проводили с помощью Microsoft Excel 2010 с над-

стройкой Attestat. Для определения нормальности распределения выборки использовали критерий Шапиро–Уилка. Рассчитывали среднее арифметическое значение показателей (M) и стандартную ошибку средней (m). При нормальном распределении для парных сравнений применяли *t*-критерий Стьюдента, в остальных случаях использовали непараметрические методы: для анализа несвязанных выборок — критерий Манна–Уитни, для оценки различий между связанными выборками — критерий Вилкоксона. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

В биоптатах кожи, взятой в области остеомиелитического очага, у большинства больных выявляли признаки паракератоза, отсутствие блестящего слоя, нерегулярность толщины зернистого слоя эпидермиса. Во всех образцах наблюдали признаки акантоза — межсосочковые отростки эпидермиса были значительно гиперплазированы и в виде длинных, часто разветвленных тяжей проникали глубоко в дерму. В слое шиповатых клеток регулярны картины митозов. Толщина эпидермиса без рогового слоя в опытной группе превышала контроль ($730,30 \pm 33,14$ мкм) на 25% ($p = 0,04$) и составляла в среднем $973,73 \pm 24,46$ мкм.

Дерма имела признаки фиброзных изменений всех слоев, ее толщина снижалась ($p = 0,03$) относительно контроля ($1346,80 \pm 32,14$ мкм) в среднем на 19,1% ($1090,07 \pm 129,73$ мкм). Характерные для псевдокарциноматозной гиперплазии кожи полиморфно-клеточные инфильтраты концентрировались

вокруг сосудов, потовых желез, адипоцитов, были представлены преимущественно лимфоцитами с примесью нейтрофилов, макрофагами, фибробластами, плазматическими и тучными клетками.

Численная плотность микрососудов (артериол, венул и капилляров) в сосочковом слое дермы превышала контроль ($117,95 \pm 30,93$ в 1 мм^2) в 2,2 раза ($p = 0,73E-4$) и составляла $264,10 \pm 13,05$ в 1 мм^2 , в сетчатом слое дермы превышала контроль ($102,56 \pm 30,03$ в 1 мм^2) в 1,3 раза ($p = 0,002$) и составляла $130,35 \pm 36,46$ в 1 мм^2 . Часть микрососудов имела признаки некробиотических изменений сосудистых стенок. Объемная скорость капиллярного кровотока кожи на подошвенной поверхности пораженной стопы была повышена ($4,7 \pm 0,4$ мл×мин/100 г), и ее показатели были больше на 81,6±14,2% ($p = 0,0004$) относительно значений на контралатеральной стопе ($2,6 \pm 0,2$ мл×мин/100 г).

Артерии кожи имели измененные сосудистые стенки. В части из них наблюдали значительное утолщение *tunica intima* (рис. 1а); в части — увеличение толщины *tunica media* (рис. 1б) вследствие гипертрофии и гиперплазии гладкомышечных клеток, утолщение *tunica adventitia* с отсутствием ее четких границ, облитерацию просветов. Лимфатические сосуды, обычно плохо различимые в препаратах, выглядели как крупные полости неправильной формы (рис. 1с).

Объемная плотность потовых желез повышалась в 1,37 раза ($p = 0,04$) по сравнению с контролем ($18,16 \pm 2,51\%$) и составляла в среднем $24,92 \pm 2,19\%$. Содержание жировой ткани заметно снижалось, а в некоторых образцах она отсутствовала полностью.

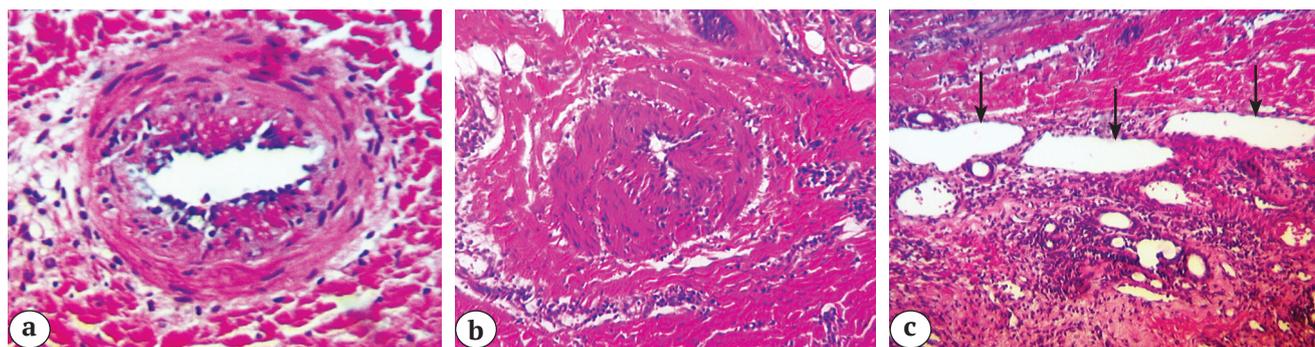


Рис. 1. Биоптат кожи, взятый в области остеомиелитического очага на подошвенной поверхности стопы больного с многокомпонентной деформацией стопы при *spina bifida*:

а, б — артерии кожи с признаками патологических изменений сосудистой стенки;
 с — лимфатические сосуды с расширенными просветами в глубоких слоях дермы (стрелки).
 Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×60

Fig. 1. Skin biopsy specimen harvested in osteomyelitic area on plantar foot surface in patient with multicomponent foot deformity and with *spina bifida*:

а, б — skin arteries with pathological signs of vessels wall changes;
 с — lymphatic vessels with enlarged lumens in deep layers of the dermis (arrows).
 Hematoxylin and eosin staining. Mag. ×60

В нервных стволиках дермы, как и в контроле, преобладали безмиелиновые нервные волокна. В большинстве фасцикул обнаруживались признаки деструктивных изменений — периневральные, субпериневральные отеки и валлеровская дегенерация нервных проводников (рис. 2а,б); часть нервных стволиков сохраняла нормальное строение (рис. 2с).

Исследование температурно-болевого чувствительности показало, что нарушения этого вида чувствительности в наибольшей степени были выражены в области заинтересованного S₁ дерматома (по схеме шкалы ASIA [17]) на конечности с наличием на подошвенной поверхности стопы гнойно-воспалительного очага (табл. 1).

В этой области в 71% отсутствовала тепловая чувствительность, в остальных случаях порог тепла был значительно больше нормы (в среднем на 6,0±0,6°, от 4 до 8°, $p = 3,51E-05$). Болевая чувстви-

тельность была нарушена в 100% случаев, в 29% из них она отсутствовала. Величина порога сохраненной болевой чувствительности была выше нормы в среднем на 4,4±1,2° (от 2 до 8°) ($p = 0,002$).

Эти негативные изменения превалировали над нарушениями не только в прилежащих дерматомах (L₄, L₅ дерматома) этой конечности, но и в дерматомах (L₄, L₅, S₁ дерматома) контралатеральной конечности (табл. 2).

Структура поверхностного участка кости, вовлеченного в гнойно-воспалительный процесс, микроскопически была представлена рарефицированным спонгиозным строением с выраженным грануляционным валом, полным или частичным некрозом костных трабекул. Очаги остеонекроза имели разную величину и форму. Некротизированные трабекулы были представлены обширными бесклеточными участками костного матрикса с пустыми остеоцитарными лакунами (рис. 3а–с).

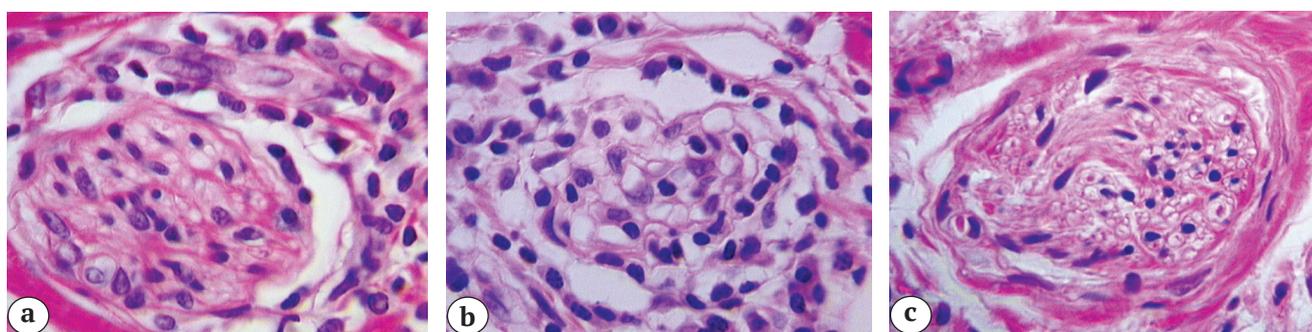


Рис. 2. Биоптат кожи, взятый в области остеомиелитического очага на подошвенной поверхности стопы больного с многокомпонентной деформацией стопы при *spina bifida*. Структура нервных стволиков в дерме: а, б — нормальная; с — деструктивно измененная. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×500

Fig. 2. Skin biopsy specimen harvested in osteomyelitic area on plantar foot surface in patient with multicomponent foot deformity and with *spina bifida*. Structure of nerve stems in the dermis: а, б — normal; с — destructive changes. Hematoxylin and eosin staining. Mag. ×500

Таблица 1

Показатели температурно-болевого чувствительности конечности с гнойно-воспалительным очагом у больных с многокомпонентными деформациями стоп при *spina bifida*, осложненными хроническим остеомиелитом (n = 30) (M±m)

Дерматом	Показатель температурно-болевого чувствительности					
	t кожи, град.	Тепловая чувствительность		Болевая чувствительность		
		порог тепла, град.	отсутствие, %	порог боли, град.	нарушение, %	отсутствие, %
Норма	30,3±1,1	33,1±0,7	–	42,3 ±1,2	–	–
L ₄	29,4±0,8	33,2±1,6	14	41,6±1,3	14	0
L ₅	29,3±0,7	37,5±0,5*	71	45,0±0,4	57	0
S ₁	29,6±0,9	39,2±0,6*	71	46,6±1,3*	100	29

* — статистическая значимость отличий от показателей нормы, $p < 0,05$.

Таблица 2

Показатели температурно-болевой чувствительности контралатеральной конечности у больных с многокомпонентными деформациями стоп при *spina bifida*, осложненными хроническим остеомиелитом ($n = 30$) ($M \pm m$)

Дерматом	Показатель температурно-болевой чувствительности					
	t кожи, град.	Тепловая чувствительность		Болевая чувствительность		
		порог тепла, град.	отсутствие, %	порог боли, град.	нарушение, %	отсутствие, %
Норма	30,3±1,1	33,1±0,7	–	42,3 ±1,2	–	–
L ₄	29,0±0,8	32,3±1,1	43	46,3±0,6*	57	0
L ₅	29,2±0,9	33,0±0,1	71	47,0±1,1*	57	29
S ₁	29,1±0,9	34,0±0,0	85	46,4±1,3*	71	14

* — статистическая значимость отличий от показателей нормы, $p < 0,05$.

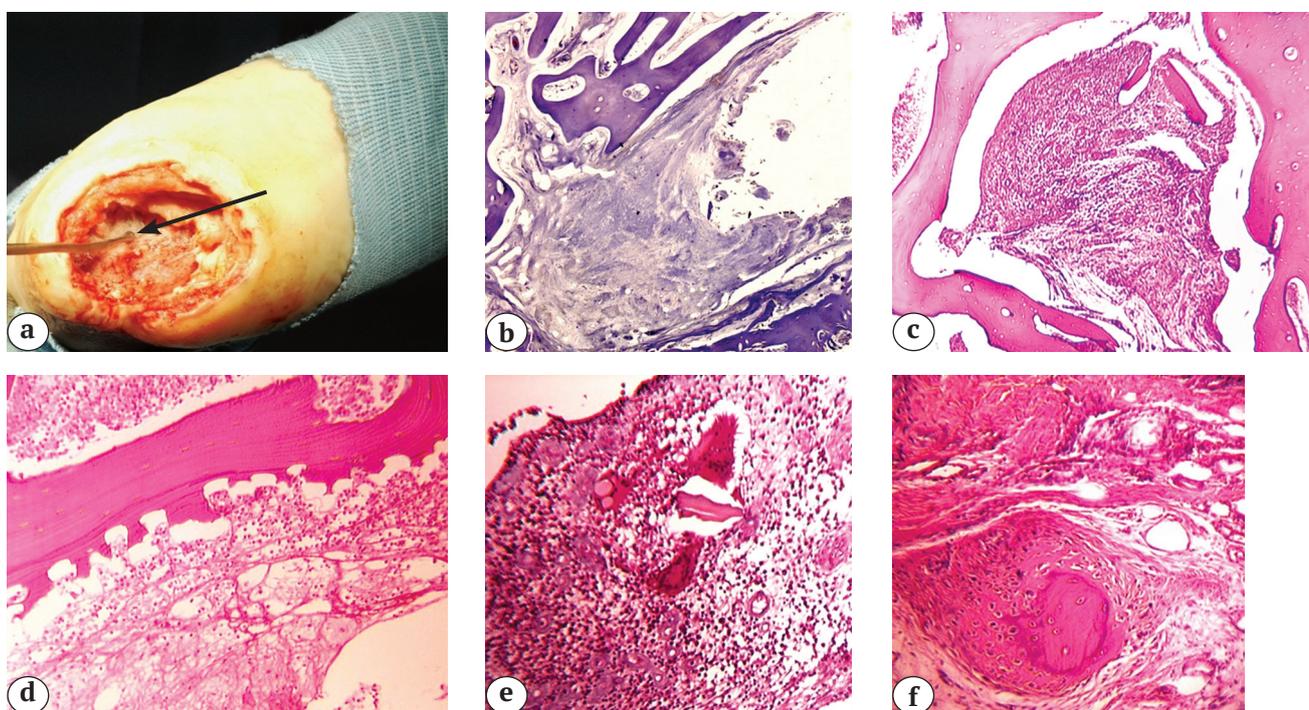


Рис. 3. Биоптат пяточной кости у больного с многокомпонентной деформацией стопы при *spina bifida*, осложненной хроническим остеомиелитом:

- a — внешний вид заднего отдела стопы и область взятия биопсийного материала (указано стрелкой);
- b — некроз костных трабекул и полость распада; c — остеонекроз, микросеквестры и воспалительный инфильтрат; d — пустые лакуны, нет слоя остеобластов на поверхностях rareфицированных трабекул;
- e — грануляционная ткань с микросеквестрами и гигантскими многоядерными клетками типа инородных тел;
- f — участок репаративного остеогенеза.

Окраска по Паппенгейму (b), гематоксилином и эозином (c, d, f), по Массону (e).

Ув.: b, c, d — $\times 31,25$; e, f — $\times 78,75$

Fig. 3. Biopsy specimen of calcaneus in patient with multicomponent foot deformity and *spina bifida*, complicated by chronic osteomyelitis:

- a — image of hindfoot and harvesting site (arrow); b — necrosis of bone trabeculae and destruction cavitation;
- c — osteonecrosis, micro sequestration and inflammatory infiltration; d — empty lacunae, no osteoblast layer on the rarefied trabeculae;
- e — granulation tissue with micro sequestration and gigantic multicore cells;
- f — reconstructive osteogenesis area.

Pappenheim staining (b), hematoxyline and eosin staining (c, d, f), Masson's straining.

Mag.: b, c, d — $\times 31,25$; e, f — $\times 78,75$

В очагах некроза и вокруг него наблюдались костные трабекулы с явлениями резорбции, приводящей к rareфикации кости, выстилающие поверхность трабекул, покоящиеся остеобласты отсутствовали (рис. 3d). В межтрабекулярных пространствах отмечали многочисленные частично резорбированные костные микросеквестры — некротизированные фрагменты костных трабекул, окруженные грануляционной тканью с воспалительным инфильтратом и изредка гигантскими многоядерными клетками типа инородных тел (рис. 3e). Признаки репаративного остеогенеза были выражены слабо и наблюдались чаще на границе с мягкотканым компонентом (рис. 3f). В межкостных пространствах и гаверсовых каналах определялись признаки аваскуляризации и некроз мягкотканых компонентов. Костный мозг был замещен грануляционной тканью разной степени зрелости. Отмечались отек и утолщение стенок сосудов микроциркуляторного русла, набухание эндотелиоцитов.

В мягкотканых компонентах наблюдалась очагово-диффузная лимфо-гистиоцитарная инфильтрация. В большей части сосудов отмечалось увеличение толщины медиального слоя стенок, за счет чего просветы сужались. Гиперплазия гладкомышечных клеток сочеталась с их деструкцией и деградацией соединительнотканного матрикса.

Обсуждение

Полученные нами результаты исследования раскрывают особенности строения и свойств кожи при спинальной дизрафии (*spina bifida*) и объясняют механизмы формирования глубоких язв стопы и развития остеомиелита у данной категории больных. Известно, что у больных со *spina bifida* (тип *myelomeningocele*) существует повышенный риск развития нейропатических язв стопы [11–14, 19]. Результаты исследования показали, что первостепенное значение имеет неврологический дефицит. Так, анализ неврологического статуса свидетельствует о том, что все обследуемые пациенты имели различную степень нарушения чувствительности (AIS B; AIS C; AIS D). Результаты инструментального исследования температурно-болевой чувствительности показали, что нарушения этого вида чувствительности регистрировались как на пораженной, так и на контралатеральной конечностях. Однако в наибольшей степени негативные изменения были выражены в области S₁ дерматома, на конечности с наличием гнойно-воспалительного очага на подошвенной поверхности стопы. В этой области в 100% случаев была нарушена температурно-болевая чувствительность, в том числе у 29% больных она отсутствовала. Морфологическая картина, полученная после анализа биоптатов кожи, взятой в области остеомиелитического очага, свидетель-

ствовала о деструктивных изменениях в значительной части нервных стволиков дермы с дегенерацией нервных волокон. Наши результаты согласуются с данными других авторов, которые отмечали снижение болевой чувствительности у этой категории больных [10, 20]. Кроме того, по данным различных исследований [10, 21, 22], в среднем у 80,0±7,1% (от 50,6 до 89,0%) больных со *spina bifida* встречаются деформации конечностей.

Повышение порогов чувствительности (или ее отсутствие), уменьшение афферентной иннервации нижних конечностей и, как следствие, снижение защитного ощущения и контроля над движениями, неконтрольная хроническая нагрузка атипичных участков стопы могут служить пусковыми факторами снижения защитных свойств кожи подошвенной поверхности с появлением гнойно-воспалительного очага. Кроме того, известно, что у пациентов с нейрогенными нарушениями конечностей затруднено заживление ран [19].

Гистоморфометрические исследования показали, что развитию хронического остеомиелита на стопе у больных со *spina bifida* способствуют и патоморфологические изменения структуры кожи. Так, вследствие гиперкератоза снижается чувствительность кожи, усиливается ее ригидность, изменяется тургор, развивается склонность к формированию трещин, являющихся «воротами» для проникновения инфекции. Усиленное потоотделение за счет увеличения объемной плотности потовых желез повышает влажность кожи, что создает благоприятную среду для распространения инфекции. Истончение дермы и снижение объемов подкожной жировой ткани, выполняющих защитную и амортизирующую функции, увеличивают ишемизацию костных структур в зонах локальной прессорной нагрузки, что создает благоприятные условия для инфекционно-воспалительного процесса. Следует отметить, что выявленная нами гиперваскуляризация кожи за счет повышенной численной плотности микрососудов является ответной реакцией на наличие очага гнойного воспаления.

Результаты наших исследований, характеризующих морфологическую картину костной ткани в остеомиелитическом очаге у больных с многокомпонентными деформациями стоп нейрогенной этиологии (при *spina bifida*), свидетельствуют о типичных известных патоморфологических признаках хронического воспаления [23–27]: множественные полости деструкции с пиогенной мембраной, наличие грануляционной ткани разной степени зрелости, а также определение сочетаний стадийности хронического и острого процессов со слабо выраженным репаративным костеобразованием. Потерю костной массы у больных со *spina bifida* отмечали и S.P. Kelley с соавторами [10].

В результате выполненного исследования впервые выявлены патогистологические изменения кожи подошвенной поверхности стопы, способствующие формированию язв и развитию остеомиелита. К ним относятся псевдокарциноматозная гиперплазия кожи с увеличением плотности микрососудов и скорости капиллярного кровотока, паракератоз, истончение дермы, потеря жировой ткани и дегенерация нервных проводников в большинстве нервных стволиков дермы, что сопровождается нарушением температурно-болевой чувствительности.

Морфологическая картина костной ткани в остеомиелитическом очаге свидетельствует о типичных патоморфологических признаках хронического воспаления со слабо выраженным репаративным костеобразованием.

Полученные результаты являются теоретической основой для поиска новых методов профилактики и лечения данной патологии, направленных на снижение нейродегенеративных расстройств и стимуляцию репаративного остеогенеза.

Этика публикации: исследования были проведены в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации с поправками 2013 г. Всеми пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований, без идентификации личности.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Судницын А.С. — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных, подготовка текста, редактирование.

Щурова Е.Н. — разработка концепции и дизайна исследования, проведение физиологических исследований, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста, редактирование.

Варсегова Т.Н. — проведение гистоморфометрических исследований, статистическая обработка и анализ полученных данных, подготовка текста.

Ступина Т.А. — проведение гистоморфометрических исследований, статистическая обработка и анализ полученных данных, подготовка текста.

Мигалкин Н.С. — сбор и обработка патогистологического материала, проведение исследований, подготовка текста.

Литература [References]

1. Ардашев И.П., Гатин В.Р., Ардашева Е.И., Стариков Т.Н., Носков В.П., Веретельникова И.Ю., Петрова О.И., Каткова М.А. Отдаленные результаты консервативного лечения остеомиелита позвоночника. *Вестник новых медицинских технологий*. 2014;21(3):108-111.
2. Ardashev I.P., Gatin V.R., Ardasheva E.I., Starikov T.N., Noskov V.P., Veretelnikova I.YU., Petrova O.I., Katkova M.A. [Long-term results of conservative treatment of spine osteomyelitis]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of New Medical Technologies]. 2014;21(3):108-111. (In Russian).
3. Wirbel R., Hermans K. Surgical treatment of chronic osteomyelitis in children admitted from developing countries. *Afr J Paediatr Surg*. 2014;11(4):297-303. DOI: 10.4103/0189-6725.143133.
4. Новомлинский В.В., Малкина Н.А., Андреев А.А., Глухов А.А., Микулич Е.В. Современные аспекты диагностики и лечения остеомиелита. Обзор литературы. *Современные проблемы науки и образования*. 2016;5. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25326>.
5. Novomlinskii V.V., Malkina N.A., Andreev A.A., Glukhov A.A., Mikulich E.V. [Modern aspects of diagnosis and treatment of osteomyelitis. Literature review]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2016;5. (In Russian). Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25326>.
6. Jerzy K., Francis H. Chronic osteomyelitis — bacterial flora, antibiotic sensitivity and treatment challenges. *Open Orthop J*. 2018;12:153-163. DOI: 10.2174/1874325001812010153.
7. Roy M., Somerson J.S., Kerr K.G., Conroy J.L. Pathophysiology and pathogenesis of osteomyelitis. Ed. M.S. Baptista, J.P. Tardivo. IntechOpen, 2012. Ch. 1. P. 3-26. DOI: 10.5772/1264. Available from: <https://www.intechopen.com/books/osteomyelitis>.
8. Ertugrul B.M., Lipsky B.A. Osteomyelitis or Charcot neuro-osteoarthropathy? Differentiating these disorders in diabetic patients with a foot problem. *Diabet Foot Ankle*. 2013;4:1-8. DOI: 10.3402/dfa.v4i0.21855.
9. Grimes J.S. Jr. Infections of the foot: osteomyelitis. Mann's surgery of the foot and ankle. 9th edition. Ed. M.J. Coughlin, C. Saltzman, R.B. Anderson. Philadelphia: Saunders, 2014. Vol. 1. Ch. 15. P. 757-759.
10. Kliushin N.M., Sudnitsyn A.S., Subramanyam K.N., George J. Management of neurologic deformity of the ankle and foot with concurrent osteomyelitis with the Ilizarov method. *Foot Ankle Int*. 2018; 39(2):226-235. DOI: 10.1177/1071100717739396.
11. Biedermann R. Orthopedic management of spina bifida. *Orthopade*. 2014;43(7):603-610. DOI: 10.1007/s00132-013-2215-9.
12. Kelley S.P., Bache C.E., Graham H.K., Donnan L.T. Limb reconstruction using circular frames in children and adolescents with spina bifida. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(7):1017-1022. DOI: 10.1302/0301-620X.92B7.22965.
13. Maynard M.J., Weiner L.S, Burke S.W. Neuropathic foot ulceration in patients with myelodysplasia. *J Pediatr Orthop*. 1992;12(6):786-788.
14. Srivastava V.K. Wound healing in trophic ulcers in spina bifida patients. *J Neurosurg*. 1995;82(1):40-43.
15. Ebid A.A., El-Kafy E.M., Alayat M.S. Effect of pulsed Nd:YAG laser in the treatment of neuropathic foot ulcers in children with spina bifida: a randomized controlled study. *Photomed Laser Surg*. 2013;31(12):565-570. DOI: 10.1089/pho.2013.3533.

14. Pandey A., Gupta V., Singh S.P., Kumar V., Verma R. Neuropathic Ulcers Among Children With Neural Tube Defects: A Review of Literature. *Ostomy Wound Manage.* 2015;61(12):32-38.
15. Freeman G.J., Mackie K.M., Sare J., Walsh A.K., Pherwani A.D. A novel approach to the management of the diabetic foot: metatarsal excision in the treatment of osteomyelitis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007;33(2):217-219. DOI: 10.1016/j.ejvs.2006.10.008.
16. Marais L.C., Ferreira N., Aldous C. The classification of chronic osteomyelitis. *SA Orthop J Autumn.* 2014;13(1):22-28. Available from: <http://saoajournal.ps.studio/index.php/saoj/article/view/181>.
17. Kirshblum S.C., Burns S.P., Biering-Sorensen F., Donovan W., Graves D.E., Jha. A. et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011). *J Spinal Cord Med.* 2011;34(6):535-546. DOI: 10.1179/204577211X13207446293695.
18. Kitaoka H.B., Alexander I.J., Adelaar R.S., Nunley J.A., Myerson M.S., Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hind foot, mid-foot, hallux and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15:135-149.
19. Werner S., Grose R. Regulation of Wound Healing by Growth Factors and Cytokines. *Physiol Rev.* 2003;83:835-870. DOI: 10.1152/physrev.2003.83.3.835.
20. Kadam D. Microsurgical Reconstruction of Plantar Ulcers of the Insensate Foot. *J Reconstr Microsurg.* 2016;32(5):402-410. DOI: 10.1055/s-0036-1579536.
21. Broughton N.S., Graham G., Menelaus M.B. The high incidence of foot deformity in patients with high-level spina bifida. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76(4):548-550.
22. Gunay H., Sozbilen M.C., Gurbuz Y., Altinisik M., Buyukata B. Incidence and type of foot deformities in patients with spina bifida according to level of lesion. *Childs Nerv Syst.* 2016;32(2):315-319. DOI: 10.1007/s00381-015-2944-7.
23. Calhoun J.H., Manring M.M., Shirliff M. Osteomyelitis of the long bones. *Semin Plast Surg.* 2009;23(2):59-72. DOI: 10.1055/s-0029-1214158.
24. Глухов А.А., Алексеева Н.Т., Микулич Е.В. Морфологические изменения в костной ткани при хроническом остеомиелите на фоне применения тромбоцитарного концентрата. *Успехи современного естествознания.* 2011;12:36-38. Режим доступа: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=28992>.
- Glukhov A.A., Alekseeva N.T., Mikulich E.V. [Morphological changes in bone tissue in chronic osteomyelitis with the use of platelet concentrate]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia* [The successes of modern natural science]. 2011;12: 36-38. (In Russian). Available from: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=28992>.
25. Schmidt H.G., Tiemann A.H., Braunschweig R., Diefenbeck M., Bühler M., Abitzsch D., Haustedt N., Walter G., Schoop R., Heppert V., Hofmann G.O., Glombitza M., Grimme C., Gerlach U.J., Flesch I. Definition of the Diagnosis Osteomyelitis-Osteomyelitis Diagnosis Score (ODS). *Z Orthop Unfall.* 2011;149(4):449-460. (In German). DOI: 10.1055/s-0030-1270970.
26. Tiemann A., Hofmann G.O., Krukemeyer M.G., Krenn V., Langwald S. Histopathological Osteomyelitis Evaluation Score (HOES) — an innovative approach to histopathological diagnostics and scoring of osteomyelitis. *Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW.* 2014;3:Doc08. DOI: 10.3205/iprs000049.
27. Байрамкулов Э.Д., Воротников А.А., Мозеров С.А., Красовитова О.В. Клинико-морфологическая характеристика остеомиелита при синдроме диабетической стопы. *Фундаментальные исследования.* 2015;1-1:23-27. Режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36758>.
- Bairamkulov E.D., Vorotnikov A.A., Mozerov S.A., Krasovitova O.V. [Clinical and morphological characteristics of osteomyelitis in diabetic foot syndrome]. *Fundamentalnye issledovaniya* [Fundamental research]. 2015;1-1:23-27. (In Russian). Available from: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36758>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Судницын Анатолий Сергеевич — канд. мед. наук, научный сотрудник лаборатории гнойной остеологии, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Щурова Елена Николаевна — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории коррекции деформации и удлинения конечностей, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Варсегова Татьяна Николаевна — канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории морфологии, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Ступина Татьяна Анатольевна — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории морфологии, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Мигалкин Николай Сергеевич — научный сотрудник лаборатории морфологии, ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Anatoly S. Sudnitsyn — Cand. Sci. (Med.), researcher, Laboratory of Purulent Osteology, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Elena N. Shchurova — Dr. Sci. (Biol.), leading researcher, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Tatyana N. Varsegova — Cand. Sci. (Biol.), senior researcher, Laboratory of Morphology, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Tatyana A. Stupina — Dr. Sci. (Biol.), leading researcher, Laboratory of Morphology, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Nikolay S. Migalkin — researcher, Laboratory of Morphology, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Покрyтия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации

Д.В. Тапальский¹, Н.С. Николаев², А.В. Овсянкин³, В.Д. Кочаков⁴, Е.А. Головина⁵, М.В. Матвеевков⁵, М.В. Сухорукова⁶, Р.С. Козлов⁶

¹ УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

² ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Чебоксары, Россия

³ ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Смоленск, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

⁵ ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь

⁶ ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, НИИ антимикробной химиотерапии, г. Смоленск, Россия

Реферат

Цель исследования — оценить антибактериальную активность и биологическую совместимость легируемых покрытий металлоконструкций для остеосинтеза на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода (ДУ ЛЦУ). **Материал и методы.** Методом ионно-стимулированной конденсации углерода в вакууме на поверхностях титановых пластин и полистироловых планшетов синтезированы покрытия на основе ДУ ЛЦУ с легирующими добавками: азотом (ДУ ЛЦУ+N) и серебром (ДУ ЛЦУ+Ag). Изучена поверхностная бактерицидная активность покрытий и ее устойчивость к механическим воздействиям. На пластинах с покрытиями оценена интенсивность формирования микробных биопленок клиническими изолятами микроорганизмов со множественной и экстремальной антибиотикорезистентностью, для визуализации сформированных биопленок выполнено окрашивание образцов раствором кристаллического фиолетового. Оценка цитотоксичности покрытий выполнена в отношении первичной культуры фибробластов и клеточной линии кератиноцитов HaCaT. **Результаты.** Выявлен выраженный поверхностный бактерицидный эффект покрытий ДУ ЛЦУ+Ag в отношении микроорганизмов нескольких таксономических групп, не зависящий от их устойчивости к антибактериальным препаратам. Для покрытия ДУ ЛЦУ+Ag установлена способность полного предотвращения формирования микробных биопленок антибиотикорезистентными клиническими изолятами *S. aureus* и *P. aeruginosa*. Показана механическая устойчивость серебросодержащего покрытия с сохранением уровня поверхностной бактерицидной активности, близкого к исходному, даже после продолжительной абразивной обработки. Покрытия на основе ДУ ЛЦУ не вызывали цитотоксических эффектов. Структура монослоя, сформированного в лунках с покрытиями ДУ ЛЦУ+N и ДУ ЛЦУ+Ag, была неотличима от лунок контрольных планшетов.

Ключевые слова: титановые имплантаты, микробные биопленки, антибиотикорезистентность, антибактериальные покрытия.

Тапальский Д.В., Николаев Н.С., Овсянкин А.В., Кочаков В.Д., Головина Е.А., Матвеевков М.В., Сухорукова М.В., Козлов Р.С. Покрyтия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):111-120. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-111-120.

Cite as: Tapalski D.V., Nikolaev N.S., Ovsyankin A.V., Kochakov V.D., Golovina E.A., Matveenkov M.V., Sukhorukova M.V., Kozlov R.S. [Coatings Based on Two-Dimensionally Ordered Linear Chain Carbon for Protection of Titanium Implants from Microbial Colonization]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):111-120. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-111-120.

✉ Тапальский Дмитрий Викторович / Dmitry V. Tapalski; e-mail: tapalskiy@gsmu.by

Рукопись поступила/Received: 30.09.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 09.01.2019.

Coatings Based on Two-Dimensionally Ordered Linear Chain Carbon for Protection of Titanium Implants from Microbial Colonization

D.V. Tapalski¹, N.S. Nikolaev², A.V. Ovsyankin³, V.D. Kochakov⁴, E.A. Golovina³, M.V. Matveenkov⁵, M.V. Sukhorukova⁶, R.S. Kozlov⁶

¹ Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

² Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Cheboksary, Russian Federation

³ Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Smolensk, Russian Federation

⁴ Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russian Federation

⁵ Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

⁶ Research Institute of Antimicrobial Chemotherapy of Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

Abstract

Purpose of the study – to evaluate the antibacterial activity and biological compatibility of alloy coatings based on two-dimensionally ordered linear chain carbon (TDOLCC). **Materials and Methods.** Coatings based on TDOLCC were synthesized using alloying additions like nitrogen (TDOLCC+N) and silver (TDOLCC+Ag) on the surfaces of titanium plates and polystyrene plates by the ion-stimulated carbon condensation in a vacuum. The authors examined the superficial bactericidal activity of the coatings and its resistance to mechanical effects. Coated plates were evaluated in respect of rate of microbial biofilms formation by clinical isolates with multiple and extreme antibiotic resistance. Specimens were colored with crystal violet solution to visualize the biofilms. Cytotoxic effect of coatings was evaluated in respect of primary culture of fibroblasts and keratinocyte cell line HaCaT. **Results.** The authors observed pronounced superficial bactericidal effect of TDOLCC+Ag coating in respect of microorganisms of several taxonomic groups independently of their resistance to antibacterial drugs. TDOLCC+Ag coating proved capable to completely prevent microbial biofilm formation by antibiotic resistant clinical isolates of *S. aureus* and *P. aeruginosa*. Silver-containing coating demonstrated mechanical resistance and preservation of close to baseline level of superficial bactericidal activity even after lengthy abrasion treatment. TDOLCC based coatings did not cause any cytotoxic effects. Structure of monolayers formed in cavities coated by TDOLCC+N and TDOLCC+Ag was indistinguishable from the monolayers in cavities of control plates.

Keywords: titanium implants, microbial biofilms, antibiotic resistance, antibacterial coating.

Введение

Бактериальные инфекции области хирургического вмешательства являются серьезным осложнением остеосинтеза, их лечение в значительной мере затруднено наличием в очаге воспаления фиксирующей металлоконструкции, колонизированной микробными биопленками. Показано, что формирование биопленок на поверхностях различных материалов для остеосинтеза (чистый титан, титановые сплавы, нержавеющая сталь, кобальт-хром-молибденовые сплавы) происходит достаточно быстро и занимает от 2 до 4 ч [1]. Предотвращение образования биопленок является основной задачей в профилактике имплантат-ассоциированных инфекций [2].

У пациентов с высоким риском глубоких инфекций области хирургического вмешательства одним из перспективных направлений является применение металлоконструкций с модифицированными активными микробицидными поверхностями. Известны различные способы физико-

химического модифицирования поверхностей с целью придания им антибактериальных свойств. «Идеальное» антибактериальное покрытие, наносимое на поверхность имплантатов, применяемых в травматологии и ортопедии, должно быть биологически совместимым и не оказывать местного раздражающего действия, проявлять выраженные бактерицидные свойства в раннем послеоперационном периоде и сохранять поверхностную бактерицидную активность в отношении широкого круга микроорганизмов — возбудителей раневых инфекций в течение всего срока имплантации, а также препятствовать адгезии бактерий к поверхности имплантата и подавлять образование микробных биопленок [3].

Использование углеродных алмазоподобных покрытий для защиты имплантатов было предложено в начале 1990-х гг. Алмазоподобный углерод характеризуется химической инертностью, коррозионной устойчивостью и механической износостойкостью. Алмазоподобные покрытия содержат

сочетание sp²- и sp³-углеродных связей высокой энергии [4, 5]. Серьезным ограничением использования алмазоподобных покрытий в травматологии и ортопедии является их нестабильность в условиях биологических жидкостей организма, которая проявляется отслоением или расщеплением покрытия. В современных условиях область использования алмазоподобных покрытий ограничена из-за наличия в их слое значительных внутренних механических напряжений и достаточно слабой адгезии к металлическим поверхностям [4]. Указанные недостатки отсутствуют у покрытий на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода (ДУ ЛЦУ). Пленки ДУ ЛЦУ, синтезированные на различных подложках, представляют собой упорядоченные ансамбли квантовых нитей, располагающихся на расстоянии 0,4–0,5 нм и потому очень слабо взаимодействующих друг с другом [6]. Покрытия на основе ДУ ЛЦУ обладают высокой адгезией к подложке, прочностью и упругостью, а также хорошей биологической совместимостью [7–9]. В процессе синтеза пленки ДУ ЛЦУ легко подвергается легированию различными химическими элементами, что позволяет придавать поверхностям дополнительные физико-химические свойства [10, 11].

Цель исследования — оценить антибактериальную активность и биологическую совместимость легированных покрытий металлоконструкций для остеосинтеза на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода.

Материал и методы

Технология формирования углеродных покрытий

В качестве материала подложек для нанесения покрытий ДУ ЛЦУ использовали титановые пластины размером 50×50×0,5 мм (для определения поверхностной бактерицидной активности) и размером 12,5×50×0,5 мм (для изучения формирования микробных биопленок). Покрытия были синтезированы в вакуумной установке «УРМ.3.279.070 Алмаз» методом ионно-стимулированной конденсации углерода. На подложку одновременно поступали поток углерода, полученный термическим испарением или ионным распылением, и поток ионов аргона, в результате конденсации потока углерода формировались пленки ДУ ЛЦУ.

Для получения пленок ДУ ЛЦУ, легированных серебром (ДУ ЛЦУ+Ag), в графитовом катоде высверливались отверстия, в которые вставлялись штифты из серебра. Синтез пленки производился с одновременным ионно-плазменным испарением серебра в том же импульсном катодном разряде. Легирование пленок ДУ ЛЦУ азотом (ДУ ЛЦУ+N) осуществлялось подачей азота в вакуумную камеру совместно с аргоном.

Оценка антибактериальной активности покрытий

Для выявления антибактериальной активности и изучения интенсивности высвобождения антибактериальных факторов из покрытий использовали двухслойный агаровый метод [12]. Контрольные и опытные образцы (титановые пластины 50×50×0,5 мм без покрытий и с покрытиями ДУ ЛЦУ, ДУ ЛЦУ+N, ДУ ЛЦУ+Ag) выдерживали в дистиллированной воде 15 мин при комнатной температуре для удаления быстро растворимых компонентов и стерилизовали воздушным методом при 160°C в течение 60 мин. После остывания до комнатной температуры образцы стерильным пинцетом перемещали на поверхность агара Мюллера–Хинтона (Mueller Hinton II Agar, BD BBL, США) в 90-мм полистироловых чашках Петри. Расплавленный и остуженный до 45°C агар Мюллера–Хинтона в объеме 8,3 мл; 14,6 мл и 27,6 мл заливали вторым слоем на поверхность пластины. Расчетная высота слоя агара над поверхностью пластины составила 1, 2 и 4 мм соответственно. Чашки выдерживали на выставленной по уровню горизонтальной поверхности до полного застывания среды, затем в течение 15 мин подсушивали в термостате.

В качестве тест-культуры использовали контрольный штамм *P. aeruginosa* ATCC 27853 из Американской коллекции типовых культур. Из суточной культуры, выращенной на питательном агаре (Nutrient Agar, M001, HiMedia, Индия), готовили суспензию в стерильном изотоническом растворе хлорида натрия с оптической плотностью 0,5 по стандарту мутности МакФарланда. Чашки инокулировали бактериальной суспензией и инкубировали 18 ч при 35°C. Оценивали наличие и характер роста микроорганизмов на поверхности агара Мюллера–Хинтона в области проекции контрольных титановых пластин и титановых пластин с углеродными покрытиями различного состава.

Оценка поверхностной бактерицидной активности покрытий

Готовили серии опытных образцов, каждая из которых включала по 3 образца (титановые пластины 50×50×0,5 мм) с однотипным покрытием, а также серию контрольных образцов без покрытий. Контрольные и опытные образцы выдерживали в дистиллированной воде 15 мин при комнатной температуре для удаления быстро растворимых веществ, затем высушивали, помещали в стеклянные чашки Петри и стерилизовали в воздушном стерилизаторе при 160°C в течение 60 мин. В качестве тест-культур использовались *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 и *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. Дополнительно в исследование

включен экстремально антибиотикорезистентный изолят *Pseudomonas aeruginosa* P-142, выделенный от пациента с посттравматическим остеомиелитом. Определение поверхностной бактерицидной активности образцов выполняли в соответствии с Японским индустриальным стандартом JIS Z 2801: 2010*. Рассчитывали количество жизнеспособных бактериальных клеток для серии образцов по формуле:

$$N = \frac{(C_1 + C_2 + C_3) D}{3},$$

где N — среднее количество микробных клеток для серии образца, C_1, C_2, C_3 — количество колоний на чашке для каждого из образцов в серии, D — фактор разведения.

Рассчитывали уровень антимикробной активности для серии опытных образцов по формуле:

$$R = \log(N_K/N_T),$$

где R — уровень антимикробной активности, N_K — среднее количество микробных клеток для серии контрольных образцов, N_T — среднее количество микробных клеток для серии опытных образцов.

Рассчитывали индекс бактерицидности по формуле:

$$I = \frac{N_K - N_T}{N_K} \times 100\%,$$

где I — индекс бактерицидности, N_K — среднее количество микробных клеток для серии контрольных образцов, N_T — среднее количество микробных клеток для серии опытных образцов.

Определение устойчивости антибактериальных покрытий к механическим воздействиям

Выполняли отмывку пластин с покрытиями различных типов в дистиллированной воде в присутствии абразива. В качестве абразива использовали наполнитель для галтовки ОТЕС Н0/050 (ОТЕС, Германия). В флаконах размещали образцы с покрытиями, добавляли по 15–20 г абразива и 100 мл дистиллированной воды. Инкубацию проводили в течение 96 ч при температуре 35°C с непрерывным орбитальным встряхиванием 150 об./мин на шейкере-инкубаторе ES-20 (BioSan, Латвия). После проведения абразивной обработки образцы дважды промывали дистиллированной водой, стерилизовали воздушным методом при 160°C в течение 60 мин и определяли бактерицидную активность поверхности в соответствии с JIS Z 2801: 2010.

Изучение формирования микробных биопленок на поверхности антибактериальных покрытий

Для оценки защитного эффекта углеродсодержащих покрытий различного состава в от-

ношении микробных биопленок использовали клинические изоляты со множественной антибиотикорезистентностью *S. aureus* и *P. aeruginosa* с высокой способностью к биопленкообразованию, выделенные от пациентов с инфекциями костной ткани. Опытные образцы с покрытиями разных типов и контрольные образцы без покрытий помещали в стеклянные центрифужные пробирки и выполняли воздушную стерилизацию при 160° в течение 60 мин. Готовили суспензии тест-культур в стерильном изотоническом растворе хлорида натрия (оптическая плотность 0,5 по стандарту мутности МакФарланда). В пробирки с образцами вносили по 10 мл триптон-соевого бульона (Tryptic Soy Broth, BD BBL, США) и добавляли 50 мкл суспензии тест-культуры (расчетная стартовая концентрация микробных клеток в среде 5×10^5 мл⁻¹). Исследование выполняли в трех повторях. Пробирки с образцами инкубировались на шейкере-инкубаторе 24 ч при 35°C с интенсивностью встряхивания 100 об./мин. Для визуализации биопленок после инкубации проводили окрашивание образцов водным раствором кристаллического фиолетового (0,1%). Для количественной оценки интенсивности биопленкообразования окрашенные образцы помещали в пробирки с 10 мл 96% этанола и выполняли спиртовую экстракцию кристаллического фиолетового, сорбированного биопленкой в течение 24 ч при 44°C. Концентрацию кристаллического фиолетового в полученных экстрактах определяли на микропланшетном ридере Infinite M200 (TECAN, Швейцария), длина волны 540 нм. Массу биопленки представляли как массу красителя, поглощенного биопленкой при окрашивании, и рассчитывали по формуле:

$$m = \frac{V(C_1 + C_2 + C_3 - F_1 - F_2 - F_3)}{3},$$

где m — масса кристаллического фиолетового, поглощенного биопленкой, мкг; V — объем отмывочного раствора, мл; C_1, C_2 и C_3 — концентрации красителя в отмывочных растворах серии опытных образцов, мкг/мл; F_1, F_2 и F_3 — концентрации красителя в отмывочных растворах серии контрольных образцов, мкг/мл.

Изучение биологической совместимости покрытий в отношении культур клеток

Использовали эпителиальные клетки человека линии HaCAT (кератиноциты). Замороженные при 80°C образцы клеток переносили в стакан с водой, температура которой составляла 37°C. После оттаивания пробирку обрабатывали спиртом, содержимое ресуспендировали, переносили в стерильные полипропиленовые пробирки (15 мл), содержащие 10 мл полной инкубационной среды (DMEM/F-12, 11039 GIBCO; 100 Ед/мл пенициллин;

* JIS Z 2801: 2010 Antibacterial products — test for antibacterial activity and efficacy. Tokyo, Japan: 2010.

100 мкг/мл стрептомицин; 0,25 мкг/мл амфотерицин В; 10% инактивированной эмбриональной телячьей сыворотки, HiCloneInc). После 5 мин центрифугирования (4°C, 200 г) жидкую фазу отбрасывали, клеточный осадок ресуспендировали в 5 мл полной инкубационной среды и использовали для посева. Концентрацию клеток определяли в камере Горяева. Первичную культуру фибробластов кожи выделяли из спинных участков кожи крыс линии Wistar методом первичных эксплантов. Затем культивировали клетки в течение 5–7 пассажей, пассаж проводился при достижении 70% конфлюентности, коэффициент разведения при пассаже 1:5. Режим культивирования: среда полная инкубационная (DMEM/F-12, 11039 GIBCO; 100 Ед/мл пенициллин; 100 мкг/мл стрептомицин; 0,25 мкг/мл амфотерицин В; 10% инактивированной эмбриональной телячьей сыворотки, HiCloneInc), 37°C, 5% CO₂ в атмосфере и 90% относительной влажности воздуха.

Для изучения цитотоксических свойств покрытия клетки при достижении 70% конфлюентности снимали с поверхности культивационного флакона T-75 фосфатно-солевым буфером (содержащим 0,05% трипсина и 0,5 мМ ЭДТА) и вносили по 3 мл клеточной суспензии (350 тысяч клеток) с полной инкубационной средой в ячейки 6-луночных полистироловых планшетов (Tissue culture Plate 6-Well Flat Bottom Cell+, Sarstedt, Германия), с синтезированным на поверхности ДУ ЛЦУ+N и ДУ ЛЦУ+Ag. Контролем служил аналогичный планшет без покрытия. Для каждого типа покрытий инокулировали по 3 лунки. Планшеты с покрытиями перед проведением исследований дополнительно стерилизовались этиленоксидным методом. Через 24 ч инкубации (37°C, 5% CO₂) оценивали морфологию клеток и структуру монослоя с использованием инвертированного микроскопа Leica DM IL (Leica Microsystems, Германия) при увеличении ×150.

Результаты

Морфология и структура углеродных покрытий

Предложена следующая атомная модель пленок sp¹-углерода (рис. 1).

Пленки имеют многослойную структуру, при этом каждый слой представлен цепочками углеродных атомов в sp¹-гибридизации, ориентированными нормально к поверхности слоя. Цепочки упакованы в гексагональную решетку. Пленка состоит из цепочек углерода с зигзагами, случайно ориентированными в азимутальном направлении по отношению к оси цепочек.

Антибактериальная активность углеродных покрытий

Проведенное исследование позволило выявить антибактериальную активность, связанную с диффузией и распределением антибактериальных

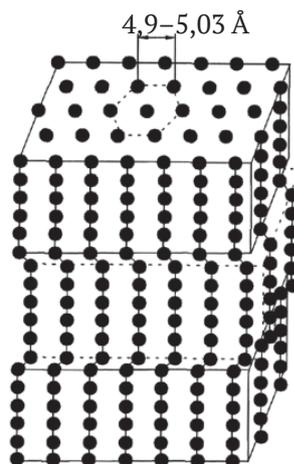


Рис. 1. Модель атомной структуры sp¹-углеродной пленки

Fig. 1. Model of atomic structure for sp¹-carbon film

компонентов в толще питательной среды, только для покрытия ДУ ЛЦУ+Ag и только в случае нанесения минимального по толщине слоя агаризованной питательной среды (1 мм) на его поверхность. При внесении большего объема питательной среды (толщина слоя 2 мм и 4 мм) за счет увеличения объема распределения для антибактериального компонента не достигались его бактериостатические концентрации и на поверхности среды наблюдался рост микроорганизмов. Двухслойный агаровый метод предназначен для выявления дистанционного антибактериального воздействия за счет диффузии компонентов покрытия и создания бактериостатических концентраций в объеме и на поверхности питательной среды. Дополнительно для антибактериальных компонентов с известными значениями минимальной подавляющей концентрации для контрольных штаммов косвенно можно оценивать интенсивность их высвобождения из покрытия в среду. Значения минимальной подавляющей концентрации катионов серебра и наночастиц серебра для контрольного штамма *P. aeruginosa* ATCC 27853 составляет, по данным различных исследователей, от 3 до 8 мкг/мл [13, 14]. С учетом известных значений минимальной подавляющей концентрации серебросодержащих соединений для *P. aeruginosa* и полученных экспериментальных данных можно предположить, что интенсивность высвобождения микробиологически активных форм серебра с поверхности покрытия ДУ ЛЦУ+Ag не превышает 0,6–1,6 мкг/см² в сутки. Полученные расчетные данные требуют уточнения в прямых кинетических экспериментах по определению концентрации серебра, диффундирующего из покрытия в модельную среду. Вместе с тем, применительно к медицинским имплантатам для покрытий подобного типа вследствие незначительных количеств высвобождаемых с поверхности активных форм серебра можно прогнозировать отсутствие как цитотоксических эффектов на ткани перимплантационной области, так и отсутствие антибактериального эффекта на удалении более 1–2 мм от поверхности имплантата.

Поверхностная бактерицидная активность углеродных покрытий различного состава

Результаты определения поверхностной бактерицидной активности по JIS Z 2801: 2010 представлены в таблице 1 и на рисунке 2. Покрытия ДУ ЛЦУ и ДУ ЛЦУ+Ag обладали умеренной поверхностной бактерицидной активностью в отношении контрольных штаммов *S. aureus* ATCC 25923 и *E. faecalis* ATCC 29212 (индексы бактерицидности 59,7–79,5%). Покрытие ДУ ЛЦУ+Ag обладало выраженной поверхностной бактерицидной активностью в отношении всех включенных в исследование микроорганизмов (индексы бактерицидности 98,7–99,0%).

Устойчивость покрытий к механическим воздействиям

Результаты изучения поверхностной бактерицидной активности, определенной после 96-часовой абразивной обработки, представлены

в таблице 2. После отмывки покрытия ДУ ЛЦУ+N утрачивали поверхностную бактерицидную активность, что может быть связано с быстрым вымыванием азотсодержащих компонентов. Выявлено сохранение поверхностной бактерицидной активности покрытия ДУ ЛЦУ+Ag (не менее 98% от исходного уровня) в отношении всех включенных в исследование микроорганизмов.

Интенсивность образования микробных биопленок на поверхности углеродных покрытий

Покрытие ДУ ЛЦУ не препятствовало формированию микробных биопленок тест-культур микроорганизмов. Интенсивность образования биопленок штаммом *P. aeruginosa* P-142 была значительно выше по сравнению со штаммами MRSA, окрашенные кристаллическим фиолетовым биопленки на поверхности образцов визуализировались невооруженным глазом. Покрытие

Таблица 1

Показатели поверхностной бактерицидной активности углеродных покрытий

Микроорганизм	ДУ ЛЦУ		ДУ ЛЦУ+N		ДУ ЛЦУ+Ag	
	R	I, %	R	I, %	R	I, %
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	0,42	61,8	0,69	79,5	1,88	98,7
<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	0,39	59,7	0,45	64,5	2,01	99,0
<i>P. aeruginosa</i> P-142	0,00	0,0	0,00	0,0	1,88	98,7

R — уровень антимикробной активности; I — индекс бактерицидности.

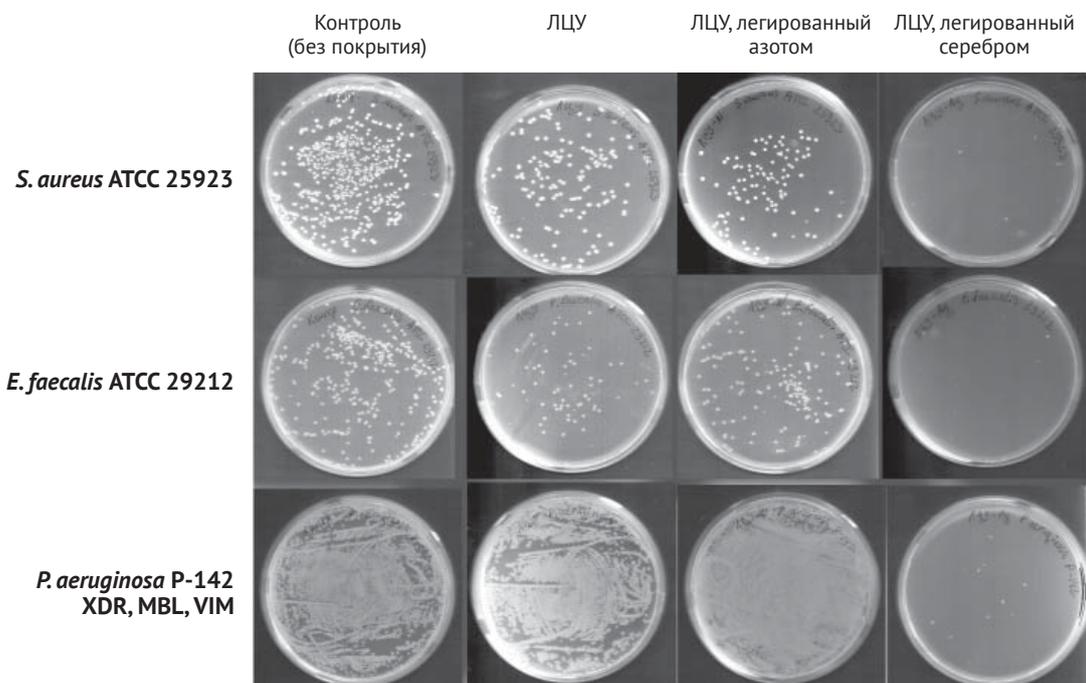


Рис. 2. Поверхностная бактерицидная активность углеродных покрытий на основе ДУ ЛЦУ (JIS Z 2801: 2010)
Fig. 2. Superficial bactericidal activity of carbon coatings based on TDOLCC (JIS Z 2801: 2010)

ДУ ЛЦУ+Ag практически полностью подавляло формирование биопленок. Результаты количественного определения интенсивности формирования микробных биопленок штаммом *P. aeruginosa* P-142 на поверхности образцов представлены в таблице 3.

По результатам микроскопии для включенных в исследование клинических изолятов *S. aureus* отмечена пониженная интенсивность пленкообразования на покрытии ДУ ЛЦУ+N в сравнении с покрытием ДУ ЛЦУ. Серебросодержащее покрытие ДУ ЛЦУ+Ag полностью подавляло формирование биопленок у *S. aureus*.

Адгезия и морфология клеток на поверхностях с покрытиями на основе ДУ ЛЦУ

Через 24 ч инкубации монослой первичных фибробластов кожи с плотностью заполнения поверхности не менее 70–95% формировался как в лунках контрольного планшета, так и в планшетах с покрытиями ДУ ЛЦУ+N и ДУ ЛЦУ+Ag (рис. 3). Структура моноослой, сформированного в лунках с покрытиями ДУ ЛЦУ+N и ДУ ЛЦУ+Ag, была неотличима от лунок контрольного планшета. Возможные цитотоксические эффекты (вакуолизация клеток, утрата типичной морфологии с уменьшением размеров, округлением и последующим отслоением от поверхности) отсутствовали. Аналогичные результаты были получены при исследовании влияния покрытий на морфологию кератиноцитов человека линии HaCaT.

Таким образом, анализ морфологических характеристик клеток показал, что покрытия на основе ДУ ЛЦУ не оказывали выраженного воз-

действия на их способность расплываться на поверхности и формировать моноослой, а также не вызывали цитотоксических эффектов.

Обсуждение

Серьезным ограничением для широкого внедрения имплантируемых изделий с антибактериальными свойствами в медицинскую практику является сложность создания покрытий, обеспечивающих длительное поддержание локальных эффективных концентраций антибиотиков или иных биоцидов в отношении основных возбудителей перипротезных инфекций. Многие носители, используемые для создания покрытий, продолжают выделять антибиотики в концентрациях ниже минимальной подавляющей концентрации в течение неопределенного периода, что способствует дополнительной селекции антибиотикорезистентности. Высказано предположение, что «идеальные» антибактериальные покрытия должны высвобождать антибиотик в количествах, обеспечивающих достаточные концентрации для подавления микроорганизмов, в течение длительного периода времени, после чего высвобождение антибиотиков должно быстро прекратиться, чтобы исключить риск развития устойчивых бактерий [15].

Предлагаемый метод ионно-стимулированной конденсации углерода в вакууме, позволяющий наносить на поверхность титановых имплантов покрытия на основе линейного-цепочечного наноструктурированного углерода с антибактериальными легирующими добавками, отличается относительной простотой выполнения и одновременно высокой производительностью.

Таблица 2

Показатели поверхностной бактерицидной активности углеродных покрытий после 96-часовой абразивной обработки

Микроорганизм	ДУ ЛЦУ+N		ДУ ЛЦУ+Ag	
	R	I, %	R	I, %
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	0,13	26,3	1,80	98,4
<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	-0,01	-3,2	1,89	98,7
<i>P. aeruginosa</i> P-142	0,00	0,0	1,78	98,3

Таблица 3

Интенсивность формирования микробных биопленок *P. aeruginosa* P-142 на поверхности образцов с углеродными покрытиями

Тип покрытия	Масса красителя, сорбированная биопленкой, мкг/см ²
ДУ ЛЦУ	2,75
ДУ ЛЦУ+N	0,63
ДУ ЛЦУ+Ag	0,06

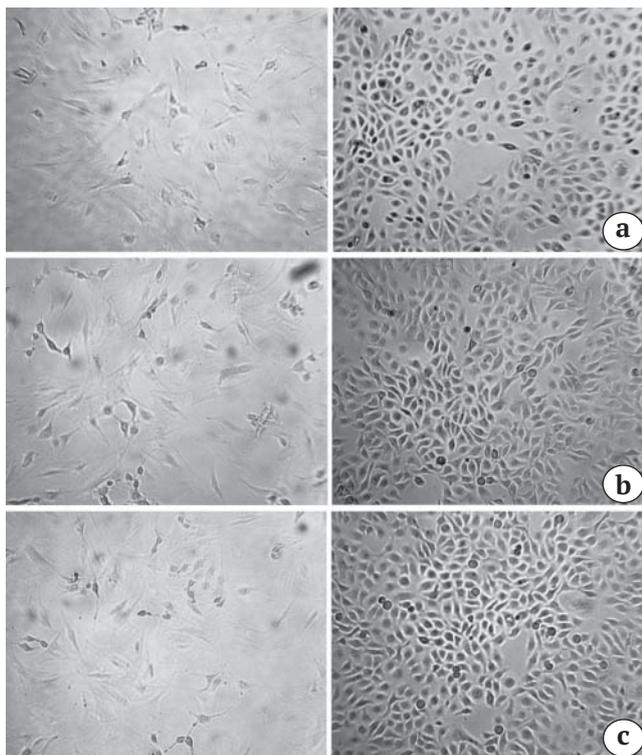


Рис. 3. Вид культур клеток первичных крысиных фибробластов (левый ряд) и HaCaT (правый ряд) после 24 ч культивирования на планшетах с покрытиями различного состава:

- a — без покрытия;
- b — покрытие ДУ ЛЦУ+N;
- c — покрытие ДУ ЛЦУ+Ag

Fig. 3. Type of culture cells of primary rat fibroblasts (left row) and HaCaT (right row) after 24 hour culturing on plates with various coating:

- a — no coating;
- b — coating TDOLCC+N;
- c — coating TDOLCC+Ag

Ранее был предложен целый ряд способов нанесения на стальные и титановые имплантаты «пассивных» покрытий, не обладающих собственной антибактериальной активностью, но замедляющих микробную адгезию за счет изменения физических характеристик. Среди них нанесение кристаллического оксида титана, полиметакриловой кислоты, полиэтиленоксида, полиэтиленгликоля, а также создание гидрофобных наноструктурированных поверхностей [16, 17]. Многие из представленных технологий позволяют значительно снизить бактериальную адгезию, однако до настоящего времени нет убедительных данных, демонстрирующих их клиническую эффективность, поскольку даже прикрепление единичных бактерий приводит со временем к формированию микробной биопленки, а сроки нахождения имплантатов в организме могут исчисляться месяцами и годами. Кроме того, препятствующая микробной адгезии модификация поверхностей часто ухудшает остеointegrативные свойства имплантатов [18, 19].

В качестве антибактериальных компонентов в составе «активных» покрытий использовались наночастицы или катионы металлов (серебра, меди, цинка), антисептики (хлоргексидин, йод, полигексаметиленбигуанидин), антибиотики (аминогликозиды, цефалоспорины, ванкомицин, линезолид) [20, 21]. В экспериментах на животных проводилась оценка микробиологической эффективности различных антибактериальных покрытий при их нанесении на костные винты, спицы и интрамедуллярные фиксаторы, при этом различными авторами отмечалось стабильное снижение частоты инфекционных осложнений. Основными проблемами являлось кратковременное действие антимикробного агента, обычно не превышающее 48–96 ч, а также потеря действующего вещества при установке имплантата [22, 23].

Некоторые технологии синтеза антибактериальных покрытий на металлических имплантатах для травматологии и ортопедии прошли медицинские испытания и уже внедрены в клиническую практику. Известно, что биоинертность и хорошая биологическая совместимость титановых имплантатов обусловлена присутствием на их поверхности слоя оксида титана. Разработаны электрохимические технологии создания на поверхности титановых изделий оксидных слоев с развитой поверхностью и пористой структурой, способствующей хорошей интеграции имплантата с окружающей костной тканью. Путем добавления повидон-йода в состав электролита для анодирования на поверхности титановых имплантатов были сформированы покрытия из оксида титана, содержащие в своей пористой структуре йод в комплексе с водорастворимым полимером [24]. Использование данного йодсодержащего оксидного покрытия на эндопротезах тазобедренного и коленного суставов, винтах и пластинах для остеосинтеза, системах транспедикулярной фиксации позвоночника как с целью профилактики перипротезной инфекции, так и для ее купирования в случае проведения ревизионных операций и реимплантаций показало их хорошую клиническую эффективность [25].

Сертифицированные в 2005 г. для клинического использования в Европейском союзе интрамедуллярные фиксаторы переломов большеберцовой кости из титанового сплава Ti-6Al7Nb с антибактериальным покрытием (UTN PROtect, Synthes) несут на своей поверхности тонкий слой поли-D,L-лактоида, импрегнированного гентамицином. В медицинских испытаниях использование интрамедуллярного фиксатора UTN PROtect показывало хорошие клинические, лабораторные и рентгенологические результаты через 6 мес. после имплантации, что позволило рекомендовать его как для профилактики инфекций, так и для купирования

инфекционного процесса при выполнении ревизионных операций [26, 27].

Биоциды неорганического происхождения (в первую очередь катионы и наночастицы серебра) являются хорошей альтернативой антибиотикам для включения в состав антибактериальных покрытий, поскольку для них характерна высокая длительная бактерицидная активность, хорошая биосовместимость, стабильность и очень медленное формирование резистентности у бактерий [28, 29]. Исследования *in vitro* и *in vivo* показывают хорошую биологическую совместимость серебро-содержащих покрытий при отсутствии цитотоксичности и генотоксичности. В экспериментах на животных показано, что серебро-содержащие имплантаты не вызывают локальных или системных побочных эффектов [30]. Серебро может быть включено в состав различных носителей, включая полимеры, биокерамику, биостекло, углеродные пленки [30, 31]. Легированные серебром поверхности имплантатов эффективно противодействуют бактериальной адгезии и формированию микробных биопленок, при этом существенно не влияют на активность остеобластов и эпителиальных клеток [18, 22].

Выявленный в настоящем исследовании выраженный поверхностный бактерицидный эффект покрытий ДУ ЛЦУ+Ag проявлялся в отношении как антибиотикочувствительных, так и антибиотикорезистентных микроорганизмов, бактерицидная активность проявлялась также способностью предотвращения формирования микробных биопленок на металлических поверхностях с нанесенным покрытием. Высокая механическая устойчивость серебро-содержащего покрытия к абразивной обработке и его биологическая совместимость делает предложенную технологию перспективной для придания антибактериальных свойств широкому перечню имплантируемых изделий медицинского назначения. Низкая интенсивность высвобождения активных форм серебра с поверхности покрытия предполагает отсутствие цитотоксических эффектов на ткани периимплантационной области. Вместе с тем прогнозируется длительная (не менее 1–2 нед.) защита поверхности имплантата от колонизации микроорганизмами и формирования микробных биопленок.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Тапальский Д.В. — выполнение микробиологических исследований, подготовка рукописи.

Николаев Н.С., Овсянкин А.В. — общая концепция исследования, интерпретация результатов.

Кочаков В.Д. — синтез антибактериальных покрытий.

Головина Е.А., Сухорукова М.В. — подбор тест-культур микроорганизмов, выполнение микробиологических исследований.

Матвеевков М.В. — определение цитотоксичности покрытий.

Козлов Р.С. — координация исследований, подготовка рукописи.

Литература [References]

- Koseki H., Yonekura A., Shida T., Yoda I., Horiuchi H., Morinaga Y. et al. Early staphylococcal biofilm formation on solid orthopaedic implant materials: in vitro study. *PLoS One*. 2014;9(10):e107588. DOI: 10.1371/journal.pone.0107588.
- Zimmerli W., Moser C. Pathogenesis and treatment concepts of orthopaedic biofilm infections. *FEMS Immunol Med Microbiol*. 2012;65(2):158-168. DOI: 10.1111/j.1574-695X.2012.00938.x.
- Bruellhoff K., Fiedler J., Möller M., Groll J., Brenner R.E. Surface coating strategies to prevent biofilm formation on implant surfaces. *Int J Artif Organs*. 2010;33(9):646-653. DOI: 10.1177/039139881003300910.
- Казбанов В.В., Баталов М.С., Вишневикий А.А. Особенности биосовместимости и перспективы применения титановых имплантатов с алмазоподобными покрытиями на основе модифицированного углерода. Проблемы здоровья и экологии. 2015;(2):16-23. Kazbanov V.V., Batalov M.S., Vishnevsky A.A. [The peculiarities of biocompatibility and potential applications of titanium implants with diamond-like coatings based on modified carbon]. *Problemy zdorov'ya i ekologii* [Problems of health and ecology]. 2015;(2):16-23. (in Russian).
- Oliveira L.Y., Kuromoto N.K., Siqueira C.J. Treating orthopedic prosthesis with diamond-like carbon: minimizing debris in Ti6Al4V. *J Mater Sci Mater Med*. 2014;25(10):2347-2355. DOI: 10.1007/s10856-014-5252-y.
- Бабаев В.Г., Новиков Н.Д., Гусева М.Б., Хвостов В.В., Савченко Н.Ф., Коробова Ю.Г., Александров А.Ф. Пленки линейно-цепочечного углерода — упорядоченные ансамбли квантовых нитей — материал для наноэлектроники. Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век. 2010;2(1):53-68. Babaev V.G., Novikov N.D., Guseva M.B., Khvostov V.V., Savchenko N.F., Korobova Yu.G., Alexandrov A.F. [Linear-chain carbon films — ordering ensemble of quantum wire — material for nanoelectronic]. *Nanotekhnologii: razrabotka, primeneni — XXI vek* [Journal Nanotechnology: development and applications — XXI Century]. 2010;2(1):53-68. (in Russian).
- Беляев Л.В., Ваганов В.Е., Кочаков В.Д., Гоголинский К.В., Кравчук К.С. Исследование структуры и свойств покрытий на основе линейно-цепочечного углерода для полимеров медицинского назначения. Перспективные материалы. 2013;3:41-46. Belyaev L.V., Vaganov V.E., Kochakov V.D., Gogolinsky K.V., Kravchuk K.S. [Research of structure and properties of coatings on the basis of linearly-chained carbon for polymers medical appointment]. *Perspektivnyye materialy* [Promising materials]. 2013;3:41-46. (in Russian).
- Williams D.F., Roaf R. Implants in surgery. London : W.B. Saunders Company; 1973. 598 p. DOI: 10.1002/bjs.1800611217.
- Александров А.Ф., Гусева М.Б., Корнеева Ю.В., Новикова Н.Д., Хвостов В.В. Результаты и перспективы применения биосовместимых форм линейно-цепочечного углерода в медицине. Интеграл. 2011;61(5):27-31. Aleksandrov A.F., Guseva M.B., Korneeva Yu.V., Novikova N.D., Khvostov V.V. [Results and prospects of using biocompatible forms of linear-chain carbon in medicine]. *Integral*. 2011;61(5):27-31. (in Russian).
- Kudryavtsev Yu.P., Evsyukov S.E., Guseva M.B., Babaev V.G. Oriented carbyne layers. *Carbon*. 1992;30(2):213-221. DOI: 10.1016/0008-6223(92)90082-8.
- Новиков Н.Д., Бабаев В.Г., Гусева М.Б., Трубин В.В., Маллин Д.А., Лещинский А.М. Sp1-углерод и медицина. История успеха и потенциальные возможности. Нанотехника. 2007;10(2):57-63. Novikov N.D., Babaev V.G., Guseva M.B., Trubin V.V., Mallin D.A., Leshchinskii A.M. [Sp1-carbon and medicine. Success story and potential capabilities]. *Nanotekhnika* [Nanotech]. 2007;10(2):57-63. (in Russian).
- Qia C., Rogachev A.V., Tapal'skii D.V., Yarmolenko M.A., Rogachev A.A., Jianga X., Koshanskay E.V., Vorontsov A.S. Nanocomposite coatings for implants protection from microbial colonization: formation features, structure, and properties. *Surf Coat Tech*. 2017;315:350-358. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2017.02.066.

13. Abalkhil T.A., Alharbi S.A., Salmen S.H., Wainwright M. Bactericidal activity of biosynthesized silver nanoparticles against human pathogenic bacteria. *Biotechnol Biotechnol Equip.* 2017;31(2):411-417. DOI: 10.1080/13102818.2016.1267594.
14. dos Santos C.A., Jozala A.F., Pessoa A.J., Seckler M.M. Antimicrobial effectiveness of silver nanoparticles co-stabilized by the bioactive copolymer pluronic F68. *J Nanobiotechnology.* 2012;10:43. DOI: 10.1186/1477-3155-10-43.
15. Romano C.L., Scarponi S., Gallazzi E., Romano D., Drago L. Antibacterial coating of implants in orthopaedics and trauma: a classification proposal in an evolving panorama. *J Orthop Surg Res.* 2015;10:157. DOI: 10.1186/s13018-015-0294-5.
16. Legeay G., Poncin-Epaillard F., Arciola C.R. New surfaces with hydrophilic/hydrophobic characteristics in relation to (no)bioadhesion. *Int J Artif Organs.* 2006;29(4):453-461. DOI: 10.1177/039139880602900416.
17. Verran J., Whitehead K. Factors affecting microbial adhesion to stainless steel and other materials used in medical devices. *Int J Artif Organs.* 2005;28(11):1138-1145. DOI: 10.1177/039139880502801111.
18. Zhao L., Chu PK, Zhang Y, Wu Z. Antibacterial coatings on titanium implants. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009;91(1):470-480. DOI: 10.1002/jbm.b.31463.
19. Bumgardner J.D., Adatrow P., Haggard W.O., Norowski P.A. Emerging antibacterial biomaterial strategies for the prevention of peri-implant inflammatory diseases. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(3):553-560.
20. Gimeno M., Pinczowski P., Perez M., Giorello A., Martinez M.A., Santamaria J., Arruebo M., Lujan L.A controlled antibiotic release system to prevent orthopedic-implant associated infections: An in vitro study. *Eur J Pharm Biopharm.* 2015;96:264-271. DOI: 10.1016/j.ejpb.2015.08.007.
21. Zilberman M., Elsnor J.J. Antibiotic-eluting medical devices for various applications. *J Control Release.* 2008;130(3):202-215. DOI: 10.1016/j.jconrel.2008.05.020.
22. Ewald A., Gluckermann S.K., Thull R., Gbureck U. Antimicrobial titanium/silver PVD coatings on titanium. *Biomed Eng Online.* 2006;5;22. DOI: 10.1186/1475-925X-5-22.
23. Liu X., Chu P.K., Ding C. Surface modification of titanium, titanium alloys, and related materials for biomedical applications. *Mater Sci Eng.* 2004;47(3-4):49-121. DOI:10.1016/j.mser.2004.11.001.
24. Shirai T., Shimizu T., Ohtani K., Zen Y., Takaya M., Tsuchiya H. Antibacterial iodine-supported titanium implants. *Acta Biomater.* 2011;7(4):1928-1933. DOI: 10.1016/j.actbio.2010.11.036.
25. Tsuchiya H., Shirai T., Nishida H., Murakami H., Kabata T., Yamamoto N., Watanabe K., Nakase J. Innovative antimicrobial coating of titanium implants with iodine. *J Orthop Sci.* 2012;17(5):595-604. DOI: 10.1007/s00776-012-0247-3.
26. Fuchs T., Schmidmaier G., Raschke M.J., Stange R. Bioactive-coated implants in trauma surgery. *Eur J Trauma Emerg S.* 2008;34(1):60-68. DOI: 10.1007/s00068-006-6110-5.
27. Fuchs T., Stange R., Schmidmaier G., Raschke M.J. The use of gentamicin-coated nails in the tibia: preliminary results of a prospective study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(10):1419-1425. DOI: 10.1007/s00402-011-1321-6.
28. Juan L., Zhimin Z., Anchun M., Lei L., Jingchao Z. Deposition of silver nanoparticles on titanium surface for antibacterial effect. *Int J Nanomedicine.* 2010;5(5):261-267. DOI: 10.2147/IJN.S8810.
29. Melaiye A.Y.W. Silver and its application as an antimicrobial agent. *Expert Opin Ther Pat.* 2005;15(2):125-130. DOI: 10.1517/13543776.15.2.125.
30. Bosetti M., Masse A., Tobin E., Cannas M. Silver coated materials for external fixation devices: in vitro biocompatibility and genotoxicity. *Biomaterials.* 2002;23(3):887-892. DOI: 10.1016/S0142-9612(01)00198-3.
31. Balamurugan A., Balossier G., Laurent-Maquin D., Pina S., Rebelo A.H., Faure J., Ferreira J.M. An in vitro biological and anti-bacterial study on a sol-gel derived silver-incorporated bioglass system. *Dent Mater.* 2008;24(10):1343-1351. DOI: 10.1016/j.dental.2008.02.015.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Тапальский Дмитрий Викторович — канд. мед. наук, доцент, заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

Николаев Николай Станиславович — д-р мед. наук, главный врач, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Чебоксары, Россия

Овсянкин Анатолий Васильевич — канд. мед. наук, главный врач, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Смоленск, Россия

Кочаков Валерий Данилович — канд. техн. наук, профессор кафедры прикладной физики и нанотехнологий, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

Головина Елена Анатольевна — врач-бактериолог, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Смоленск, Россия

Матвеевков Матвей Владимирович — научный сотрудник лаборатории комбинированных воздействий, ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь

Сухорукова Марина Витальевна — канд. мед. наук, старший научный сотрудник, руководитель отдела многоцентровых исследований, НИИ антимикробной химиотерапии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», г. Смоленск, Россия

Козлов Роман Сергеевич — д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, директор НИИ антимикробной химиотерапии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», г. Смоленск, Россия

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Dmitry V. Tapalski — Cand. Sci. (Med.), associate professor, head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

Nikolai S. Nikolaev — Dr. Sci. (Med.), head physician, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Cheboksary, Russian Federation

Anatoly V. Ovsyankin — Cand. Sci. (Med.), head physician, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Smolensk, Russian Federation

Valery D. Kochakov — Cand. Sci. (Eng.), professor at the Department of Applied Physics and Nanotechnologies, Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russian Federation

Elena A. Golovina — clinical bacteriologist, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Smolensk, Russian Federation

Matvei V. Matveenkov — researcher, Combined Effects Laboratory, Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

Marina V. Sukhorukova — Cand. Med. Sci., senior researcher, head of the Department of Multicenter Study of Research Institute of Antimicrobial Chemotherapy of Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

Roman S. Kozlov — Dr. Sci. (Med.), professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences; director of Research Institute of Antimicrobial Chemotherapy of Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

Комментарий к статье «Покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации»

С.А. Божкова

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Comment to the Article

„Coatings Based on Two-Dimensionally Ordered Linear Chain Carbon for Protection of Titanium Implants from Microbial Colonization“

S.A. Bozhkova

Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Операции по восстановлению целостности костей с применением различного типа постоянных или временных имплантатов давно доказали свою эффективность. Однако одним из наиболее тяжелых осложнений вмешательств такого типа является развитие имплантат-ассоциированной инфекции, существенную роль в патогенезе которой играет формирование микробной биопленки на поверхности инородного тела. Именно поверхность материала имплантата играет важную роль в последующей бактериальной колонизации и формировании биопленок [1].

Исследование Н. Koseki с соавторами продемонстрировало снижение биопленкообразования *S. epidermidis* на сплаве кобальт-хром-молибден (Co-Cr-Mo), что авторы связали с повышенной гидрофобностью материала [2]. Другая группа исследователей выявила снижение метаболической активности *Candida albicans* на поликарбонате и нержавеющей стали в сравнении с тефлоном [3]. В экспериментах показано, что общую бактериальную адгезию и образование биопленки снижают

низкая жесткость наноструктуры [4] и наличие на поверхности наноструктурных выступов и углублений по сравнению с гладкими поверхностями [5]. Кроме того, содержащие кальций оксидные покрытия на поверхности титана снижают бактериальную колонизацию по сравнению с титаном, не покрытым кальцием [6].

В представленном исследовании авторы изучали антимикробную активность и цитотоксичность титановых образцов с инновационным легированным серебром и азотом покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода в сравнении с образцами без покрытия и с нелегированным покрытием. В ходе исследования оценивались бактерицидные свойства тестируемых образцов в отношении грамположительных (*Staphylococcus aureus* и *Enterococcus faecalis*) и грамотрицательных (*Pseudomonas aeruginosa*) возбудителей. Представленные результаты свидетельствуют, что легированные серебром углеродные покрытия демонстрируют бактерицидную активность в отношении всех тестируемых штаммов бактерий вне зависимости от их чувствительности к антибиотикам, позволяют предотвратить формирование микробных биопленок на своей поверхности и не обладают цитотоксичностью.

На современном этапе антибактериальные покрытия имплантатов, применяемые в ортопедии, можно разделить на 3 группы [7]:

• Комментарий к статье

Тапальский Д.В., Николаев Н.С., Овсянкин А.В., Кочаков В.Д., Головина Е.А., Матвеевков М.В., Сухорукова М.В., Козлов Р.С. Покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):111-120. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-111-120.

Божкова С.А. Комментарий к статье «Покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):121-122. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-121-122.

Cite as: Bozhkova S.A. [Comment to the Article „Coatings Based on Two-Dimensionally Ordered Linear Chain Carbon for Protection of Titanium Implants from Microbial Colonization“]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):121-122. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-121-122.

Божкова Светлана Анатольевна / Svetlana A. Bozhkova; e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru

1. *Пассивная обработка/модификация поверхности.* Поверхности, которые предотвращают адгезию без высвобождения антибактериальных веществ.

2. *Активная обработка/модификация поверхности.* Поверхности, которые высвобождают антибактериальные вещества.

3. *Периоперационные антибактериальные носители или покрытия.* Носители или покрытия, наносимые во время операции, которые являются антибактериальными и либо биоразлагаемы, либо не являются таковыми.

Согласно этой классификации, экспериментальные образцы, изученные в представленной статье, можно отнести к группе 2, так как антибактериальная активность в течение продленного времени определяется наличием серебра. Наиболее заметным преимуществом поверхностей, покрытых Ag, является способность непрерывного высвобождения активных агентов в периимплантную область в течение значительного периода времени, таким образом действуя как на поверхностном слое, так и в непосредственной окружающей среде. Предполагается, что антимикробное действие серебра обусловлено образованием активных форм кислорода и биологически активных ионов, которые повреждают стенки бактерий и, связываясь с нуклеиновыми кислотами, препятствуют размножению бактерий [8]. Недавнее исследование V. Auroge с соавторами (2018) показало, что наночастицы Ag усиливают бактерицидную активность в остеокластах [9]. В ряде других работ отмечается, что серебро оказывает действие против адгезированных на поверхности бактерий, не обладающих значительной лекарственной устойчивостью [10, 11]. Однако Д.В. Тапальский с соавторами показали, что разработанное ими углеродное покрытие, легированное серебром, обладает активностью и в отношении экстремально-антибиотикорезистентного изолята *Pseudomonas aeruginosa*, который был выделен от пациента с посттравматическим остеомиелитом.

Таким образом, за счет имеющегося антибиопленочного потенциала, широкого спектра антимикробной активности, а также отсутствия цитотоксичности для клеток человека представляется перспективным дальнейшее изучение легированного серебром покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода.

В частности, необходимо изучить перифокальные реакции окружающих тканей на имплантацию экспериментальных образцов в ранние и отдаленные сроки для оценки возможности проведения последующих клинических исследований.

Литература [References]

1. Gbejade H.O., Lovering A.M., Webb J.C. The role of microbial biofilms in prosthetic joint infections. *Acta Orthop.* 2015;86(2):147-158. DOI: 10.3109/17453674.2014.966290.
2. Koseki H., Yonekura A., Shida T., Yoda I., Horiuchi H., Morinaga Y. et al. Early staphylococcal biofilm formation on solid orthopaedic implant materials: in vitro study. *PLoS ONE.* 2014;9(10):e107588. DOI: 10.1371/journal.pone.0107588.
3. Frade J.P., Arthington-Skaggs B.A. Effect of serum and surface characteristics on *Candida albicans* biofilm formation. *Mycoses.* 2011;54(4):e154-162. DOI: 10.1111/j.1439-0507.2010.01862.x.
4. Epstein A.K., Hochbaum A.I., Kim P., Aizenberg J. Control of bacterial biofilm growth on surfaces by nanostructural mechanics and geometry. *Nanotechnology.* 2011;22(49):494007. DOI: 10.1088/0957-4484/22/49/494007.
5. Perera-Costa D., Bruque J.M., González-Martín M.L., Gómez-García A.C., Vadillo-Rodríguez V. Studying the influence of surface topography on bacterial adhesion using spatially organized microtopographic surface patterns. *Langmuir.* 2014;30(16):4633-4641. DOI: 10.1021/la5001057.
6. Braem A., Van Mellaert L., Mattheys T., Hofmans D., De Waelheyns E., Geris L., et al. Staphylococcal biofilm growth on smooth and porous titanium coatings for biomedical applications. *J Biomed Mater Res A.* 2014;102(1):215-224. DOI: 10.1002/jbm.a.34688.
7. Romano C.L., Scarponi S., Gallazzi E., Romano D., Drago L. Antibacterial coating of implants in orthopaedics and trauma: a classification proposal in an evolving panorama. *J Orthop Surg Res.* 2015;10:157. DOI: 10.1186/s13018-015-0294-5.
8. Brennan S.A., Ní Fhoghlú C., Devitt B.M., O'Mahony F.J., Brabazon D., Walsh A. Silver nanoparticles and their orthopaedic applications. *Bone Joint J.* 2015;97-B(5):582-589. DOI: 10.1302/0301-620X.97B5.33336.
9. Aurore V., Caldana F., Blanchard M., Kharoubi Hess S., Lannes N., Mantel PY. et al. Silver-nanoparticles increase bactericidal activity and radical oxygen responses against bacterial pathogens in human osteoclasts. *Nanomedicine.* 2018;14(2):601-607. DOI: 10.1016/j.nano.2017.11.006.
10. Qin H., Cao H., Zhao Y., Zhu C., Cheng T., Wang Q. et al. In vitro and in vivo antibiofilm effects of silver nanoparticles immobilized on titanium. *Biomaterials.* 2014;35:9114-9125. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2014.07.040.
11. Zhao Y., Cao H., Qin H., Cheng T., Qian S., Cheng M., et al. Balancing the osteogenic and antibacterial properties of titanium by codoping of Mg and Ag: an in vitro and in vivo study. *ACS Appl Mater Interfaces.* 2015;7(32):17826-17836. DOI: 10.1021/acsami.5b04168.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Божкова Светлана Анатольевна — д-р мед. наук, руководитель научного отделения профилактики и лечения раневой инфекции, заведующая отделением клинической фармакологии, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Svetlana A. Bozhkova — Dr. Sci. (Med.), the head of Research Department of Prevention and Treatment of Wound Infection and Department of Clinical Pharmacology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Изменения структуры и механической прочности кости после пункционной криодеструкции в эксперименте

А.М. Беляев¹, Г.Г. Прохоров¹, В.А. Сушников², А.С. Артемьева¹,
А.А. Архипская¹, Д.А. Чуглова¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

² ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Цель исследования — выявление возможных последствий криогенной обработки здоровой части кости и вероятных причин возникновения послеоперационных переломов. **Материал и методы.** Материалом для экспериментального исследования послужили бедренные кости 8 взрослых кроликов породы советская шиншилла. В бедренную кость через перфорационное отверстие вводили азотный криозонд диаметром 1,5 мм. Кость полностью промораживали до -180°C в двух циклах с непрерывной термометрией. Через 7 и 55 дней выполняли патоморфологические исследования и определяли твердость кости. Подготовка препаратов включала распиливание кости в месте перелома вдоль оси. Одна половина направлялась на гистологическое исследование, вторая подвергалась измерению механической прочности путем локального вдавливания алмазного индентора в кость под действием определенной силы. Расстояние между точками измерения вдоль кости составляло 250 мкм. Статистическая обработка включала вариационный анализ с использованием критерия Стьюдента для определения значимости различий. **Результаты.** У всех животных через неделю возникли переломы кости в месте криодеструкции. Статистический анализ результатов измерений и гистологическое исследование показал, что охлаждение до -180°C с замораживанием всего диаметра кости вызывает ее полное разрушение. Снижение прочности вокруг места перелома соответствовало зоне температурного распределения в диапазоне от -9°C до -15°C . Однако при этом в зоне охлаждения ниже -40°C выявлялись участки кости с нормальной твердостью. Мозаичность снижения прочности объяснялась нарушением микроциркуляции. Гистологические исследования выявили тромбоз внутрикостных кровеносных сосудов в зоне криовоздействия. Первые очаговые признаки остеомаляции появлялись к концу первой недели после криоабляции. В дальнейшем кость сохраняла способность к регенерации, но к концу второго месяца гистонез еще не завершился, кость не восстанавливала свою прочность. **Заключение.** Ограниченное число наблюдений, видовые особенности ангиоархитектоники кости животных и их способность к образованию мощной периостальной реакции не позволяют переносить количественные результаты исследования на клинические ситуации. Однако образование перелома оказывается неизбежным в случае полного промораживания всего диаметра кости.

Ключевые слова: криохирургия, криотерапия, опухоли костей, малоинвазивные технологии, прочность кости.

Беляев А.М., Прохоров Г.Г., Сушников В.А., Артемьева А.С., Архипская А.А., Чуглова Д.А. Изменения структуры и механической прочности кости после пункционной криодеструкции в эксперименте. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):123-133. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-123-133.

Cite as: Belyaev A.M., Prokhorov G.G., Sushnikov V.A., Artemyeva A.S., Arkhitskaya A.A., Chuglova D.A. [Changes in the Structure and Mechanical Properties of the Bone after Puncture Cryoablation: Experimental Study]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):123-133. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-123-133.

✉ Прохоров Георгий Георгиевич / Georgiy G. Prokhorov; e-mail: gprokhorov@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 18.01.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 27.02.2019.

Changes in the Structure and Mechanical Properties of the Bone after Puncture Cryoablation: Experimental Study

A.M. Belyaev¹, G.G. Prokhorov¹, V.A. Sushnikov², A.S. Artemyeva¹,
A.A. Arkhitskaya¹, D.A. Chuglova¹

¹ Petrov National Medical Research Center (Petrov's Institute of Oncology), St. Petersburg, Russian Federation

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

Purpose of the study — to evaluate possible impact of cryoablation on a healthy bone and to identify probable causes of postoperative fractures. **Materials and Methods.** The authors performed cryoablation of the femur in the experiment on 8 mature rabbits of Soviet Chinchilla (SC) breed with a follow up for up to two months. A nitrogenous cryoprobe of 1.5 mm in diameter was introduced into the femur through a perforation hole. The bone was completely frozen up to -180°C in two cycles with continuous thermometry. Pathomorphological examinations were performed after 7 and 55 days along with assessment of bone hardness. Preparation of material stipulated sawing the bone at the fracture site along the bone axis. One half-bone was used for histological examination, and another one — for measuring mechanical properties by local pressing of a diamond indenter onto the bone at certain applied force. The distance between measurement points along the bone was $250\ \mu\text{m}$. Statistical processing included variance significance analysis using t-test. **Results.** The authors reported bone fractures at the site of cryodestruction in all animals in one week after the procedure. Statistical analysis of the measurements and histological examination demonstrated that freezing of the entire bone diameter up to -180°C results in its complete destruction. Strength reduction around the fracture site corresponded to the temperature distribution area in the range from -9°C to -15°C . However, areas of cooling below -40°C exhibited some bone segments with normal hardness. Mosaic pattern of strength reduction is explained by microcirculation disorders. Histology confirmed thrombosis of intraosseous blood vessels in the area of cryotherapy. The first focal signs of osteomalacia emerged by the end of the first week after cryoablation. Subsequently, the bone preserved its regenerative properties, but by the end of the second month after the procedure the histogenesis was still not completed and the bone did not regain its strength. **Conclusion.** The authors believe that a limited number of cases, the specific features of the angioarchitecture of animal bones and their ability to produce a heavy periosteal response do not allow to apply obtained quantitative outcomes of the present study to clinical situations. However, complete freezing of the entire bone diameter inevitably results in fracture formation.

Keywords: cryosurgery, cryoablation, cryotherapy, bone tumors, minimally invasive technique, bone strength.

Введение

Оперативные вмешательства при опухолевых поражениях костей составляют важнейшую часть комплексного лечения онкологических больных. Криодеструкция стенок юретажной полости после экскохлеации или криогенная обработкой концов резецируемой кости в случаях ограничения объема операции повышает радикальность и улучшает отдаленные результаты [1–4]. Однако само низкотемпературное воздействие может приводить к снижению механической прочности кости и на фоне имеющейся опухолевой деструкции увеличивать опасность патологических переломов [5, 6].

Современные представления о механизмах обеспечения механических характеристик кости дополняют традиционные знания о морфологических и биомеханических факторах прочности кости новыми фактами о субмикроскопических, физико-химических и молекулярных свойствах,

показывают роль структурированной воды в формировании прочной связи между кристаллитами гидроксиапатита [7, 8]. Императивное вовлечение молекул связанной воды в процесс кристаллизации при крайне низкой температуре не может не сказаться на механической прочности кости [9]. По наблюдениям клиницистов, открытые инсталляции жидкого азота во время 25 операций по поводу гигантоклеточной опухоли кости стали в последующем причиной патологических переломов у 7 пациентов [10]. Аналогичные данные приводят и другие авторы [11]. Частота такого осложнения может достигать 30% и зависит от объема поражения кости.

Первые экспериментальные работы были посвящены изучению гистологической перестройки остецитов в условиях низкой температуры [12, 13], патоморфологии кости в зоне охлаждения [14], особенностям микроциркуляции и регенерации [15], изменению прочности поврежденной кости [16].

Изменение прочности кости после криовоздействия изучали немногие исследователи, и как правило, в интересах хирургической практики. Клинический случай перелома нижней челюсти у пациента через 2 мес. после обработки кюретажной полости челюсти жидким азотом послужил поводом для специальных исследований. В хронических опытах на крысах авторы описали наблюдавшиеся изменения в виде в трех перекрывающихся фаз: первая — некроз, который завершается в течение суток; вторая — интенсивная регенерация со стороны субпериостального слоя над девитализированной компактной пластинкой; третья — длительная фаза ремоделирования, при которой некротическая кость заменяется жизненно важной пластинчатой костью [17].

Другие исследователи выполняли тотальное промораживание бедренной кости в опытах на козах, после которого наблюдали появление переломов у некоторых животных, возникавших обычно к исходу третьего месяца. Изучение гистологических препаратов выявило связь причины переломов с аномальным преобладанием резорбтивных явлений и замедлением репаративных процессов в субпериостальной части кости [18].

L.C. Keijser с соавторами изучали на кроликах температурные поля вокруг закрытого азотного криозонда диаметром 2 мм, связь глубины охлаждения с развитием некроза кости и процессом регенерации. В гистологических препаратах через неделю на фоне внешнего сохранения целостности кости наблюдали признаки остеонекроза, а в период от 3 до 5 нед. — активную реконструкцию кости с выраженным периостальным наложением [19].

F. Rorpen с соавторами проверяли в опытах на животных риск развития газовой эмболии после замораживания эпифиза большеберцовой кости с применением новых для того времени криозондов закрытого типа. Стабильность гемодинамики, легочной вентиляции и кислотно-основного баланса свидетельствует о безопасности криогенной технологии и возможности ее применения как альтернативы или дополнения к обычной резекции аномальной костной ткани [20].

В настоящее время в клинической практике прямая инсталляция азота применяется редко, появились безопасные способы криовоздействия [21, 22, 23]. Использование современных малоинвазивных систем иногда позволяет отказаться от традиционных операций, минимизировать травматичность лечения [24, 25]. Однако это не исключает холодового повреждения здоровой части кости. При этом в литературе нет сведений о возможных последствиях применения пункционных криотерапевтических систем, что предопределило необходимость продолжения исследований и до-

полнения их экспериментами с использованием малоинвазивных криозондов.

Цель исследования — оценка механической прочности трубчатых костей конечности после локального криовоздействия малоинвазивными игольчатыми криозондами новых криотерапевтических систем.

Материал и методы

Материалом для экспериментального исследования послужили бедренные кости 8 взрослых кроликов породы советская шиншилла, срок наблюдения после операции составил 7 и 55 суток.

Техника эксперимента. В условиях внутривенного наркоза тиопенталом натрия животным обнажали передне-латеральную поверхность левой бедренной кости на уровне средней трети и наносили перфорационное отверстие сверлом 1,5 мм до костномозгового канала. В это отверстие вводили криозонд диаметром 1,5 мм медицинской криотерапевтической системы (МКС) (производство Международного института криомедицины, Россия) (рис. 1).

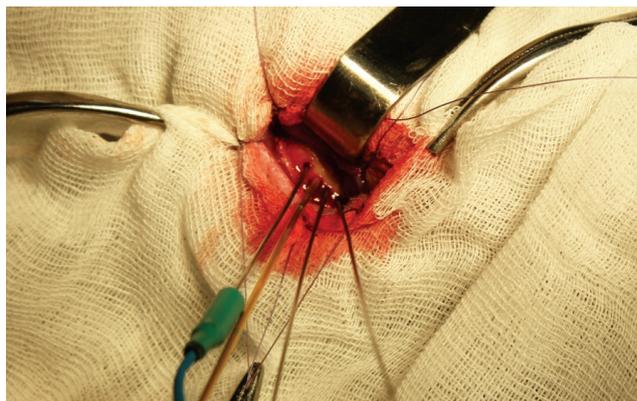


Рис. 1. Введение криозонда и термопар в просвет перфорационных отверстий

Fig. 1. Introduction of cryoprobe and thermocouples into the perforation holes

По оси кости наносили еще три перфорационных отверстия диаметром 0,8 мм до вскрытия костномозгового канала, в который вводили игольчатые термопары многоканального измерительного комплекса (ООО «МЕТИЗ», г. Томск) для динамической регистрации температуры тканей. Расстояние между перфорационными отверстиями для термометрии в первом остром опыте составляло 5 мм, во втором — 3 мм, что позволяло более точно определять конечное расположение изотерм на момент окончания охлаждения. Длительность охлаждения составляла 5 мин, максимальная скорость падения температуры криозонда в первые 30 сек во время захолаживания составляла 6,7 град./сек, затем постепенно сни-

жалась. Стабилизация температуры криозонда на уровне от -180°C до -190°C происходила к окончанию второй минуты. При этом продолжалось медленное расширение ледяной сферы. Длительность пассивного отогревания ограничивали 10 мин, при этом ледяная сфера полностью оттаивала, температура криозонда повышалась до $14\text{--}17^{\circ}\text{C}$. На этом фоне повторяли охлаждение с последующим пассивным оттаиванием, моделируя этим стандартный двухцикловой режим криодеструкции. Аналогичное криовоздействие с термометрией выполняли на бедре второй конечности.

В двух опытах после завершения термофизических исследований операцию завершали углублением наркоза, бедренные кости направляли на патоморфологическое исследование. В шести хронических опытах после извлечения криозонда рану зашивали послойно и помещали животных в виварий.

Животных выводили из опытов путем внутривенного введения тиопентала натрия на 7-е и 55-е сутки после операции. Первый срок гарантировал отсутствие перелома, а второй — завершение консолидации и полное восстановление функции конечности животного. Во время препаровки бедренные кости обеих конечностей иссекали с прилежащими мышцами и помещали для фиксации в 10% раствор нейтрального формалина.

Препараты костей после фиксации распиливали мини-пилой в продольном направлении по линии трепанационных отверстий на две равнозначные части. Одну часть оставляли для контрольного патоморфологического изучения, второй фрагмент подлежал исследованиям на механическую прочность.

Для оценки механической прочности на 7-е сутки после криодеструкции мы имели четыре образца: два образца с криогенным и два без криогенного воздействия, на 55-е сутки — также четыре образца: два после криодеструкции и два контрольных. При этом участок без криогенного воздействия служил «реперной точкой» в оценке степени повреждения костной ткани.

Методика оценки механической прочности заключалась в исследовании зависимости глубины проникновения алмазной пирамидки (индентора) в исследуемый фрагмент бедренной кости от величины усилия.

После снятия усилия на поверхности образца оставался отпечаток, соответствующий глубине погружения индентора. Ввиду того, что геометрические размеры индентора известны и строго регламентированы, непосредственно вычислять значения глубины погружения не требовалось, достаточно было знать только длину его диагонали. При вдавливании индентора в такой хрупкий материал, как кость возникала опасность образо-

вания трещин в точке приложения нагрузки, поэтому при измерении микротвердости прикладываемая нагрузка была ограничена небольшой величиной — 1 Н .

Исследование подготовленных образцов на механическую прочность осуществлялось на микротвердомере ПМТ-3. Наблюдение изображения осуществлялось при освещении в поляризованном (желтом) свете. Измерение значений диагоналей отпечатков производилось с помощью винтового окулярного микрометра МОВ-1-16х. Перемещаемый предметный столик (разрешающая способность перемещения по двум осям — 1 мкм) микротвердомера ПМТ-3 позволил провести многократные измерения по длине образцов с заданным шагом 250 мкм .

Статистический анализ

Статистический анализ включал вариационный анализ с использованием критерия Стьюдента для определения статистической значимости различий. Данный способ анализа применен для того, чтобы определить, случайны или достоверны, т.е. обусловлены какой-то причиной различия между измерениями. А также для того, чтобы выяснить, насколько значимо отличаются показатели одной измерительной выборки от другой. Уровень статистической значимости, принятый в статье, численно равен $0,05$. Обработка результатов экспериментов проведена в системе компьютерной алгебры MathCAD, которая была задумана и первоначально написана Алленом Раздовом из Массачусетского технологического института.

Патоморфологические исследования костных фрагментов выполняли после деминерализации материала, окраски срезов гематоксилином-эозином и изучения микроскопической картины. При этом оценивали сохранность остецитов, структурность костных балок, состояние кровеносных сосудов.

Результаты

После подачи в криозонд жидкого азота вокруг криозонда в течение 5 мин формировалась ледяная сфера диаметром от 19 до 20 мм. Результаты прямой термометрии с использованием многоканального термоизмерительного комплекса показали, что температура криозонда достигала -190°C , край ледяной сферы охлаждался до уровня -6°C . Девитализирующая изотерма уровня -40°C располагалась на границе между внутренней и средней третями радиуса ледяного эллипса на расстоянии $6\text{--}7\text{ мм}$ от поверхности криокамеры зонда.

У всех животных через 2—3 нед. после операции возникали переломы бедренной кости в зоне операции. При этом животные продолжали поль-

зваться конечностью, оставались активными и практически не щадили пораженную конечность. К исходу второго месяца патологическая подвижность исчезала. В контрольные сроки животных выводили из опытов. При макропрепаровке бедренная кость имела диаметр от 7 до 9 мм, толщину кортикального слоя — 1,5–2,1 мм. Кость в зоне перелома оказывалась деформированной, имела порочное положение периферической части, которая соединялась с проксимальным концом прочной костной мозолю.

Фрагменты опытных образцов кости исследовали на микротвердомере. На рисунке 2 представлены результаты измерений диагонали отпечатка d на образцах без криогенного воздействия, взятых на 7-е (точки в виде круга) и 55-е сутки (точки в виде треугольника). Видно, что наблюдается разброс показаний в зависимости от точки наблюдения L . Он вызван несколькими причинами: случайной погрешностью самих результатов измерений, особенностями строения костной ткани (измерение могло быть выполнено в точках с повышенной или пониженной ее плотностью). Для получения достоверных заключений оказалось необходимым адаптировать методы вариационного анализа к конкретным результатам измерений.

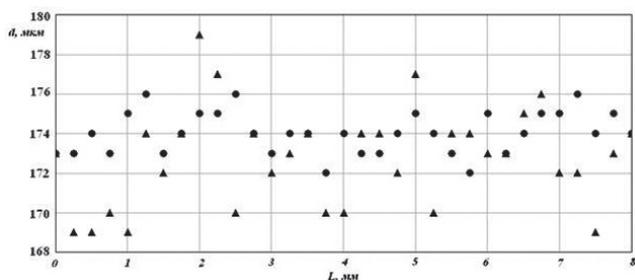


Рис. 2. Значения диаметра отпечатка индентора на фрагменте без криогенного воздействия на 7-е и 55-е сутки

Fig. 2. Values of indenter footprint at the bone site without cryogenic exposure at days 7 and 55 after procedure

Контролем послужили данные, полученные на здоровой кости. Здесь участки измерений являются образцовыми: костная ткань интактна, повреждений нет, поэтому можно оценить допустимый разброс в показаниях, который не свидетельствует об изменении прочности ткани вследствие ее повреждений при криогенных процедурах на двух фрагментах костной ткани (7-е и 55-е сутки). Для оценки этого разброса имеющиеся результаты измерений на фрагменте костной ткани контрольной конечности, взятой на 7-е сутки (таких значений набралось $n = 33$), обозначенные как d_1, d_2, \dots, d_n в виде выборки, необходимо проверить на однородность, воспользовавшись v -критерием:

$$v = \frac{d_{\max} - \bar{d}}{\sqrt{\frac{n-1}{n} \cdot s}},$$

где d_{\max} — наибольшее значение в ряду d_1, d_2, \dots, d_n ;

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n d_i \quad \text{— среднее значение;}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} \quad \text{—}$$

оценка среднеквадратического отклонения среди значений d_1, d_2, \dots, d_n .

Расчеты показывают, что $\bar{d} = 173,03$ мкм, $s = 1,06$ мкм и значение v составляет 2,81. Для того чтобы определить однородность выборки, следует сравнить значение v со справочным значением $v_{\text{крит}}$ по таблицам математической статистики. Значение $v_{\text{крит}}$ зависит от величины n и назначенного уровня значимости α (вероятности принять неверное решение). Как правило, α выбирают равным 0,05. Следовательно, $v_{\text{крит}} = 2,832$. Поскольку v ниже значения $v_{\text{крит}}$, можно говорить об однородности результатов измерений.

Теперь после завершения предварительной подготовки выборки можно вычислить значение d_0 . Метод наименьших квадратов указывает, что значение d_0 совпадает со средним значением

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n d_i$$

и, следовательно, составляет 173,03 мкм.

Аналогичная методика оценки однородности полученных результатов была проведена для образца интактной конечности, взятого на 55-е сутки. Проверка выборки показала, что среднее значение диаметра отпечатка $\bar{d} = d_0 = 172,76$ мкм, среднеквадратическое отклонение $s = 2,47$ мкм и значение v составляет 2,57. Поскольку полученное v также существенно ниже значения $v_{\text{крит}} = 2,832$, можно говорить об однородности результатов измерений и на контрольном образце, взятом на 55-е сутки.

После того как были получены достаточные основания считать, что сформированная выборка является однородной (для образцов без криогенного воздействия, взятых на 7-е и 55-е сутки), можно оценить пределы возможных отклонений отдельных значений d_i от среднего значения

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n d_i.$$

Их можно вычислить как границы интервала:

$$J = [\bar{d} - s \cdot k(n, P, Q), \bar{d} + s \cdot k(n, P, Q)],$$

где s — оценка среднеквадратического отклонения среди значений d_1, d_2, \dots, d_n .

Коэффициент $k(n, P, Q)$ является справочной величиной и выбирается исходя из количества значений n , величины вероятности случайного разброса P и величины вероятности Q перекрытия доверительным интервалом действительного интервала (обычно равны 0,80; 0,90 или 0,95).

Согласно «Таблицам математической статистики»*, для $n = 33$ и $P = Q = 0,95$ получаем $k \approx 2,6$. Следовательно, границы интервала для 7-суточного образца составляют $J_7 = [170,27; 175,79]$ мкм, а для 55-суточного — $J_{55} = [166,34; 179,18]$ мкм. Предел возможных отклонений равен 2,76 мкм и 6,42 мкм соответственно.

Для дальнейших действий потребовалась оценка погрешности вычисленного значения d_0 . Для этого рассчитан доверительный интервал для математического ожидания:

$$I = \left[d_0 - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t, \quad d_0 + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t \right],$$

где s — оценка среднеквадратического отклонения среди значений d_1, d_2, \dots, d_n , равная 1,06 и 2,47 соответственно для двух фрагментов костной ткани без криогенного воздействия; t — коэффициент Стьюдента для заданного значения доверительной вероятности P для выборки размером n . Значение t при $P = 0,95$ и $n = 33$ составляет 2,04.

С назначенной доверительной вероятностью $P = 0,95$ действительное значение средней длины диагонали отпечатка здоровой костной ткани не выйдет за пределы интервала. Следовательно, получаем, что для 7-суточного образца $I_7 = [172,65; 173,41]$ мкм, а для 55-суточного — $I_{55} = [171,88; 173,64]$ мкм.

Теперь, когда получены статистические сведения о возможных колебаниях результатов измерений длины диагонали отпечатка здоровой костной

ткани, можно выполнить анализ образцов, подвергшихся криовоздействию.

Для того чтобы признать тот или иной участок ткани поврежденным, следует результаты измерений сравнить со значением d_0 , вычисленным ранее, и учесть полученные сведения о характеристиках погрешности.

На рисунках 3 и 4 представлены данные, содержащиеся в сериях измерений на фрагментах костной ткани на 7-е (обозначены кружками) и 55-е сутки (обозначены треугольниками) после криогенного воздействия. Каждый результат измерения сопровождается интервалом его возможной случайной погрешности, вычисленным ранее: $\pm 2,76$ мкм и $\pm 6,42$ мкм соответственно для 7- и 55-суточных образцов (нанесен вертикальной линией на рисунки). Данные значения сравниваются со значением d_0 (диагонали отпечатков без криогенного воздействия) с учетом погрешности последнего (на рисунках 3 и 4 нанесены интервалы I_7 и I_{55} в виде двух горизонтальных линий).

Очевидно, что часть интервалов возможных значений длины диагоналей после криогенного воздействия пересекает интервал возможных значений d_0 . Данное обстоятельство свидетельствует о том, что данные результаты измерений нельзя считать значимо отличающимися от значений микротвердости здоровой костной ткани. Значит, нет оснований считать, что в соответствующих координатах наблюдались значимые повреждения костной ткани (уплотнение или разрушение). Данные результаты измерений на рисунках 3 и 4 очерчены черными прямоугольниками. Также на этих рисунках четко виден выход из зоны криогенного воздействия ($L \geq 7$ мм) — длина диагонали отпечатка индентора принимает значение, срав-

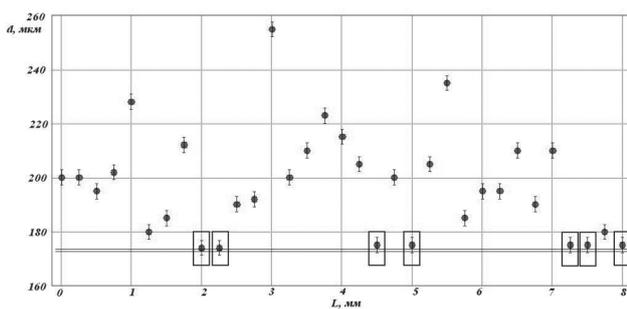


Рис. 3. Значения длины диагонали отпечатка индентора после криогенного воздействия в сравнении со значением длины диагонали отпечатка до криотерапии (7-е сутки)

Fig. 3. Diagonal values of indenter footprint at the bone site after cryogenic exposure as compared to values prior to cryotherapy (day 7)

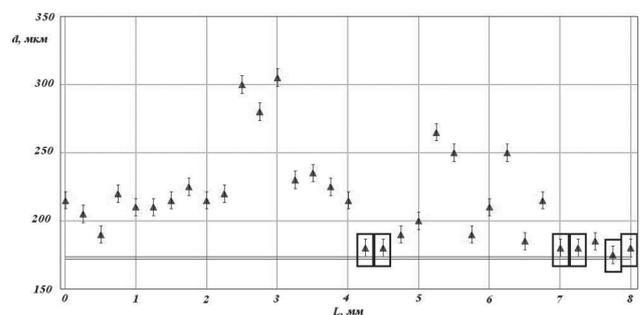


Рис. 4. Значения длины диагонали отпечатка индентора после криогенного воздействия в сравнении со значением длины диагонали отпечатка до криотерапии (55-е сутки)

Fig. 4. Diagonal values of indenter footprint at the bone site after cryogenic exposure as compared to values prior to cryotherapy (day 55)

* Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. С. 283.

нимое с длиной диагонали отпечатка образца без криогенного воздействия. На рисунке 5 показаны результаты относительного изменения прочности кости γ после криодеструкции (кружками — на 7-е, треугольником — на 55-е сутки). Становится очевидным, что криогенное воздействие на костную ткань приводит к ее частичному разрушению. Причем и степень разрушения костной ткани, и локализация повреждений кости по отношению к точке криовоздействия носят хаотичный характер.

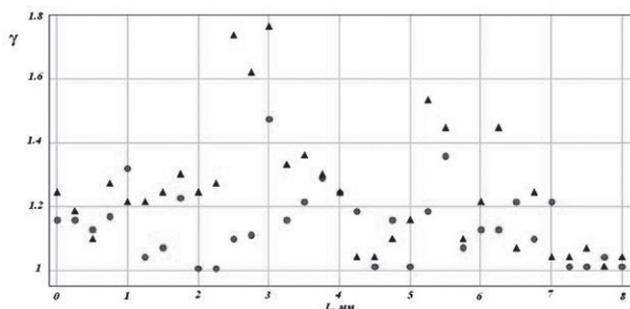


Рис. 5. Относительное изменение прочности кости после криодеструкции

Fig. 5. Relative changes in bone strength after cryodestruction

В области, прилегающей к зоне криодеструкции, присутствуют как участки с практически неповрежденной структурой (механическая прочность уменьшается в 1,0–1,2 раза), так и участки со значительной степенью разрушения (механическая прочность уменьшается в 1,5–2,0 раза).

Для подтверждения полученных результатов дополнительно были проведены патоморфологические исследования. Результаты этих исследований показывают, что криогенное воздействие сопровождается повреждением микроциркуляторного русла костной ткани с тромбозом микрососудов и формированием участков крионекроза. Несмотря на сохранность отдельных участков костной ткани, целостность кости оказывается нарушенной. Со временем, к окончанию второго месяца, в зоне крионекроза происходят регенеративные процессы, которые, однако, к этому сроку носят незавершенный характер.

На 7-е сутки после криодеструкции в зоне воздействия отмечалось замещение гемопоэтического костного мозга фиброзно-жировым, наличие кровоизлияний. Эта зона отграничивалась лимфо-гистиоцитарным валом от сохраненных структур костного мозга (рис. 6). Балочная структура — абсолютно сохраняющаяся, непосредственно в зоне заморозки выявлены резко выраженные дистрофические изменения и некроз остеоцитов, без признаков деструкции костных структур (рис. 7).

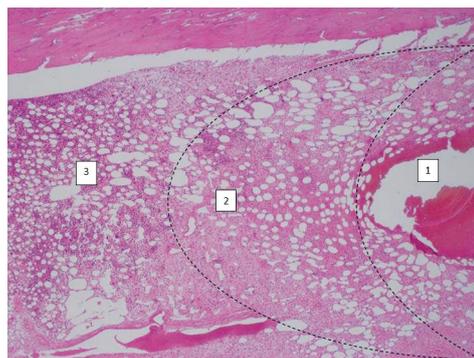


Рис. 6. Бедренная кость кролика, 7-е сутки после криодеструкции:

- 1 — область установки криодеструктора — кровоизлияние в костном мозге;
- 2 — зона сосудистых изменений и снижения количества элементов гемопоэза;
- 3 — сохранившийся костный мозг.

Окраска гематоксилином-эозином, ув. $\times 40$

Fig. 6. Femur of rabbit, day 7 after cryodestruction:

- 1 — area of cryodestructor introduction — marrow hemorrhage;
- 2 — area of vascular changes and reduced volume hemopoiesis substance;
- 3 — intact marrow.

Hematoxylin and eosin stain, mag. $\times 40$

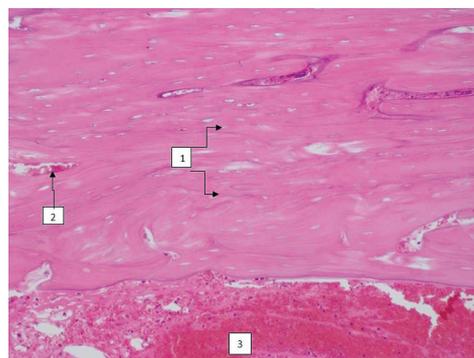


Рис. 7. Бедренная кость кролика, 7-е сутки после криодеструкции. Сохранная структура пластинчатой кости:

- 1 — некротизированные остеоциты;
- 2 — стаз в сосудах гаверсовых каналов;
- 3 — кровоизлияние в костном мозге.

Окраска гематоксилином-эозином, ув. $\times 200$

Fig. 7. Femur of rabbit, day 7 after cryodestruction. Intact structure of lamellar bone:

- 1 — necrotic osteocytes;
- 2 — vascular stasis in Haversian canals;
- 3 — marrow hemorrhage.

Hematoxylin and eosin stain, mag. $\times 200$

К 55-м суткам определялась очаговая пролиферация остеобластов и созревание грануляционной ткани, формирование новых костных балок (рис. 8). За счет этих процессов реализуется ремоделирование костной ткани в зоне криодеструкции.

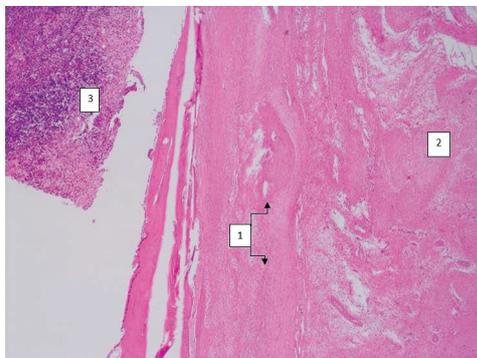


Рис. 8. Бедренная кость кролика, 55-е сутки после криодеструкции:
 1 — новообразованные костные балки;
 2 — созревающая грануляционная и фиброзная ткань;
 3 — гемопозитический костный мозг.
 Окраска гематоксилином-эозином, ув. $\times 40$

Fig. 8. Femur of rabbit, day 55 after cryodestruction:
 1 — newly formed bone trabecules;
 2 — maturing granulation and fibrous tissues;
 3 — hematopoietic marrow.
 Hematoxylin and eosin stain, mag. $\times 40$

Описанная картина соответствует процессу ремоделирования костных структур.

Обсуждение

Изначально мы полагали, что промораживание кости до уровня температуры жидкого азота приведет к кристаллизации эндогенной воды, пучению льда и ее механическому повреждению. Прежде чем начинать экспериментальные исследования на животных, мы провели лабораторные поисковые опыты. При этом мы вводили криозонд в костномозговой канал нативной свиной бедренной кости и выполняли два типичных цикла криодеструкции. Оказалось, что после полного промораживания кость не теряла своей прочности. Сложилось впечатление, что криогенное охлаждение не оказывает воздействие на уже девитализированную ткань. Далее были поставлены эксперименты на кроликах, представленные в данной работе.

Сопоставление результатов патоморфологических исследований и данных определения микротвердости показывают очаговость криогенного поражения кости, внешним проявлением которой оказывается снижение прочности. Эти данные не соответствуют пространственному расположению зон изотерм вокруг точки охлаждения, известным

из термофизики. Более того, нарушения зарегистрированы на уровне изотермы -10°C , которая не обладает прямым цитодеструктивным действием, а на уровне деструктивной изотермы (-40°C) можно обнаружить фрагменты сохранной кости. Следовательно, природа повреждения имеет более сложные механизмы, чем прямое температурное повреждение механической структуры кости. Тем не менее представленный выше материал о низкой устойчивости кости к охлаждению может иметь объяснение.

Теплофизические свойства разных тканей человека и животных изучены достаточно, чтобы отметить существенные отличия кости в сравнении с мягкоткаными структурами. Известно, что костная ткань обладает относительно высокой плотностью ($1,92 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$), высокой теплопроводностью ($0,79 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) и низкой удельной теплоемкостью ($1,30 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$). Прилежащие кости мягкие мышцы имеют иные теплофизические характеристики, обладая двукратно меньшей плотностью ($1,05 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$), относительно низкой теплопроводностью ($0,50 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) при большой удельной теплоемкости ($3,46 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$) [9]. Это позволяет тепловым изменениям распространяться в кости с высокой скоростью, захватывать значительные объемы, поэтому любые перепады температуры всегда будут иметь для кости более опасные последствия, чем для окружающих тканей.

К сказанному необходимо добавить известные из нормальной анатомии особенности внутриорганного кровотока. Артериальное русло трубчатой кости имеет преимущественно магистральное строение, практически полное отсутствие коллатеральных путей и крайне низкую степень васкуляризации кортикального слоя, обеспечивающего в значительной мере механическую прочность. Поэтому криогенное повреждение в месте вхождения питающей артерии может иметь катастрофические последствия, в то время как локально ограниченное поверхностное охлаждение со стороны надкостницы представляется малоопасным и не повлечет заметного снижения прочности кости. Нарушение кровоснабжения, вероятно, имеет и отдаленные последствия, поскольку ухудшает условия для регенерации.

Мозаичность изменений твердости кости в совокупности с выявляемым на гистологических препаратах тромбозом кровеносных сосудов позволяет говорить о ведущей роли нарушений микроциркуляции в кости после охлаждения. Для костной ткани этот уровень охлаждения с учетом погрешности в термометрии, по нашим данным, находится в диапазоне от -8°C до -15°C . Изотерма с такими значениями располагалась на $1,0\text{--}1,5 \text{ мм}$ внутри от края оледенения с изотермой -6°C . Криорезистентность злокачественных клеток,

как уже отмечено выше, определяется порогом на уровне -40°C [26]. Даже с учетом того, что в развитии крионекроза злокачественной опухоли ишемия имеет не меньшее значение, избыточное разрушение здоровой кости неизбежно, поскольку опухоль обладает теплофизическими свойствами мягких тканей. При использовании стандартного режима криодеструкции опухолевого очага зона повреждения кости может достигать глубины до 8 мм от края кюретажной полости или точки размещения криозонда. Это всегда будет приводить к снижению прочности кости, имеющему ишемический генез вследствие тромбоза внутрикостных кровеносных сосудов.

Данные о различии теплофизических свойств кости в сравнении с опухолевыми тканями подсказывают возможный способ защиты ее от переохлаждения. Например, активное прогревание зоны криовоздействия на этапе экспозиции сформировавшегося в опухоли ледяного фронта током высокой частоты может препятствовать чрезмерному охлаждению здоровой кости. Однако такой вариант профилактики осложнений требует специального изучения.

При окончательной оценке результатов необходимо учитывать видовые отличия лабораторных животных. Отличительные особенности регенеративных процессов костей кроликов в виде избыточной периостальной реакции известны [27]. Авторы отметили, что в отдаленные сроки после криовоздействия, включая 16 нед., прочность кости в месте криоаппликации превышала нормальные значения, полученные на интактных образцах, а зона регенерации оказывалась богато васкуляризованной. Известно также, что стволовые клетки обладают высокой криорезистентностью, что обеспечивает гистотипичность регенерации: то есть кость, как и все другие здоровые ткани, после криодеструкции восстанавливается с формированием прежней гистологической структуры [28, 29].

Оценивая ограничения при интерпретации экспериментов, отметим, что из практики известно, что для консолидации переломов у человека необходимо большее время в сравнении с экспериментальными данными, полученными на животных. Поэтому совпадения в сроках снижения прочности у разных объектов скорее носят случайный характер и в большей степени зависят от объема повреждения. К тому же заметно, что режимы охлаждения в каждом экспериментальном исследовании не сопоставимы со всеми иными опытами, поэтому невозможно сравнивать и конкретные характеристики наблюдавшихся изменений. Количественные показатели также содержат в себе не только видовые особенности, но и погрешности измерения, что не позволяет адаптировать циф-

ровые значения к иным биологическим объектам или возможным клиническим ситуациям.

Другим важным ограничением результатов исследования служит малое число животных. При этом заключение о том, что малоинвазивное вмешательство может привести к критическому повреждению кости, считаем доказанным, поскольку переломы кости возникли у всех животных.

Важны и межвидовые различия. Однако механизмы криогенного повреждения биологических объектов на клеточном и тканевом уровнях одинаковы [29]. Поэтому можно полагать, что факты возникновения криогенных переломов и механизмы патогенеза снижения прочности кости отражают общие межвидовые закономерности.

Итак, крионекроз кости носит мозаичный характер, не имеет четкой границы и проявляется локальными провалами прочности уже к концу первой недели. Поэтому ограничительные меры по нагрузке необходимо рекомендовать уже в ближайшем послеоперационном периоде. Степень нарушения прочности и сроки наибольшего снижения зависят от интенсивности криовоздействия, точки приложения криозонда по отношению к питающим сосудам и от объема сохранившейся здоровой кости. Полученные данные позволяют рекомендовать использовать после криодеструкции опухоли меры для иммобилизации зоны операции и ее дополнительное укрепление с целью профилактики возможного послеоперационного патологического перелома. Риск перелома возрастает также при несоблюдении пациентом ограничительного режима, на что в беседах с пациентами мы обращаем особое внимание. Определение показаний к профилактическому остеосинтезу в каждом клиническом случае остается трудным выбором хирурга.

В основе снижения прочности кости после криодеструкции лежит нарушение микроциркуляции вследствие тромбоза внутрикостных кровеносных сосудов. Прочность кости снижается к исходу первой недели после криовоздействия и не восстанавливается в течение двух месяцев. Полное промораживание поперечника кости к условиям естественного поведения пациентов неизбежно приведет к патологическому перелому кости.

Этика публикации

Данное исследование проводилось в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.)

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Беляев А.М. — определение цели и задач исследования.

Прохоров Г.Г. — выполнение криогенного воздействия с использованием криозондов.

Сушников В.А. — все лабораторные исследования прочности и статистическая обработка результатов.

Артемьева А.С. — патоморфологические заключения по изучению гистологических препаратов.

Архицкая А.А. — проведение экспериментов, выполнение термометрических исследований.

Чуголова Д.А. — патологоанатомическая работа с животными и макро-препаратами костей.

Литература [References]

1. Демичев Н.П., Дианов С.В. Профилактика рецидивирования доброкачественных опухолей костей методом криодеструкции. *Вопросы онкологии*. 2008;54(5):592-595.
Demichev N.P., Dianov S.V. [Cryodestruction as a means of prophylaxis of benign bone tumor recurrence]. *Voprosy onkologii*. 2008;54(5):592-595. (In Russian).
2. Дианов С.В., Халагуммаев К.М. Криовоздействие в хирургическом лечении доброкачественных опухолей костей стопы. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(3):74-78. DOI: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-74-78.
Dianov S.V., Halagummaev K.M. [Crio-influence in surgical treatment of benign tumours of foot bones]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;(3):74-78. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-74-78.
3. Marcove R.C., Miller T.R., Cahan W.C. The treatment of primary and metastatic bone tumors by repetitive freezing. *Bull N Y Acad Med*. 1968;44(5):532-544.
4. Meller I., Weinbroum A., Bickels J., Dadia S., Nirkin A., Merimsky O. et al. 15 years of bone tumor cryosurgery: a single-centre experience of 440 procedures and long term follow-up. *Eur J Surg Oncol*. 2008;34(8):921-927.
5. Прохоров Г.Г., Беляев А.М., Прохоров Д.Г. Приборы для малоинвазивной пункционной криодеструкции. В кн.: Основы клинической криомедицины. СПб., 2017. P. 565-568. ISBN 978-5-519-50989-3.
Prokhorov G.G., Belyaev A.M., Prokhorov D.G. Devices for miniinvasive puncture cryodestruction. In the book: *Basis of Clinical Cryomedicine*. St. Petersburg, 2017. pp. 565-568.
6. Pritsch T., Bickels J., Wu C.C., Squires H.M., Malawer M.M. The risk for fractures after curettage and cryosurgery around the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;458:159-167.
7. Currey J.D. Three analogies to explain the mechanical properties of bone. *Biorheology*. 1964;2(1):1-10. DOI: 10.3233/BIR-1964-2101.
8. Аврунин А.С., Тихилов Р.М., Паршин Л.К., Мельников Б.Е., Шубняков И.И. Наноуровневый механизм жесткости и прочности кости. *Травматология и ортопедия России*. 2008;2(48):77-83.
Avrunin A.S., Tikhilov R.M., Parshin L.K., Melnikov B.E., Shubnyakov I.I. [The nanolevel mechanism of bone hardness and strength]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2008;(2);77-83.
9. Zhmakin A.I. *Fundamentals of cryobiology. Physical phenomena and mathematical models*. Springer, 2008. 278 p.
10. Marcove R.C., Weis L.D., Vaghaiwalla M.R., Pearson R., Huvos A.G. Cryosurgery in the treatment of giant cell tumors of bone. A report of 52 consecutive cases. *Cancer*. 1978;41(3):957-969.
11. Veth R.P.H., Schreuder H.W.B., Geest I.C.M. Cryosurgery for bone tumors. *Modern cryosurgery for cancer. World Sciences*; 2012; 40:773-779. ISBN-13/978-981-4329-65-1.
12. Gage A.A., Greene G.W., Neiders M.E., Emmings F.G. Freezing bone without excision. An experimental study of bone cell destruction and manner of regrowth in dogs. *JAMA*. 1966;196(9):770-774.
13. Schargus G., Winckler J., Schröder F., Schöfer B. Cryosurgical devitalization of bone and its regeneration. An experimental study with animals. *J Maxillofac Surg*. 1975;3(2):128-131.
14. Kuylensstierna R., Lundquist P.G., Nathanson A. Destruction and regeneration of jaw bone after cryogenic application. An experimental study. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1980;89(6 Pt 1):582-589.
15. Rabb J.M., Renaud M.L., Brandt P.A., Witt C.W. Effect of freezing and thawing on the microcirculation and capillary endothelium of the hamster cheek pouch. *Cryobiology*. 1974;11(6):508-518.
16. Kuylensstierna R., Lundquist P.G., Nathanson A. Early morphological changes in rabbit mandible after cryogenic application. *Arch Otorinolaryngol*. 1980; 226(1-2):35-43.
17. Fisher A.D., Williams D.F., Bradley P.F. The effect of cryosurgery on the strength of bone. *Br J Oral Surg*. 1978;15(3):215-222.
18. Keijser L.C., Schreuder H.W., Boons H.W., Keulers B.J., Buma P., Huiskes R., Veth R.P. Bone grafting of cryosurgically treated bone defects: experiments in goats. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;(396):215-222.
19. Keijser L.C., Schreuder H.W., Buma P., Weinans H., Veth R.P. Cryosurgery in long bones: an experimental study of necrosis and revitalization in rabbits. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1999;119(7-8):440-444.
20. Popken F., Michael J.W., Zarghooni K., Sobottke R., Kasper H.U., Blaecker D. et al. Stability changes after cryosurgery in long tubular bones in correlation to histological results: an animal trail. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009;129(6):857-862. DOI: 10.1007/s00402-008-0704-9.
21. Беляев А.М., Г.Г. Прохоров. Криогенные технологии в онкологии. *Вопросы онкологии*. 2015;61(3):317-322.
Belyaev A.M., Prokhorov G.G. [Cryogenic technologies in oncology]. *Voprosy onkologii*. 2015;61(3):317-322. (In Russian).
22. Callstrom M.R., Atwell T.D., Charboneau J.W., Farrell M.A., Goetz M.P., Rubin J. et al. Painful metastases involving bone: percutaneous image-guided cryoablation — Prospective Trial Interim Analysis. *Radiology*. 2006;241(2):572-580 DOI: 10.1148/radiol.2412051247.
23. Prokhorov G.G., Gritsaenko A.E., Prokhorov D.G., Gasanov M.I., Klepikov V.V., Gurin A.V. et al. A minimally invasive cryotherapeutic system. *Biomedical Engineering*. 2017;51(1):41-45. DOI 10.1007/s10527-017-9681-z.
24. Xu Kecheng, Li Haibo, Mu Feng. Percutaneous cryoablation for treatment of painful bone metastases. *Modern cryosurgery for cancer. World Sciences*; 2012. pp. 801-815. ISBN-13/978-981-4329-65-1.
25. Popken F., Meschede P., Erberich H., Koy T., Bosse M., Fischer J.H., Eysel P. Complication after

- cryosurgery with new miniature cryoprobes in long hollow bones: an animal trail. *BMC Surg.* 2005;5:17. DOI: 10.1186/1471-2482-5-17.
26. Granov A.M., Prokhorov D.G., Andreev A.P. et al. Temperature measuring and evaluation of tumor cell viability in different zones of an ice ball. Practical application of in vitro experimental results. In: Basics of cryosurgery. ed. by N. Korpan. Wien, New York: Springer, 2001. pp. 15-24. ISBN 3211837019.
27. Brix G., Seebass V., Hellwig G., Griebel J. Estimation of heat transfer and temperature rise in partial-body regions during MR procedure: an analytical approach with respect to safety consideration. *Magn Reson Imaging.* 2002;20(1):65-76.
28. Raydan M., Shubin N.A., Blinova M.I., Prokhorov G.G., Pinaev G.P. Stability of bone marrow stromal cells to low temperatures depending on degree of differentiation. *Cell Tissue Biology.* 2011;5(3):294-299.
29. Шафранов В.В., Борхунова Е.Н., Цыганов Д.И., Торба А.И., Таганов А.В., Межов-Деглин Л.П., Калмыкова З.В., Подшивалова О.А. Современная концепция разрушения биологических тканей при локальной криодеструкции. *Гуманитарный вестник.* 2013;12(14):8. Режим доступа: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/prmed/hidden/142.html>.
- Shafranov V.V., Borhunova E.N., Tsyganov D.I., Torba A.I., Taganov A.V., Mezhev-Deglin L.P., Kalmykova Z.V., Podshivalova O.A. [Modern concept of biological tissues destruction at local cryosurgery]. *Gumanitarnyi vestnik* [Humanities Bulletin of BMSTU]. 2013;12(14):8. (In Russian). Available from: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/prmed/hidden/142.html>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Беляев Алексей Михайлович — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Прохоров Георгий Георгиевич — д-р мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник научного отделения онкоурологии и общей онкологии, врач-онколог, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Сушников Виктор Александрович — канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург

Артемьева Анна Сергеевна — канд. мед. наук, заведующая отделением патоморфологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Архицкая Анна Андреевна — аспирант, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Чуглова Дина Александровна — научный сотрудник отделения патоморфологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Alexey M. Belyaev — Dr. Sci. (Med.), professor, director of Petrov National Medical Research Center (Petrov's Institute of Oncology), St. Petersburg, Russian Federation

Georgiy G. Prokhorov — Dr. Sci. (Med.), professor, leading researcher, Department of General Oncology, Petrov National Medical Research Center (Petrov's Institute of Oncology), St. Petersburg, Russian Federation

Viktor A. Sushnikov — Cand. Sci. (Tech.), associate professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

Anna S. Artemyeva — Cand. Sci. (Med.), head of the Department of Pathomorphology, Petrov National Medical Research Center (Petrov's Institute of Oncology), St. Petersburg, Russian Federation

Anna A. Arkhitskaya — PhD student, Petrov National Medical Research Center (Petrov's Institute of Oncology), St. Petersburg, Russian Federation

Dina A. Chuglova — researcher, Department of Pathomorphology, Petrov National Medical Research Center (Petrov's Institute of Oncology), St. Petersburg, Russian Federation

Диагностика болезни Гоффа методом магнитно-резонансной томографии

А.С. Стулов^{1,2}, А.Н. Тарасов²

¹ Медицинский институт им. Березина Сергея (МИБС), г. Астрахань, Россия

² ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Астрахань, Россия

Реферат

Актуальность. Диагностика изменений объема и структуры жирового тела Гоффа важна ввиду взаимосвязи его патологии с болевым синдромом в переднем отделе коленного сустава. **Цель исследования** — усовершенствовать диагностику болезни Гоффа на основании детального изучения клинической анатомии интрапателлярного жирового тела и обобщения магнитно-резонансной картины в норме и при патологических состояниях. **Материал и методы.** Ретроспективно отобраны протоколы 86 магнитно-резонансных исследований коленных суставов с синдромом передней коленной боли без четко определяющегося травматического анамнеза и положительных клинических тестов, указывающих на повреждение внутри- и околоуставных элементов с выявленными структурными изменениями со стороны жирового тела. Контрольную группу составили 24 исследования асимптомных коленных суставов. Во всех случаях патология была подтверждена и скорректирована при проведении лечебно-диагностической артроскопии. **Результаты.** Определена магнитно-резонансная картина нормальной структуры интрапателлярного жирового тела, а также патологические изменения в виде разрыва, локального отека, диффузного отека, синовиальной пролиферации и фиброза. В зависимости от локализации и типа изменений выделены 4 патологических синдрома: «классическая» болезнь Гоффа — 49 (57%) случаев, синдром интрапателлярной складки — 11 (13%) случаев, синдром отрыва интрапателлярной складки — 6 (7%) случаев и импинджмент-синдром верхнелатерального отдела жировой клетчатки — 20 (23%) случаев. **Заключение.** Для идентификации патологии необходима тщательная синхронизация клинических и морфологических изменений. Точная дифференцировка синдромов достигается знанием детальных анатомических и магнитно-резонансных особенностей жирового тела в норме и патологии, что позволяет диагностировать причину развития болевого синдрома в передних отделах коленного сустава, установить верный диагноз и выбрать оптимальную лечебную тактику.

Ключевые слова: болезнь Гоффа, импинджмент-синдром, интрапателлярная складка, интрапателлярное жировое тело, магнитно-резонансная томография.

DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-134-140

Magnetic Resonance Imaging of Hoffa's Fat Pad

A.S. Stulov^{1,2}, A.N. Tarasov²

¹ Berezin Sergey Medical Institute, Astrakhan, Russian Federation

² Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation

Abstract

Background. Pathological changes in the size and structure of Hoffa's fat pad can cause pain in the anterior section of the knee joint. Therefore, they should be diagnosed. The objective of the paper is to improve the diagnostics of Hoffa's fat pad disease on the basis of a detailed study of the clinical anatomy of the infrapatellar (Hoffa's) fat pad and magnetic resonance imaging (MRI) findings in normal and pathological conditions. **Materials and Methods.** Protocols of 86 MRI examinations of knee joints with anterior knee pain syndrome and no clearly defined traumatic history nor

Стулов А.С., Тарасов А.Н. Диагностика болезни Гоффа методом магнитно-резонансной томографии. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):134-140. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-134-140.

Cite as: Stulov A.S., Tarasov A.N. [Magnetic Resonance Imaging of Hoffa's Fat Pad]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):134-140. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-134-140.

Стулов Андрей Сергеевич / Andrey S. Stulov; e-mail: andrew-agma@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 17.10.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 23.05.2019.

positive clinical tests indicating damage to the intra-articular and periarticular elements with identified structural changes in the fat pad were selected retrospectively. The control group consisted of data from 24 examinations of asymptomatic knee joints. In all cases, the pathology was confirmed during diagnostic and therapeutic arthroscopy. **Results.** The MRI findings showed the normal structure of the infrapatellar fat pad, as well as pathological changes in the form of tearing, local edema, diffuse edema, synovial proliferation and fibrosis. Depending on the location and type of changes, 4 pathological syndromes were identified: “classic” Hoffa’s disease — 49 (57%) cases, infrapatellar synovial fold syndrome — 11 (13%), infrapatellar synovial fold separation syndrome — 6 (7%), and impingement syndrome of upper lateral adipose tissue — 20 (23%) cases. **Conclusions.** To identify a pathology, a precise synchronization of clinical and morphological changes is required. Accurate differentiation of syndromes is possible due to knowledge of the detailed anatomical and magnetic-resonance features of the fat pad in normal and pathological conditions. This allows to diagnose the cause of pain in the anterior sections of the knee joint, specify the diagnosis, and choose the optimal plan of treatment.

Keywords: Hoffa’s fat pad disease, impingement syndrome, infrapatellar synovial fold, infrapatellar fat pad, magnetic resonance imaging.

Введение

Жировое тело Гоффа — интракапсулярная экстра-синовиальная структура, увеличивающая площадь синовиальной поверхности и влияющая на распределение внутрисуставной жидкости [1–3]. Оно ограничено со всех сторон: спереди — собственной связкой надколенника, сверху и спереди — нижней поверхностью надколенника, сверху и сзади — хрящом блока бедренной кости, сзади — передней крестообразной связкой и синовиальной оболочкой, снизу — большеберцовой костью и передними рогами менисков, опираясь в глубокую инфрапателлярную сумку [4, 5].

По строению тело Гоффа похоже на подкожный жир, так как помимо жировых клеток оно содержит каркас из фиброзных тяжей, но с наличием организованных крупных сгущений, именуемых мукозными связками, формирующими инфрапателлярную складку. Дорзальный отдел клетчатки в поперечной плоскости пересекает тонкий фиброзный жгут — передняя межменисковая связка, соединяющая между собой передние рога обоих менисков. Кровоснабжение жировой подушки — диффузное, представлено анастомотической сетью, которая формируется из вертикально ориентированных сосудов, возникающих из верхней и нижней подколенных артерий, соединенных более мелкими горизонтальными ветвями [6]. Отмечается богатая иннервация структуры ветвями бедренного, общего малоберцового и подкожных нервов, поэтому любые патологические изменения жирового тела могут являться источником возникновения болей в переднем отделе коленного сустава [7–9].

Жировое тело склонно к изменению своей конфигурации при движениях в коленном суставе, тем самым обеспечивая механическую амортизацию и облегчая распределение синовиальной жидкости [10, 11]. Диагностика изменений объема и структуры жировой клетчатки важна ввиду взаимосвязи её патологии с болевым синдромом в переднем отделе коленного сустава, а также возможной взаи-

мосвязи с ранним формированием остеоартроза [12, 13].

Существуют различные механизмы повреждения жирового тела Гоффа, например, в результате острой травмы коленного сустава в комплексе с разрывом передней крестообразной связки или разгибательного связочно-сухожильного аппарата [14, 15]. Также возможно хроническое повреждение клетчатки с формированием импинджмент-синдрома, что наиболее часто связано с нарушением геометрии пателло-фemorального сочленения [16, 17]. Наиболее часто в литературе встречается болезнь Гоффа, описанная А. Hoffa в 1904 г., которая возникает в результате острой травмы или хронической микротравматизации жировой подушки и сопровождается кровоизлиянием и асептическим воспалением с возможными повторяющимися растяжениями или деформациями [1–5, 14, 16]. Жировая клетчатка гипертрофируется и ущемляется в тиббио-фemorальном сочленении, что приводит к дальнейшему воспалению, депонированию фибрина, гемосидерина, проникновению макрофагов внутрь клетчатки и дегенерации липоцитов. В хронической фазе происходит фибробластическая реакция клеток с формированием фиброза, который в редких случаях может трансформироваться в участки фиброзного хряща и обызвествления. Однако можно выделить еще три патологических состояния жирового тела, имеющих аналогичную этиологию, закономерный патогенез и схожие морфологические изменения. К ним относятся синдром инфрапателлярной складки, синдром отрыва инфрапателлярной складки и импинджмент-синдром верхнелатерального отдела жировой клетчатки.

Цель исследования — усовершенствовать диагностику болезни Гоффа на основании детального изучения клинической анатомии инфрапателлярного жирового тела и обобщения магнитно-резонансной картины в норме и при патологических состояниях.

Материал и методы

За период с декабря 2016 г. по март 2019 г. из базы данных диагностического центра были ретроспективно отобраны протоколы 86 магнитно-резонансных (МР) исследований коленных суставов (45 правых, 41 левых) 47 мужчин и 39 женщин в возрасте от 12 до 57 лет с синдромом передней коленной боли без четко определяющегося травматического анамнеза и положительных клинических тестов, указывающих на повреждение внутри- и околоуставных элементов, с выявленными структурными изменениями со стороны жирового тела Гоффа. Во всех случаях в период от 10 до 94 дней патология была подтверждена и скорректирована путем проведения лечебно-диагностической артроскопии ввиду слабого эффекта консервативного лечения или его отсутствия. Стоит отметить, что в исследование не вошла большая группа пациентов с выявленными изменениями при выполнении МРТ ввиду достижения положительного эффекта от консервативной тактики и, соответственно, не требующая хирургической коррекции.

Контрольную группу составили 24 исследования асимптомных коленных суставов пациентов в возрасте от 12 до 32 лет.

Исследования проводились на МР-томографе Siemens Magnetom Symphony с индукцией магнитного поля 1,5 Тл с использованием квадратурной коленной катушки Siemens, Model 03146466 по стандартной методике с помощью взвешенностей T1, T2 и PD в трех проекциях, с использованием алгоритма жироподавления толщиной среза 4 мм или без него.

Статистический анализ

Для создания архивной базы данных, сводных таблиц использовалась программа Microsoft Office Excel 2003. Визуализации материала проведена с использованием различных видов диаграмм и таблиц. Статистический анализ проводился с использованием пакета прикладных программ Statistica 10. Качественные признаки представлены в виде абсолютной величины и относительной частоты (%). Различия между исследуемыми группами считались статистически значимыми при величине достигнутого уровня $p < 0,05$.

Результаты

Нормальная МР-картина, определяемая у пациентов контрольной группы

Клетчатка тела Гоффа в норме имела четкие ровные контуры, была представлена в виде цельного тела без признаков деформации и компримирующего воздействия на окружающие анатомические элементы, без вклинения верхнего и дорзального контуров в полость пателло-фemorальной и тибео-

фemorальной щелей соответственно, с возможной визуализацией вертикальной и горизонтальной тонких синовиальных щелей (супра- и инфрагоффатический завороты соответственно), распространяющихся вглубь клетчатки не более чем на треть. Вышеописанные критерии нормы были соотнесены с данными ранее проведенных исследований А. Ozkur с соавторами и М. Vahlensieck с соавторами [18, 19]. Только вертикальная щель определялась в 9 (38%) случаях, только горизонтальная щель — в 5 случаях (21%), обе щели определялись в 2 (8%) случаях, в 8 (33%) случаях щели не визуализировались. Важным аспектом диагностики состояния жирового тела являлась оценка его структуры, а также МР-сигнала, в норме который был однородным и соответствовал жировой ткани (гиперинтенсивный по T1- и T2-взвешенным изображениям, гипоинтенсивный при проведении алгоритма жироподавления). Каркас клетчатки состоял из тонких продольно ориентированных линейных участков низкого МР-сигнала на всех импульсных последовательностях, расположенных в горизонтальной плоскости, собирающихся в дорзальном отделе радиально с формированием инфрапателлярной складки. МР-анатомия последней варьировала по толщине (от 1 до 2,3 мм), по структуре (от тесно скомпонованных микроструктур низкого МР-сигнала до плотного продольно ориентированного утолщенного тяжа), а также по месту прикрепления. В области вентральной трети межмышцелковой вырезки бедра — 15 (63%) случаев, в области средней трети межмышцелковой вырезки бедра интимно к передней крестообразной связке — 5 (21%) случаев, к нижнему краю передней крестообразной связки — 3 (12%) случая, к корню переднего рога латерального мениска — 1 (4%) случай). Также в сагиттальной плоскости в дорзальном отделе определялось очаговое включение низкого МР-сигнала толщиной от 0,5 до 3 мм, соответствовавшее поперечному сечению передней межменисковой связки.

МР-картина болезни Гоффа

По МРТ структурные изменения «классической» болезни Гоффа можно было дифференцировать как разрыв, локальный отек, диффузный отек, синовиальную пролиферацию и фиброз в общей сложности у 49 (57%) пациентов (рис. 1). Разрыв определялся как линейная зона высокой интенсивности сигнала на жироподавленных протонно-взвешенных или T2-взвешенных изображениях, которая не соответствовала положению или конфигурации физиологических расщелин. Отек дифференцировался как увеличение интенсивности сигнала в жировой ткани на жироподавленных протонно-взвешенных или T2-взвешенных изображениях. Синовиальная пролиферация

определялась, если разрыв жировой ткани был распространен к собственной синовиальной поверхности с формированием узла или распространенного утолщения синовиальной поверхности. Интраструктурный фиброз рассматривался как участок сниженной интенсивности МР-сигнала, не соответствующий нормальному физиологическому каркасу (передняя межменисковая связка, мукозные связки, инфрапателлярная складка) [2, 3, 14, 15, 20, 21]. Еще три патологических сос-

тояния (синдром инфрапателлярной складки, синдром отрыва инфрапателлярной складки, импинджмент-синдром верхнелатерального отдела жировой клетчатки) выделялись отдельно в зависимости от локализации и морфологии изменений.

Синдром инфрапателлярной складки, трудно отличимый по клиническим и визуальным критериям от «классической» болезни Гоффа [15, 22], выявлен в 11 (13%) случаях (рис. 2).

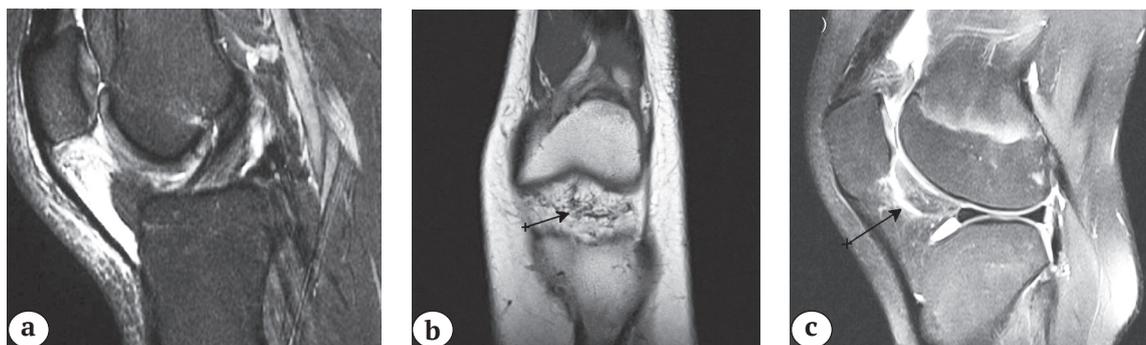


Рис. 1. МРТ-картина при болезни Гоффа:

а – Т2-взвешенное МР-изображение с жироподавлением в сагиттальной плоскости; определяется значительный диффузный отек жировой клетчатки; б – Т1-взвешенное изображение в корональной плоскости через 6 мес, формирование хаотично расположенных участков фиброза (указано стрелкой);
с – протонно-взвешенное изображение с жироподавлением в сагиттальной плоскости через 6 мес, формирование патологической синовиальной пролиферации в центральных отделах (указано стрелкой)

Fig. 1. MRI image showing Hoffa's fat pad disease:

а – T2-weighted MRI image with fat suppression in the sagittal plane – Hoffa's disease; significant diffuse edema of adipose tissue is evident; б – T1-weighted image in the coronal plane after 6 months – formation of randomly located areas of fibrosis (indicated by the arrow);
с – proton-weighted image with fat suppression in the sagittal plane after 6 months; formation of pathological synovial proliferation in the main sections (indicated by the arrow)

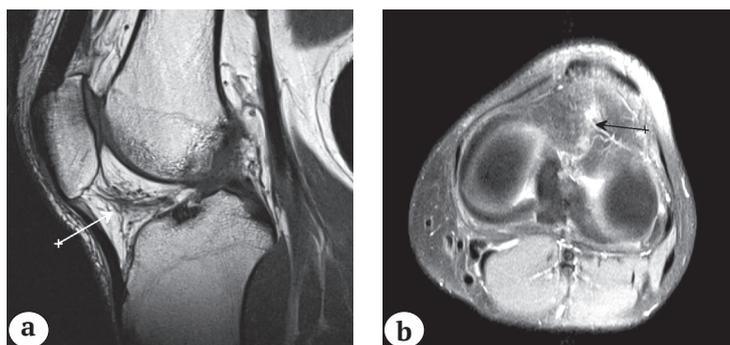


Рис. 2. МРТ-картина при синдроме инфрапателлярной складки:

а – Т1-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости; грубые рубцовые изменения, ориентированные по ходу мукозных связок и инфрапателлярной складки (указаны стрелкой);
б – протонно-взвешенное изображение с жироподавлением в аксиальной плоскости; рубцовые изменения, ориентированные по ходу мукозных связок и инфрапателлярной складки (указаны стрелкой)

Fig. 2. Infrapatellar synovial fold syndrome:

а – T1-weighted image in the sagittal plane – gross cicatricial changes oriented along the mucosal ligaments and the infrapatellar synovial fold (indicated by the arrow);
б – Proton-weighted image with fat suppression in the axial plane; cicatricial changes oriented along the mucous ligaments and the infrapatellar synovial fold (indicated by the arrow)

Но, по данным МРТ, закономерные структурные изменения клетчатки преимущественно локализовались в области прохождения мукозных связок и инфрапателлярной складки и представляли собой параллельно расположенные плотные тяжи фиброза спереди назад от межмыщелковой вырезки до нижнего края надколенника, что сопровождалось увеличением объема, деформацией и ущемлением клетчатки между суставными поверхностями.

Синдром разрыва инфрапателлярной складки, как правило, образуется вследствие отрыва фиброзного каркаса от места прикрепления к межмыщелковой вырезке бедра, вследствие этого формируется нестабильность и импинджмент жирового тела [15, 22]. На томограммах в сагиттальной плоскости такое патологическое состояние определялось в 6 (7%) случаях в виде отсутствия визуализации прикрепления инфрапателлярной складки, ретракции дорзального контура клетчат-

ки и заполнения дефекта внутрисуставным выпотом (рис. 3).

Импинджмент-синдром верхнелатерального отдела жировой клетчатки достаточно распространен. Типичными предпосылками к формированию патологии являются врожденные аномалии строения, такие как высокое стояние надколенника, гипоплазия блока бедра, слабость латерального связочного аппарата, усиленная латерализация большеберцовой бугристости, гипертрофия верхнелатерального отдела жировой клетчатки, что согласуется с данными литературных источников [23–27]. В нашем исследовании он дифференцировался в 20 (23%) случаях, хотя имел более стертую клиническую и МР-картину в сравнении с вышеописанными подтипами. По данным МРТ, закономерные структурные изменения клетчатки были расположены в области верхнелатерального отдела между латеральной фасеткой надколенника и латеральной поверхностью блока бедренной кости (рис. 4).



Рис. 3. МРТ-картина при разрыве инфрапателлярной складки, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости; определяется полный дефект складки в области прикрепления к межмыщелковой вырезке, диффузные рубцовые изменения жирового тела

Fig. 3. Tearing of the infrapatellar synovial fold: T2-weighted image in the sagittal plane; the complete defect of the fold in the area of attachment to the intercondylar fossa is evident. The adipose tissue is diffusely scarred

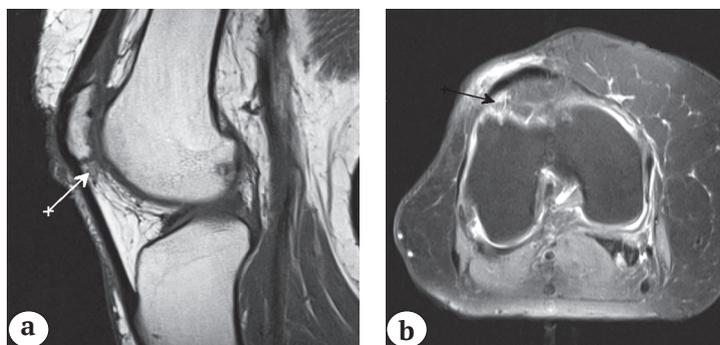


Рис. 4. МРТ-картина при импинджмент-синдроме верхнелатерального отдела жировой клетчатки: а — T1-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости; локальные фиброзные изменения на фоне гипертрофии (указаны стрелкой); б — протонно-взвешенное изображение с жироподавлением в аксиальной плоскости; локальные фиброзные изменения (указаны стрелкой)

Fig. 4. Impingement syndrome of upper lateral adipose tissue: а — T1-weighted image in the sagittal plane — local fibrous changes in addition to hypertrophy (indicated by the arrow); б — proton-weighted image with fat suppression in the axial plane — local fibrous changes (indicated by the arrow)

Обсуждение

Клиническая анатомия жирового тела Гоффа и его взаимосвязь с окружающими костными и мягкоткаными структурами в норме с указанием границ и сигнальных МР-характеристик наиболее

подробно описана в работах D. Saddik с соавторами [8] и M.R. Abreu с соавторами [14]. Разрыв, локальный отек, диффузный отек, синовиальная пролиферация и фиброз являются патологическими изменениями жировой клетчатки коленного сустава,

которые также изучены в исследовании M.R. Abreu с соавторами [14]. В работах R. Campragna с соавторами [23] и Z. Jibri с соавторами [24] описаны патологические изменения в виде локального отека и фиброза жировой клетчатки. T.K. Subhawong с соавторами [25], а также ряд других авторов [24, 26, 27] выделили импинджмент-синдром верхнелатерального отдела жировой клетчатки как самостоятельную патологию жирового тела Гоффа, связывая его с изменениями в пателло-фemorальном сочленении. Однако в нашем исследовании, учитывая схожие патогенетические аспекты, клиническую картину и наглядную МР-картину с артроскопическим подтверждением было принято решение рассмотреть данный вид патологии в комплексе с остальными. Таким образом, в связи со сходством их патогенеза мы предлагаем рассматривать вышеописанные патологические изменения как разновидности болезни Гоффа, выделяя четыре морфологических синдрома в зависимости от локализации.

Итак, наиболее часто встречающейся патологией жировой клетчатки по результатам настоящего исследования определена «классическая» болезнь Гоффа (57%), однако импинджмент-синдром верхнелатерального отдела жировой клетчатки, синдром инфрапателлярной складки и синдром отрыва инфрапателлярной складки имеют не менее значимую роль в развитии болевого синдрома коленного сустава. Как указано ранее, все МР-исследования коленных суставов с патологическими изменениями были ретроспективно сопоставлены с данными лечебно-диагностической артроскопии. Расхождения диагнозов не отмечено, так как во всех этих случаях радиологические признаки патологии топически были нами правильно верифицированы и верно интерпретированы хирургом.

Для идентификации патологии жирового тела Гоффа необходима тщательная синхронизация клинических и морфологических изменений. Точная дифференцировка синдромов достигается знанием детальных анатомических и магнитно-резонансных особенностей жирового тела в норме и при патологии, что позволяет диагностировать причину развития болевого синдрома в передних отделах коленного сустава, установить верный диагноз и выбрать оптимальную лечебную тактику.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Стулов А.С. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста.

Тарасов А.Н. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста.

Литература [References]

1. Башуров З.К. Болезнь Гоффа коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 1995;(4):89-91. Bashurov Z.K. [Goffa disease of the knee]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 1995;(4):89-91. (In Russian).
2. Grando H., Chang E.Y., Chen K.C., Chung C.B. MR imaging of extrasynovial inflammation and impingement about the knee. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2014;22(4):725-741. DOI: 10.1016/j.mric.2014.07.011.
3. Eymard F., Chevalier X. Inflammation of the infrapatellar fat pad. *Joint Bone Spine*. 2016;83(4):389-393. DOI: 10.1016/j.jbspin.2016.02.016.
4. Rooney A., Wahba A.J., Smith T.O., Donell S.T. The surgical treatment of anterior knee pain due to infrapatellar fat pad pathology: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101(4):469-475. DOI: 10.1016.
5. Mikkilineni H., Delzell P.B., Andrish J., Bullen J., Obuchowski N.A., Subhas N. et al. Ultrasound evaluation of infrapatellar fat pad impingement: An exploratory prospective study. *Knee*. 2018;25(2):279-285. DOI: 10.1016.
6. Nemschak G., Pretterklieber M.L. The Patellar Arterial Supply via the Infrapatellar Fat Pad (of Hoffa): A Combined Anatomical and Angiographical Analysis. *Anat Res Int*. 2012;2012:1-10. DOI: 10.1155/2012/713838.
7. Гаврилюк В.В. Ультразвуковые признаки болезни Гоффа коленного сустава. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2012;(2):255-259. Gavriilyuk V.V. [Ultrasound signs of Goffa disease of the knee]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [Actual Problems of Humanitarian and Natural Sciences]. 2012;(2):255-259. (In Russian).
8. Saddik D., McNally E.G., Richardson M. MRI of Hoffa's fat pad. *Skeletal Radiol*. 2004;33(8):433-444. DOI: 10.1007/s00256-003-0724-z.
9. Гумеров А.А. Клинико-морфологические аспекты болезни Гоффа, болезнь Гоффа у детей. *Здравоохранение Башкортостана*. 2006;(2):143-144. Gumerov A.A. [Clinical-morphological aspects of the Goffa disease, Goffa disease in children]. *Zdravookhranenie Bashkortostana* [Health Care of Bashkortostan]. 2006;(2):143-144. (in Russian).
10. Stephen J.M., Sopher R., Tullie S., Amis A.A., Ball S., Williams A. The infrapatellar fat pad is a dynamic and mobile structure, which deforms during knee motion, and has proximal extensions which wrap around the patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(11):3515-3524. DOI: 10.1007/s00167-018-4943-1.
11. Fontanella C.G., Carniel E.L., Frigo A., Macchi V., Porzionato A., Sarasin G. et al. Investigation of biomechanical response of Hoffa's fat pad and comparative characterization. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2017;67:1-9. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2016.11.024.
12. Clockaerts S., Bastiaansen-Jenniskens Y.M., Runhaar J., Van Osch G.J., Van Offel J.F., Verhaar J.A. et al. The infrapatellar fat pad should be considered as an active osteoarthritic joint tissue: a narrative review. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010;18(7):876-882. DOI: 10.1016/j.joca.2010.03.014

13. Bravo B., Argüello J.M., Gortazar A.R., Forriol F., Vaquero J. Modulation of gene expression in infrapatellar fat pad-derived mesenchymal stem cells in osteoarthritis. *Cartilage*. 2018;9(1):55-62. DOI: 10.1177/1947603516686144.
14. Abreu M.R., Chung C.B., Trudell D., Resnick D. Hoffa's fat pad injuries and their relationship with anterior cruciate ligament tears: new observations based on MR imaging in patients and MR imaging and anatomic correlation in cadavers: new observations based on MR imaging in patients and MR imaging and anatomic correlation in cadavers. *Skeletal Radiol*. 2008;37(4):301-306. DOI:10.1007/s00256-007-0427-y.
15. Lapègue F., Sans N., Brun C., Bakouche S., Brucher N., Cambon Z. et al. Imaging of traumatic injury and impingement of anterior knee fat. *Diagn Interv Imaging*. 2016;97(7-8):789-807. DOI: 10.1016/j.diii.2016.02.012.
16. De Smet A.A., Davis K.W., Dahab K.S., Blankenbaker D.G., del Rio A.M., Bernhardt D.T. Is there an association between superolateral Hoffa fat pad edema on MRI and clinical evidence of fat pad impingement? *AJR Am J Roentgenol*. 2012;199(5):1099-1104. DOI: 10.2214/AJR.12.8798.
17. Matcuk G.R. Jr, Cen S.Y., Keyfes V., Patel D.B., Gottsegen C.J., White E.A. Superolateral Hoffa fat-pad edema and patellofemoral maltracking: predictive modeling. *AJR Am J Roentgenol*. 2014;203(2):W207-212. DOI: 10.2214/AJR.13.11848.
18. Ozkur A., Adaletli I., Sirikci A., Kervancioglu R., Bayram M. Hoffa's recess in the infrapatellar fat pad of the knee on MR imaging. *Surg Radiol Anat*. 2005;27(1):61-63. DOI: 10.1007/s00276-004-0275-6.
19. Vahlensieck M., Linneborn G., Schild H., Schmidt H.M. Hoffa's recess: incidence, morphology and differential diagnosis of the globular-shaped cleft in the infrapatellar fat pad of the knee on MRI and cadaver dissections. *Eur Radiol*. 2002;12(1):90-93.
20. Jarraya M., Diaz L.E., Roemer F.W., Arndt W.F., Goud A.R., Guermazi A. MRI findings consistent with peripatellar fat pad impingement: how much related to patellofemoral maltracking? *Magn Reson Med Sci*. 2018;17(3):195-202. DOI: 10.2463/mrms.rev.2017-0063.
21. Lapègue F., Sans N., Brun C., Bakouche S., Brucher N., Cambon Z. et al. Imaging of traumatic injury and impingement of anterior knee fat. *Diagn Interv Imaging*. 2016;97(7-8):789-807. DOI: 10.1016/j.diii.2016.02.012.
22. Larbi A., Cyteval C., Hamoui M., Dallaudiere B., Zargane H., Viala P. et al. Hoffa's disease: a report on 5 cases. *Diagn Interv Imaging*. 2014;95(11):1079-1084. DOI: 10.1016/j.diii.2014.06.009.
23. Campagna R., Pessis E., Biau D.J., Guerini H., Feydy A., Thevenin F.S. et al. Is superolateral Hoffa Fat Pad edema a consequence of impingement between lateral femoral condyle and Patellar ligament? *Radiology*. 2012;263(2):469-474. DOI: 10.1148/radiol.12111066.
24. Jibri Z., Martin D., Mansour R., Kamath S. The association of infrapatellar fat pad oedema with patellar maltracking: a case-control study. *Skeletal Radiol*. 2012;41(8):425-431. DOI: 10.1007/s00256-011-1299-8.
25. Subhawong T.K., Eng J., Carrino J.A., Chhabra A. Hoffa's fat pad edema: association with patellofemoral maltracking. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;195(6): 1367-1373. DOI: 10.2214/AJR.10.4668.
26. Widjajahakim R., Roux M., Jarraya M., Roemer F.W., Neogi T., Lynch J.A. et al. Relationship of trochlear morphology and patellofemoral joint alignment to superolateral Hoffa fat pad edema on mr images in individuals with or at risk for osteoarthritis of the knee: the MOST study. *Radiology*. 2017;284(3):806-814. DOI: 10.1148/radiol.2017162342.
27. Jarraya M., Guermazi A., Felson D.T., Roemer F.W., Nevitt M.C., Torner J. et al. Is superolateral Hoffa's fat pad hyperintensity a marker of local patellofemoral joint disease? - The MOST study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2017;25(9):1459-1467. DOI: 10.1016/j.joca.2017.05.020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Стулов Андрей Сергеевич — врач-рентгенолог, Медицинский институт им. Березина Сергея (МИБС); аспирант кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Астрахань

Тарасов Алексей Николаевич — д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Астрахань

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Andrey S. Stulov — radiologist, Berezin Sergey Medical Institute; PhD student, Department of Traumatology and Orthopedics, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation

Aleksei N. Tarasov — Dr. Sci. (Med.), assistant professor, professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation

Комментарий к статье «Диагностика болезни Гоффа методом магнитно-резонансной томографии»

С.С. Багненко

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург, Россия

Comment to the Article „Magnetic Resonance Imaging of Hoffa’s Fat Pad“

S.S. Bagnenko

Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

В настоящее время изменение жировых тел и синовиальных оболочек коленного сустава, особенно в сочетании с патологией других его компонентов (связки, хрящ, мениски и сухожилия), все чаще рассматривают как одну из причин развития болевого синдрома. В литературе достаточно широко освещена семиотика изменений мягкотканых структур сустава при импинджмент-синдроме и болезни жирового тела Гоффа [1–3]. Работ, посвященных изменениям инфрапателлярной синовиальной складки, особенно как причины болевого синдрома и дистрофических изменений прилежащих структур, значительно меньше. Комплексные исследования состояния жирового тела Гоффа с попыткой упорядочить магнитно-резонансную семиотику рассматриваемых изменений встречаются редко. Поэтому рассматриваемая работа представляет очевидный интерес как для травматологов, так и для специалистов лучевой диагностики, работающих в данной сфере.

Авторами поставлены две задачи: изучить и систематизировать МР-семиотику патологических изменений жировой клетчатки при различных морфологических вариантах болезни Гоффа, а также определить наиболее частые варианты нормального строения жирового тела (в контексте дифференциальной диагностики с па-

тологией). Большая выборка пациентов в основной группе ($n = 86$) позволяет полноценно проанализировать основные аспекты МР-семиотики различных морфологических вариантов болезни, косвенно судить о распространенности каждого из них. Иллюстративный материал показателен и достаточен. Такой важный аспект, как подтверждение результатов лучевого обследования при артроскопии у всех пациентов основной группы, определяет особую ценность данной работы. Большое значение имеют результаты обследования контрольной группы, позволяющие полноценно охарактеризовать нормальные анатомические варианты строения жирового тела Гоффа. Результаты, полученные автором в этом плане, не подвергаются сомнению и совпадают с данными опубликованных работ [4, 5].

Объединение автором четырех нозологических форм («классической» болезни Гоффа, синдрома инфрапателлярной складки, синдрома отрыва инфрапателлярной складки и импинджмент-синдрома верхнелатерального отдела жировой клетчатки) в одну группу не противоречит логике. Общность морфологических изменений клетчатки и клинических проявлений заболеваний объединяет ранее указанные состояния. В опубликованных обзорных статьях по данной теме эти состояния часто рассматриваются в комплексе друг с другом [2, 6], причем систематизация патологических изменений сустава обычно базируется на этиологическом факторе. Однако в условиях длительного течения заболевания ведущую роль в формировании болевого синдрома нередко играют вторичные морфологические

• Комментарий к статье

Стулов А.С., Тарасов А.Н. Диагностика болезни Гоффа методом магнитно-резонансной томографии. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):134-140. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-134-140.

Багненко С.С. Комментарий к статье «Диагностика болезни Гоффа методом магнитно-резонансной томографии». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):141-142. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-141-142.

Cite as: Bagnenko S.S. [Comment to the Article „Magnetic Resonance Imaging of Hoffa’s Fat Pad“]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):141-142. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-141-142.

Багненко Сергей Сергеевич / Sergei S. Bagnenko; e-mail: bagnenko_ss@mail.ru

изменения тканей, которые вне зависимости от первопричины во многом схожи. Характеристика подобных изменений, протекающих с поражением жирового тела Гоффа и прилежащих отделов синовиальной оболочки, со стороны общности патоморфологических изменений и лучевой картины имеет большее значение, а сам подход к рассматриваемому вопросу демонстрирует новизну.

В целом в статье рассмотрены актуальные вопросы современной медицинской науки. Выводы соответствуют цели научного исследования. Обследование пациентов выполнено на современном оборудовании с применением правильной методики. Материал достаточен для точных и верных ответов на поставленные автором задачи. В то же время нельзя не отметить некоторые недостатки, требующие доработки в последующих исследованиях. Так отмечается определенное несоответствие возрастных категорий пациентов основной и контрольной групп. В первом случае возраст обследованных доходил до 57 лет, а во втором – лишь до 32. Средние значения данного показателя и среднее квадратическое его отклонение не представлены. Нет информации о возрасте пациентов в отдельных подгруппах с различными вариантами болезни Гоффа. В разделе, посвященном изучению нормальной анатомии жирового тела, отсутствует, к сожалению, иллюстративный материал. Данные моменты несколько снижают информативность статьи, однако на общее положительное впечатление не влияют.

Рассуждая о возможных дальнейших исследованиях в рамках рассматриваемой темы, следует отметить важность изучения возрастных особенностей инфрапателлярного жирового тела в норме и в структуре дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава [7]. В настоящее время идет поиск статистически значимых корреляций объема жирового тела Гоффа и, например, полости сустава, объема надколенника и индекса массы тела [8, 9]. Активно развиваются методы полуквантитативной оценки выраженности патологических изменений жирового тела, «парапателлярно-го» синовита [10, 11].

Динамическое наблюдение пациентов с патологическими изменениями жирового тела посттравматического генеза или имеющих определенные варианты развития, аномалии строения коленного сустава, позволило бы определить отсутствие или наличие их потенцирующего влияния на развитие дегенеративных изменений других структур (хря-

щевого покрытия, костных структур, менисков, связок). А это, в свою очередь, позволило бы говорить о влиянии рассматриваемых изменений на качество жизни пациента в целом и поиске новых путей его улучшения.

Литература [References]

1. Dragoo J.L., Johnson C., McConnell J. Evaluation and Treatment of Disorders of the Infrapatellar Fat Pad. *Sports Med.* 2012;2(1):51-67. DOI:10.2165/11595680-000000000-00000.
2. Saddik D., McNally E.G., Richardson M. MRI of Hoffa's fat pad. *Skelet Radiol.* 2004;33(8):433-444. DOI:10.1007/s00256-003-0724-z.
3. Roemer F.W., Jarraya M., Felson D.T., Hayashi D., Crema M.D., Loeuille D. et al. Magnetic resonance imaging of Hoffa's fat pad and relevance for osteoarthritis research: a narrative review. *Osteoarthritis Cartilage.* 2016;24:383-397. DOI: 10.1016/j.joca.2015.09.018.
4. Snoeckx A., Vanhoenacker F.M., Gielen J.L., Van Dyck P., Parizel P.M. Magnetic resonance imaging of variants of the knee. *Singapore Med J.* 2008;49(9):734-744.
5. Aydingöz U., Oguz B., Aydingöz O., Bayramoglu A., Demiryürek D., Akgün I. et al. Recesses along the posterior margin of the infrapatellar (Hoffa's) fat pad: prevalence and morphology on routine MR imaging of the knee. *Eur Radiol.* 2005;15:988-994. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-004-2457-3>
6. Stephen R.C., Anderson M.B., Workman R., Conway W.F., Pope T.L. Imaging of Anterior Knee Pain. *Clin Sports Med.* 2006;25(4):681-702. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2006.06.010>.
7. Chuckpaiwong B., Charles H.C., Kraus V.B., Guilak F., Nunley J.A. Age-associated increases in the size of the infrapatellar fat pad in knee osteoarthritis as measured by 3T MRI. *J Orthop Res.* 2010;28:1149-1154. DOI: 10.1002/jor.21125.
8. Burda B., Steidle-Kloc E., Dannhauer T., Wirth W., Ruhdorfer A., Eckstein F. Variance in infra-patellar fat pad volume: Does the body mass index matter? Data from osteoarthritis initiative participants without symptoms or signs of knee disease. *Ann Anat.* 2017;213:19-24. DOI: 10.1016/j.aanat.2017.04.004
9. Ballegaard C., Riis R.G.C., Bliddal H., Christensen R., Henriksen M., Bartels E.M. et al. Knee pain and inflammation in the infrapatellar fat pad estimated by conventional and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in obese patients with osteoarthritis: a cross-sectional study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2014;22:933-940. DOI: 10.1016/j.joca.2014.04.018.
10. Hagiwara S., Yang A., Takao S., Kaneko Y., Nozaki T., Yoshioka H. New scoring system in assessment of Hoffa's fat pad synovitis: A comparative study with established scoring systems. *World J Radiol.* 2018;10(11):162-171. DOI: 10.4329/wjr.v10.i11.162.
11. Hunter D.J., Guermazi A., Lo G.H., Grainger A.J., Conaghan P.G., Boudreau R.M. et al. Evolution of semi-quantitative whole joint assessment of knee OA: MOAKS (MRI Osteoarthritis Knee Score). *Osteoarthritis Cartilage.* 2011;19:990-1002. DOI: 10.1016/j.joca.2011.05.004.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Багненко Сергей Сергеевич — д-р мед. наук, доцент кафедры рентгенологии и радиологии, ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Sergei S. Bagnenko — Dr. Sci. (Med.), assistant professor, Department of Roentgenology and Radiology, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

Особенности диагностики частичных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава

А.Н. Логвинов^{1,2}, Д.О. Ильин¹, П.М. Каданцев^{1,2}, О.В. Макарьева¹, М.Е. Бурцев¹,
М.С. Рязанцев¹, Н.Е. Магнитская¹, А.В. Фролов^{1,2}, А.В. Королев^{1,2}

¹ Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), Москва, Россия

² ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

Реферат

Частичные разрывы вращательной манжеты являются наиболее часто встречаемой патологией плечевого сустава. Диагностика таких состояний является сложной задачей для травматолога. **Цель исследования** — оценить значимость клинических тестов и стандартной МРТ плечевого сустава при диагностике частичных разрывов сухожилия надостной мышцы плечевого сустава. **Материал и методы.** Исследование представляет ретроспективный анализ историй болезней 25 пациентов (15 мужчин и 10 женщин), проходивших лечение в период с 2014 по 2017 г. Осмотр выполнялся по стандартизированному протоколу: оценка объема движений в плечевых суставах, пальпация, мануальное тестирование, в том числе тесты «full/empty can», симптом болезненной дуги и тест Hawkins–Kennedy. В рамках обследования всем пациентам выполняли МРТ плечевого сустава. Средний возраст пациентов на момент лечения 50,8 лет. «Золотым стандартом» диагностики считалась артроскопическая ревизия плечевого сустава. **Результаты.** В результате анализа данных были получены следующие значения: чувствительность теста «full can» — 68%, точность 68%; чувствительность и точность теста «empty can» составляют по 76% соответственно. Чувствительность МРТ в диагностике повреждения сухожилия надостной мышцы составила 84%, точность 84%. Комбинация теста Hawkins–Kennedy с симптомом болезненной дуги показала следующие результаты: точность и чувствительность — 64%. В рамках исследования проведена оценка эффективности МРТ в диагностике типа разрыва: чувствительность для повреждения со стороны суставной поверхности — 80%, со стороны субакромиального пространства — 70%; специфичность для разрывов со стороны суставной поверхности — 90%, для разрывов со стороны субакромиального пространства — 93%. Точность составила 84% для обоих типов разрывов. **Заключение.** Совместное применение мануальных тестов и МРТ плечевого сустава позволяет диагностировать частичный разрыв вращательной манжеты в большинстве случаев.

Ключевые слова: частичный разрыв, вращательная манжета, плечевой сустав, диагностика.

DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-143-149

Features of Partial Rotator Cuff Tears Diagnostics

A.N. Logvinov^{1,2}, D.O. Ilyin¹, P.M. Kadantsev^{1,2}, O.V. Makarieva¹, M.E. Burtsev¹,
M.S. Ryazantsev¹, N.E. Magnitskaya¹, A.V. Frolov^{1,2}, A.V. Korolev^{1,2}

¹ European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics (ECSTO), Moscow, Russian Federation

² Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Abstract

Partial rotator cuff tears are the most common pathology of the shoulder joint. Diagnostic of such conditions is a challenging problem for trauma surgeon. **Purpose of the study** is to analyze the diagnostic significance of manual

Логвинов А.Н., Ильин Д.О., Каданцев П.М., Макарьева О.В., Бурцев М.Е., Рязанцев М.С., Магнитская Н.Е., Фролов А.В., Королев А.В. Особенности диагностики частичных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):143-149. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-143-149.

Cite as: Logvinov A.N., Ilyin D.O., Kadantsev P.M., Makarieva O.V., Burtsev M.E., Ryazantsev M.S., Magnitskaya N.E., Frolov A.V., Korolev A.V. [Features of Partial Rotator Cuff Tears Diagnostics]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):143-149. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-143-149.

✉ Логвинов Алексей Николаевич / Aleksei N. Logvinov; e-mail: alogvinov@emcmos.ru

Рукопись поступила/Received: 15.08.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 17.01.2019.

tests and the standard MRI of the shoulder joint. **Materials and Methods.** The study is a retrospective analysis of disease history data of 25 patients (15 males, 10 females) treated at the authors' hospital during the period from 2014 to 2017. Examination was performed according to a standard protocol: assessment of shoulder range of motion, palpation, manual examination, including "full/empty can" test, a painful arc symptom and the Hawkins–Kennedy test. All patients underwent MRI of the shoulder joint. The mean age of patients was 50.8 years. Shoulder joint arthroscopic inspection was considered the gold standard for diagnostics. **Results.** After data analysis, the following results were obtained: sensitivity of the "full can" test was 68%, the accuracy was 68%; "empty can" test sensitivity and accuracy were 76%, respectively. MRI sensitivity for diagnostics of supraspinatus tendon ruptures was 84% with the accuracy of 84%. The combination of the Hawkins–Kennedy test with the symptom of painful arch demonstrated accuracy and sensitivity of 64%. The study evaluated the effectiveness of MRI for diagnostic of the rupture type: sensitivity for injury from the joint surface — 80%, from the subacromial space — 70%; specificity for ruptures from the articular surface — 90% and from the subacromial space — 93%. The accuracy was 84% for both types of ruptures. **Conclusions.** Combined application of manual tests and MRI of the shoulder joint allows to diagnose partial rotator cuff tears in the majority of cases.

Keywords: partial tear, rotator cuff, shoulder joint, diagnostics.

Введение

Боль в плечевом суставе является третьей по частоте встречаемости патологией в структуре всех заболеваний опорно-двигательной системы [1]. Повреждение вращательной манжеты — одна из наиболее частых патологий плечевого сустава — от 60 до 86% случаев в популяции [2–4]. При этом частота неполнослойных (частичных) разрывов почти в два раза превышает частоту полнослойных и варьирует от 13 до 32% [5–7]. По данным Н.М. Кондырева с соавторами, во время первичного обращения в лечебное учреждение неверный диагноз был поставлен у 12,5% пациентов с изолированными повреждениями вращательной манжеты [8].

Слабость и потеря функции конечности — наиболее яркие симптомы повреждения вращательной манжеты, но при частичных разрывах клиническая картина может сильно варьировать и представлять сложную диагностическую задачу для травматолога [5, 9]. Частичные разрывы вращательной манжеты чаще всего проявляются снижением функциональных возможностей плечевого сустава. При клиническом осмотре могут обращать на себя внимание положительные тесты на субакромиальный импинджмент-синдром, повреждение вращательной манжеты, ограничение движений и боль при движениях выше горизонтальной плоскости [5]. Для диагностики повреждений мягкотканых структур плечевого сустава на текущий момент доступны следующие виды обследования: УЗИ, МРТ, МР-артрография и КТ-артрография [9–11].

В отечественной и зарубежной литературе проблема диагностики и лечения частичных разрывов освещена недостаточно.

Цель исследования — оценить значимость клинических тестов и стандартной МРТ при диагностике частичных разрывов сухожилия надостной мышцы плечевого сустава.

Материал и методы

Дизайн исследования: ретроспективный анализ историй болезни и данных МРТ-исследования у пациентов, проходивших лечение в период с 2014 по 2017 г.

Были отобраны 25 пациентов с диагнозом «частичный разрыв сухожилия надостной мышцы»: 15 мужчин (60%) и 10 женщин (40%). Медиана возраста пациентов на момент лечения составила 49 лет (интерквартильный размах 45–53).

Критерии включения пациентов в исследование: подробная карта осмотра пациента до операции, МРТ плечевого сустава и артроскопическая операция. В качестве «золотого стандарта» использовали результаты артроскопической ревизии.

Первично все пациенты были осмотрены по стандартизированному протоколу двумя хирургами с занесением результатов в карту осмотра. Протокол включал в себя: оценку объема движений в плечевых суставах, оценку мышечной силы и чувствительности при пальпации, специализированные клинические тесты, в том числе: тест «full can» и «empty can», симптом болезненной дуги и тест Hawkins–Kennedy. Всем пациентам была выполнена МРТ плечевого сустава на высокопольном томографе с напряженностью магнитного поля 1.5 Тл (Siemens MAGNETOM Aera), толщина срезов 3 мм.

Протокол МРТ состоял из получения изображений в трех плоскостях: косая коронарная, косая сагиттальная и аксиальная с применением импульсных последовательностей в T2-взвешенном изображении (ВИ) в режиме градиентного эха — FFE_T2W, изображений, взвешенных по протонной плотности — TSE PDW, также с использованием эффекта подавления сигнала от жировой ткани — TSE PD SPAIR. Проводилась оценка следующих структур: сухожилия вращательной манжеты, длинной головки двуглавой мышцы плеча,

субакромиального пространства. Оценивалась локализация и распространенность разрыва сухожилий вращательной манжеты с указанием точной локализации разрыва.

В качестве основных характеристик диагностической эффективности тестов и МРТ оценивали следующие показатели:

- чувствительность — отношение истинно положительных результатов к сумме истинно положительных и ложноотрицательных;

- специфичность — отношение истинно отрицательных результатов к сумме истинно отрицательных и ложноположительных;

- прогностическая ценность положительного ответа — отношение истинно положительных результатов к сумме истинно положительных и ложноположительных;

- прогностическая ценность отрицательного ответа — отношение истинно отрицательных результатов к сумме истинно отрицательных и ложноотрицательных.

- точность — отношение истинных ответов к сумме всех ответов.

Для некоторых исследуемых параметров невозможно было оценить все показатели ввиду ретроспективной модели исследования.

«Золотым стандартом» считались результаты лечебно-диагностической артроскопии плечевого сустава. Хирургическое лечение выполнялось двумя хирургами стандартным артроскопическим методом в положении пациента «пляжное кресло» или в латеральной декубитальной позиции, в зависимости от предпочтений хирурга. Проводился тщательный осмотр плечевого сустава из стандартных артроскопических портов с занесением результатов осмотра в протокол операции. Далее устанавливались дополнительные порты для дальнейших манипуляций. Период между проведением осмотра, МРТ-исследования исследованием и хирургическим лечением составил не более 3 мес.

Все полученные данные заносились в стандартизованную таблицу MS Office Excel, обработка результатов проводилась по стандартным формулам расчета чувствительности, специфичности, точности, прогностической ценности положительного ответа и прогностической ценности отрицательного ответа.

Результаты

Травматический механизм повреждения вращательной манжеты был выявлен у 11 из 25 (44%) пациентов, у 14 (56%) пациентов боли появились на фоне регулярных перегрузок плечевого сустава. Распространенность повреждения вращательной манжеты составила: 60% (у 15 пациентов) со стороны суставной поверхности и 40% (у 10 пациен-

тов) со стороны субакромиального пространства. У всех пациентов были выявлены сопутствующие повреждения на дооперационном этапе.

При клиническом осмотре у 5 (20%) пациентов было выявлено ограничение отведения и наружной ротации в плечевом суставе в сравнении с контралатеральной стороной. У 19 (76%) встретились клинические признаки нестабильности сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча. Положительный тест «full can» был выявлен у 17 (68%) пациентов, тест «empty can» — у 19 (76%). Симптом болезненной дуги и тест Hawkins – Kennedy присутствовал у 15 (60%) больных. Повреждение сухожилий подлопаточной и подостной мышц было заподозрено у 7 (28%) пациентов. Стоит отметить, что разрыв сухожилия надостной мышцы носил дегенеративный характер. Нарушения сна и ночная боль присутствовали у 8 (32%) пациентов.

По результатам МРТ у 19 (76%) пациентов были выявлены признаки теносиновита или подвывиха сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча. Диагноз частичный разрыв вращательной манжеты был поставлен в 21 (84%) случае, в 4 (16%) наблюдениях зона разрыва на МРТ однозначно не визуализировалась (рис. 1). Сухожилие было представлено выраженным отеком на жидкостных срезах, был поставлен диагноз «тендинопатия» (рис. 2). Разрывы со стороны субакромиального пространства были определены у 13 (52%) пациентов, у 8 (32%) было выявлено повреждение со стороны суставной поверхности (рис. 2). Все разрывы были 2-3 степени по классификации Н. Ellman [12]. Интерстициальные и комбинированные разрывы не встречались.

В результате анализа сформированной базы данных с учетом результатов артроскопического осмотра было выявлено, что чувствительность теста «full can» составляет 68%, точность — 68%, прогностическая ценность положительного ответа — 100%. Для теста «empty can» как чувствительность, так и точность составляют 76%, прогностическая ценность положительного ответа — 100%. Чувствительность МРТ в диагностике повреждения сухожилия надостной мышцы составила 84%, точность — 84%, прогностическая ценность положительного ответа — 100%. Для данных параметров специфичность не оценивалась в связи с дизайном исследования (этот признак присутствовал у всех пациентов в исследуемой группе).

Симптом ночной боли не является высокочувствительным для пациентов с частичными разрывами сухожилия надостной мышцы, чувствительность и точность достигает 36%. Сопоставимые результаты были получены при диагностике контрактуры плечевого сустава — чувствительность и точность по 20% соответственно.

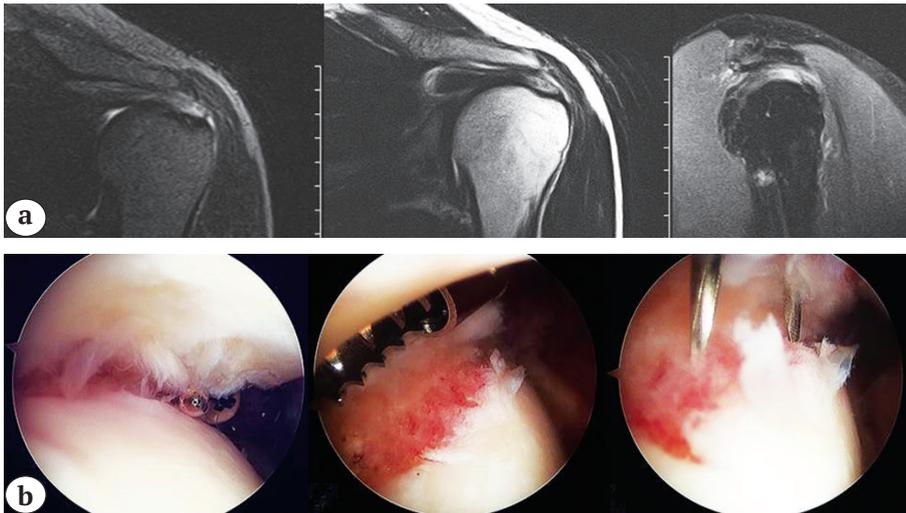


Рис. 1. Выраженная тендинопатия надостной мышцы:
а — на томограммах;
б — артроскопическая картина — иглками маркирована зона разрыва
Fig. 1. Severe tendinopathy of supraspinatus muscle:
a — tomography;
b — arthroscopic views — needles mark the site of rupture

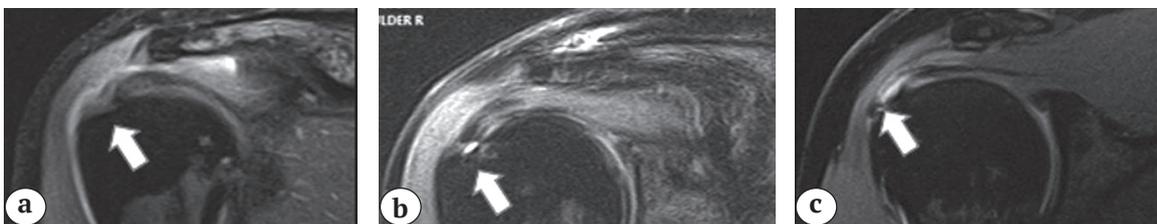


Рис. 2. Виды разрывов вращательной манжеты по данным МРТ:
а — тендинопатия сухожилия надостной мышцы; б — разрыв со стороны суставной поверхности;
с — разрыв со стороны субакромиального пространства
Fig. 2. MRI types of rotator cuff ruptures: a — tendinopathy of supraspinatus tendon; b — rupture on the side of articular surface; c — rupture on the side of subacromial space

При клиническом осмотре тест Hawkins–Kennedy в комбинации с симптомом болезненной дуги для диагностики субакромиального импинджмент-синдрома показали чувствительность — 67%, специфичность — 100%, точность — 68%, прогностическая ценность положительного ответа — 100%, прогностическая ценность отрицательного ответа — 11%. А в диагностике частичных разрывов вращательной манжеты точность и чувствительность — 64%, прогностическая ценность положительного ответа — 100%.

МРТ в диагностике субакромиального импинджмент-синдрома показала чувствительность в 79%, специфичность — 100%, точность — 76%. Прогностическая ценность положительного ответа — 100%, прогностическая ценность отрицательного ответа — 17%. Положительным ответом считалось выявление отека в области субакромиальной бursy или остеофитов акромиона или комбинация признаков.

Также была проведена оценка эффективности МРТ в диагностике типа разрыва: чувствительность для повреждения со стороны суставной поверхности — 80%, со стороны субакромиального пространства — 70%; специфичность для разрывов со стороны суставной поверхности — 90%,

для разрывов со стороны субакромиального пространства — 93%. Точность составила 84% для обоих типов разрывов. Прогностическая ценность положительного ответа для повреждения со стороны суставной поверхности — 92%, прогностическая ценность отрицательного ответа — 75%. Прогностическая ценность положительного ответа для разрыва со стороны субакромиального пространства — 87,5%, прогностическая ценность отрицательного ответа — 82%.

Обсуждение

Полученные нами в результате исследования данные сопоставимы с данными зарубежных авторов [13–15]. Согласно систематическому обзору P.C. Hughes с соавторами, чувствительность теста Hawkins–Kennedy составляет 82%, специфичность — 92%, прогностическая ценность положительного ответа — 91,1%, прогностическая ценность отрицательного ответа 83,6% [13].

Н.В. Park с соавторами получили следующие результаты: чувствительность теста «empty can» — 32,1%, специфичность — 67,8%; чувствительность теста болезненной дуги — 67,4%, специфичность — 47%, чувствительность теста Hawkins–Kennedy — 75,4%, специфичность — 47,5% [15]. По данным ко-

гортного исследования J.H. Villafañe с соавторами, тест «empty can» обладает чувствительностью 76%, специфичностью 90%, прогностической ценностью положительного ответа 90,5%, прогностической ценностью отрицательного ответа 79,3% [16]. По данным исследования R. Holtby и H. Razmjou, чувствительность теста «empty can» составляет 62%, специфичность — 54% [17].

Результаты проведенного нами исследования показали, что клинические тесты «full can» и «empty can» изолированно не обладают высокой чувствительностью и точностью в диагностике частичных разрывов вращательной манжеты. Тест Hawkins–Kennedy в комбинации с симптомом болезненной дуги показал одинаковую чувствительность и точность при диагностике частичного разрыва вращательной манжеты и субакромиального импинджмент-синдрома. Симптом ночной боли и контрактура плечевого сустава показали низкую чувствительность и точность для частичного разрыва сухожилия надостной мышцы.

Наши результаты совпадают с выводами, сделанными J. Xiao с соавторами, о том, что ночная боль не является клинически значимым симптомом. Авторы выявили, что ночная боль чаще встречается у пациентов с разрывом Ellman 3, что может свидетельствовать о прогрессировании частичного разрыва сухожилий вращательной манжеты [18].

Согласно данным К.М. Burbank, возраст старше 40 лет, слабость при нагрузочных тестах на вращательную манжету, болезненная дуга, ночная боль и положительные тесты на импинджмент-синдром являются компонентами анамнеза и клинического осмотра пациентов с патологией вращательной манжеты [19].

Частичные разрывы вращательной манжеты чаще всего проявляются снижением функциональных возможностей плечевого сустава из-за болевых ощущений при повышенной физической нагрузке у спортсменов и людей, работа которых связана с тяжелым физическим трудом. Характерный анамнез, в том числе ночная боль, и применение всех клинических тестов позволяют выявить наличие частичного разрыва вращательной манжеты плечевого сустава в большинстве случаев. Полученные результаты доказывают высокую ценность МРТ для верификации локализации и размера частичного разрыва на этапе диагностики повреждения вращательной манжеты.

Рутинная МРТ обладает большей чувствительностью в сравнении с клиническими тестами. Полученные нами данные сопоставимы с результатами зарубежных и отечественных работ [19–21].

Т.О. Smith с соавторами провели мета-анализ 44 исследований и сообщили о следующих результатах: чувствительность и специфичность МРТ при диагностике частичных разрывов составляет 81%

и 82% соответственно. При полнослойных разрывах диагностическая точность МРТ высока, но значительно более ограничена для выявления частичных разрывов [22]. При оценке протоколов МРТ основной проблемой стала дифференциальная диагностика между тендинопатией и частичным разрывом. Также в процессе исследования мы выявили отсутствие 100% точности и специфичности МРТ при оценке локализации разрыва со стороны субакромиального пространства и со стороны суставной поверхности. Окончательно локализацию и распространенность частичного разрыва вращательной манжеты можно выявить только во время артроскопической ревизии. В нашей работе не было выявлено прямой зависимости между локализацией разрыва и тяжестью тендинопатии. К. Yeу с соавторами также отмечают трудности при диагностике различий между выраженной тендинопатией и частичным разрывом вращательной манжеты на МРТ [23]. Аналогичные проблемы были описаны и в работе М.В. Zlatkin с соавторами [24]. Т. Magee считает, что нередко патогенез частичных разрывов вращательной манжеты связан с повторяющейся микротравмой, что в результате приводит к снижению яркости МР-сигнала от окружающих тканей [25].

М. Brockmayer с соавторами в своем исследовании пришли к выводу, что комбинация тестов с проведением МРТ не увеличивает чувствительность [26]. Однако полученные нами данные показывают, что МРТ-исследование в сочетании с проведением тестов позволяет достичь максимальной чувствительности.

Методами выбора для диагностики частичных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава являются прямая МР-артрография и МРТ в положении ABER (отведение и наружная ротация). Оба эти метода показывают высокую эффективность при диагностике частичных разрывов вращательной манжеты. Чувствительность и специфичность для МР-артрографии составляет от 86% и 96% соответственно, а для МРТ в ABER позиции — 92% и 70% соответственно [20, 27].

Ограничения исследования заключаются в отсутствии интерстициальных и комбинированных разрывов в выборке пациентов, а также в его ретроспективной модели, что не позволило полноценно оценить специфичность, чувствительность и точность методов.

Заключение

Тесты «full can» и «empty can», тест Hawkins–Kennedy в комбинации с симптомом болезненной дуги обладают значимой чувствительностью в отношении частичных разрывов вращательной манжеты. Рутинная МРТ плечевого сустава обладает высокой чувствительностью и точностью. Совместное

применение клинических методов обследования и МРТ позволяют диагностировать частичный разрыв вращательной манжеты в большинстве случаев и корректно определить тактику лечения. Ночная боль и ограничение движений в плечевом суставе не обладают достаточной чувствительностью и точностью для определения частичного разрыва.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Логвинов А.Н. — анализ научных литературных источников, формирование гипотезы, статистический анализ материала, формулировка научных положений.

Ильин Д.О. — сбор материала, формирование идеи и гипотезы, формулировка научных положений.

Каданцев П.М. — анализ литературных источников.

Макарьева О.В. — статистический анализ материала.

Бурцев М.Е. — сбор материала и подготовка базы данных.

Рязанцев М.С. — сбор материала и подготовка базы данных.

Магнитская Н.Е. — сбор материала и подготовка базы данных.

Фролов А.В. — сбор материала, формирование идеи и гипотезы, формулировка научных положений.

Королев А.В. — постановка цели исследования, выбор объекта исследования, определение и формирование идеи и гипотезы, формулировка научных положений.

Литература [References]

- Ostor A.J., Richards C.A., Prevost A.T., Speed C.A., Hazleman B.L. Diagnosis and relation to general health of shoulder disorders presenting to primary care. *Rheumatology (Oxford)*. 2005;44(6):800-805. DOI: 10.1093/rheumatology/keh598.
- Matava M.J., Purcell D.B., Pudzki J.R. Partial-thickness rotator cuff tears. *Am J Sports Med*. 2005;33(9):1405-1417. DOI: 10.1177/0363546505280213.
- Naredo E., Aguado P., Miguel E.D., Uson J., Mayordomo L., Gijon-Baños J., Martin-Mola E. Painful shoulder: comparison of physical examination and ultrasonographic findings. *Ann Rheum Dis*. 2002;61(2):132-136. DOI: 10.1136/ard.61.2.132.
- Sharma G., Bhandary S., Khandige G., Kabra U. Mr imaging of rotator cuff tears: correlation with arthroscopy. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(5):TC24-TC27. DOI: 10.7860/JCDR/2017/27714.9911.
- Matthewson G., Beach C.J., Nelson A.A., Woodmass J.M., Ono Y., Boorman R.S. et al. Partial Thickness Rotator Cuff Tears: Current Concepts. *Adv Orthop*. 2015;2015:458786. DOI: 10.1155/2015/458786.
- Randelli P., Cucchi D., Ragone V., Girolamo L., Cabitza P., Randelli M. History of rotator cuff surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(2):344-362. DOI: 10.1007/s00167-014-3445-z.
- Tashjian R.Z. Epidemiology, natural history, and indications for treatment of rotator cuff tears. *Clin Sports Med*. 2012;31(4):589-604. DOI: 10.1016/j.csm.2012.07.001.
- Кондырев Н.М., Копенкин С.С., Скороглядоев А.В. Ранняя диагностика повреждений вращательной манжеты плеча. *Вестник РУДН, Серия: Медицина*. 2016; (1):68-75. Kondyrev N.M., Kopenkin S.S., Skoroglyadov A.V. [Early diagnosis of the rotator cuff damage]. *Vestnik RUDN. Seriya: Meditsina*. 2016;(1):68-75. (In Russian).
- Grant J.A., Miller B.S., Jacobson J.A., Morag Y., Bedi A., Carpenter J.E. Intra- and inter-rater reliability of the detection of tears of the supraspinatus central tendon on MRI by shoulder surgeons. *J Shoulder Elbow Surg*. 2013;22(6):725-731. DOI: 10.1016/j.jse.2012.08.011.
- Roy J.S., Braen C., Leblond J., Desmeules F., Dionne C.E., MacDermid J.C. et al. Diagnostic accuracy of ultrasonography, MRI and MR arthrography in the characterization of rotator cuff disorders: a systematic review and metaanalysis. *Br J Sports Med*. 2015;49(20):1316-1328. DOI: 10.1136/bjsports-2014-094148.
- Шаях А.Б.С. МР-диагностика повреждений вращательной манжеты плечевого сустава. *Радиология – практика*. 2002;(1):32-35. Shayah A.B.S. [MR-diagnostic of shoulder rotator cuff injuries]. *Radiologiya – praktika [Radiology – Practice]*. 2002;(1):32-35. (In Russian).
- Ellman H. Diagnosis and treatment of incomplete rotator cuff tears. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;(254):64-74.
- Hughes P.C., Taylor N.F., Green R.A. Most clinical tests cannot accurately diagnose rotator cuff pathology: a systematic review. *Aust J Physiother*. 2008;54(3):159-170. DOI: 10.1016/S0004-9514(08)70022-9.
- Jain N.B., Luz J., Higgins L.D., Dong Y., Warner J.J., Matzkin E., Katz J.N. The diagnostic accuracy of special tests for rotator cuff tear: the ROW cohort study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2017;96(3):176-183. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000566.
- Park H.B., Yokata A., Gill H.S., El Rassi G., McFarland E.G. Diagnostic accuracy of clinical tests for the different degrees of subacromial impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87(7):1446-1455. DOI: 10.2106/JBJS.D.02335.
- Villafañe J.H., Valdes K., Anselmi F., Pirali C., Negrini S. The diagnostic accuracy of five tests for diagnosing partial-thickness tears of the supraspinatus tendon: A cohort study. *J Hand Ther*. 2015;28(3):247-251; quiz 252. DOI: 10.1016/j.jht.2015.01.011.
- Holtby R., Razmjou H. Validity of the supraspinatus test as a single clinical test in diagnosing patients with rotator cuff pathology. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004;34(4):194-200. DOI: 10.2519/jospt.2004.34.4.194.
- Xiao J., Cui G.Q., Wang J.Q. Diagnosis of bursal-side partial-thickness rotator cuff tears. *Orthop Surg*. 2010;2(4):260-265. DOI: 10.1111/j.1757-7861.2010.00097.x.
- Burbank K.M., Stevenson J. H., Czarniecki G. R., Dorfman J. Chronic shoulder pain: Part I. Evaluation and diagnosis. *Am Fam Physician*. 2008;77(4):453-460.0.
- Jesus J.O., Parker L., Frangos A.J., Nazarian L.N. Accuracy of MRI, MR arthrography, and ultrasound in the diagnosis of rotator cuff tears: a meta-analysis. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;192(6):1701-1707. DOI: 10.2214/AJR.08.1241.
- Гончаров Е.Н., Акимкина А.М., Знаменский И.А., Чибисов С.М., Лисаченко И.В., Юматова Е.А.

- Магнитно-резонансная томография в диагностике повреждений мягкотканых структур плечевого сустава. *Фундаментальные исследования*. 2012; (7, часть 1):76-79. Режим доступа: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30042>.
- Goncharov E.N., Akimkina A.M., Znamenskiy I.A., Chibisov S.M., Lisachenko I.V., Umatova E.A. [Magnetic resonance tomography in diagnostic shoulder joint soft tissue structures injuries]. *Phundamentalnie issledovaniya* [Basic research]. 2012;(7, part 1):76-79. (In Russian). Available from: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30042>.
22. Smith T.O., Daniell H., Geere J., Tomsc A.P., Hing C.B. The diagnostic accuracy of MRI for the detection of partial- and full-thickness rotator cuff tears in adults. *Magn Reson Imaging*. 2012;30(3):336-346. DOI: 10.1016/j.mri.2011.12.008.
23. Yeu K., Jiang C.C., Shih T.T. Correlation between MRI and operative findings of the rotator cuff tear. *J Formos Med Assoc*. 1994;93(2):134-139.
24. Zlatkin M.B., Hoffman C., Shellock F.G. Assessment of the rotator cuff and glenoid labrum using an extremity MR system: MR results compared to surgical findings from a multi-center study. *J Magn Reson Imaging*. 2004;19(5):623-631. DOI: 10.1002/jmri.20040.
25. Magee T. 3-T MRI of the Shoulder: Is MR Arthrography Necessary? *AJR Am J Roentgenol*. 2009;192(1):86-92. DOI: 10.2214/AJR.08.1097.
26. Brockmeyer M., Schmitt C., Hauptert A., Kohn D., Lorbach O. Limited diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging and clinical tests for detecting partial-thickness tears of the rotator cuff. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;137(12):1719-1724. DOI: 10.1007/s00402-017-2799-3.
27. Jung J.Y., Jee W.H., Chun H.J., Ahn M.I., Kim Y.S. Magnetic resonance arthrography including ABER view in diagnosing partial-thickness tears of the rotator cuff: Accuracy, and inter- and intra-observer agreements. *Acta Radiol*. 2010;51(2):194-201. DOI: 10.3109/02841850903300298.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Логвинов Алексей Николаевич — ортопед-травматолог, Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO); аспирант кафедры травматологии, ортопедии и артрологии, ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва

Ильин Дмитрий Олегович — канд. мед. наук, ортопед-травматолог, Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), Москва

Павел Михайлович Каданцев — ординатор кафедры травматологии и ортопедии, ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов»; врач-стажер Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), Москва

Макарьева Оксана Владимировна — травматолог-ортопед, Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), Москва

Бурцев Михаил Евгеньевич — травматолог-ортопед, Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), Москва

Рязанцев Михаил Сергеевич — канд. мед. наук, ортопед-травматолог, Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), Москва

Магнитская Нина Евгеньевна — канд. мед. наук, ортопед-травматолог, Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), Москва

Фролов Александр Владимирович — канд. мед. наук, травматолог-ортопед, Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO); доцент кафедры травматологии и ортопедии, ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва

Королев Андрей Вадимович — д-р мед. наук, главный врач Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO); профессор кафедры травматологии и ортопедии, ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Aleksei N. Logvinov — orthopedic surgeon, European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO); postgraduate student, Department of Traumatology, Orthopaedics, Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Dmitrii O. Il'in — Cand. Sci. (Med.), orthopedic surgeon, Trauma Surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), Moscow, Russian Federation

Pavel M. Kadantsev — resident, Peoples Friendship University of Russia; trainee, European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), Moscow, Russian Federation

Oksana V. Makarjeva — orthopedic surgeon, European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), Moscow, Russian Federation

Mikhail E. Burtsev — orthopedic surgeon, European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), Moscow, Russian Federation

Mikhail S. Ryazantsev — Cand. Sci. (Med.), orthopedic surgeon, European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), Moscow, Russian Federation

Nina E. Magnitskaya — Cand. Sci. (Med.), orthopedic surgeon, of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), Moscow, Russian Federation

Aleksandr V. Frolov — Cand. Sci. (Med.), orthopedic surgeon, Surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), assistant professor, Department of Traumatology, Orthopaedics, Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Andrey V. Korolev — Dr. Sci. (Med.), chief doctor, European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO); professor, Department of Traumatology and Orthopaedics, Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Сканирующая электронная микроскопия ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена продвинутой стадии

Н.А. Щудло, Т.А. Ступина, М.М. Щудло

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

Реферат

Актуальность. Контрактура Дюпюитрена (ладонный фасциальный фиброматоз) поражает преимущественно ладонную и пальцевые фасции и у многих пациентов приводит к прогрессирующей деформации кисти, которая часто бывает двусторонней. Отсутствие соответствующих данных о пациентах с выраженными деформациями кисти наряду с проблемами их лечения является основанием для исследований патоморфологии продвинутых стадий заболевания. **Цель исследования** — выявление особенностей трехмерной характеристики волокнистого каркаса и клеток ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена III–IV степеней. **Материал и методы.** Проанализированы истории болезни и операционный материал 20 пациентов в возрасте от 42 до 77 лет. Для исследования материала методом сканирующей электронной микроскопии (микроскоп JSM-840, Jeol, Япония) иссечены фрагменты из средней части предсужоховой хорды IV луча кисти. **Результаты.** Независимо от давности заболевания (от 1 до 20 лет) в узлах предсужоховой хорды преобладала волокнисто-фибрилярная сеть и тонкие цилиндрические коллагеновые волокна, формирующие полуциркулярные и циркулярные завитки на концах. В узлах встречались пустые лакуны, функционально активные фибробласты и тесные клеточные пары. Тяжи отличались от узлов меньшей клеточностью и меньшим содержанием тонких волокон, преимущественной ориентацией толстых волокон вдоль одной оси, наличием участков распрямления их волнообразной извитости и отдельных скрученных и плотно переплетенных между собой фрагментов волокон. **Заключение.** При контрактуре Дюпюитрена III–IV степеней узлы сохраняют роль активных контрактильных центров. Несмотря на относительно малую клеточность патологически измененных тканей, существует риск прогрессирования, распространения и рецидивирования фиброматоза.

Ключевые слова: контрактура Дюпюитрена, ладонный апоневроз, ладонный фасциальный фиброматоз, сканирующая электронная микроскопия.

DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-150-156

Scanning Electron Microscopy of Palmar Fascia in Dupuytren's Disease of Advanced Stage

N.A. Shchudlo, T.A. Stupina, M.M. Shchudlo

Russian Ilizarov Scientific Center „Restorative Traumatology and Orthopedics“, Kurgan, Russian Federation

Abstract

Relevance. Dupuytren's disease (palmar fascial fibromatosis) affects primarily palmar and digital fascia and results in progressive wrist deformity in many patients and often with bilateral involvement. Absence of corresponding data on the patients with severe wrist deformities along with their treatment issues is the ground for targeted research of pathomorphology of advanced disease stages. **Purpose of the study** — to identify features of ultrastructure of fibromatosis nodules and bands in palmar aponeurosis of patients with Dupuytren's disease of grade III-IV.

Щудло Н.А., Ступина Т.А., Щудло М.М. Сканирующая электронная микроскопия ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена продвинутой стадии. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):150-156. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-150-156.

Cite as: Shchudlo N.A., Stupina T.A., Shchudlo M.M. [Scanning Electron Microscopy of Palmar Fascia in Dupuytren's Disease of Advanced Stage]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2): 150-156. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-150-156.

Ступина Татьяна Анатольевна / Tatiana A. Stupina; e-mail: stupinasta@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 01.02.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 20.05.2019.

Materials and Methods. The authors analyzed medical histories and surgical material of 20 patients aging 42–77 years. Segments from medial portion of pretendinous cord of IV digit were cut for examination under scanning electron microscope (JSM-840, Jeol, Japan). **Results.** Irrespective of disease history (from 1 to 20 years) fibrous-fibrillar network and fine cylindrical collagen fibers prevailed in nodules of pretendinous cord which formed semicircular and circular end coils. Empty lacunae, functionally active fibroblasts and close cellular pairs were observed in nodules. Bands differed from nodules by lesser cellularity and less content of fine fibers, orientation of thick fibers mainly along one axis, straightening segments of undulated twisting and separate twisted and tightly interwoven fiber fragments. **Conclusion.** In Dupuytren's disease of grade III-IV nodules maintain the role of active contractile centers. Despite relatively small cellularity of pathologically altered tissues there is a potential for progressing, propagation and recurrence of fibromatosis.

Keywords: Dupuytren's disease, advanced stage, scanning electron microscopy.

Введение

Контрактура Дюпюитрена (ладонный фасциальный фиброматоз) поражает преимущественно ладонную и пальцевые фасции и у многих пациентов приводит к прогрессирующей деформации кисти, которая часто бывает двусторонней [1].

Этиология заболевания не раскрыта до настоящего времени, но, согласно общепринятым представлениям, причиной заболевания является генетическая предрасположенность [2–4], которая, как правило, сочетается с внешними и внутренними факторами риска: хронической травматизацией кисти при ручном труде, употреблением алкоголя и курением [5], вибрацией [6]. Распространенность ладонного фасциального фиброматоза в возрастных и гендерных категориях определяется этническими и географическими факторами, типично преобладание мужчин [7, 8]. Начало заболевания, как правило, происходит в возрасте от 40 до 60 лет [9]. На ранней стадии, когда уплотнение дермы и наличие фиброматозных узлов либо тяжелей не сопровождается дефицитом разгибания пальцев, пациенты получают консервативное лечение, однако его эффективность остается недоказанной [10].

Минимально инвазивные оперативные вмешательства — игольчатая апоневротомия и инъекции коллагеназы — получают широкое распространение [11], но их эффективность при длительных и выраженных контрактурах, по сравнению с открытыми хирургическими вмешательствами, дискуссионна [12, 13]. Поэтому в странах Европы большинство пациентов подвергается апоневрэктомии [14].

Общепринятые показания к хирургическому лечению — контрактура пястно-фалангового сустава более 30° и контрактура межфалангового сустава любой выраженности [15]. Однако многие пациенты поступают на оперативное лечение с тяжелыми деформациями кисти, представляющими значительные трудности в лечении и реабилитации [16].

Исследования операционного материала позволили выделить три гистологических стадии

заболевания: пролиферативную — формирование узла в результате гиперпролиферации фибробластов, дифференцировки миофибробластов и отложений коллагена I и III типов; инволютивную — ориентация миофибробластов вдоль линий растяжения; резидуальную — гиперпродукция коллагена и уменьшение клеточности в результате апоптоза миофибробластов [17, 18]. На ранних стадиях отмечено увеличение содержания коллагена III типа, а по мере прогрессирования заболевания отношение коллагеновых волокон III типа к I типу уменьшается [19]. У пациентов с выраженными деформациями узлы идентифицировались реже [20], что не согласуется с клиническими данными о высокой частоте рецидивов при III–IV степенях [16].

Ультраструктура коллагеновых волокон ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена изучена на материале, полученном от пациентов с I–II степенями либо без указания степени [21–23]. Отсутствие соответствующих данных о пациентах с выраженными деформациями кисти наряду с проблемами их лечения является основанием для прицельных исследований патоморфологии продвинутых стадий заболевания.

Цель исследования — выявление особенностей трехмерной характеристики волокнистого каркаса и клеток ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена III–IV степеней.

Материал и методы

Проанализированы истории болезни и образцы тканей — продольные тяжи патологически измененного ладонного апоневроза 20 пациентов (17 мужчин и 3 женщины) в возрасте от 42 до 77 лет с контрактурой Дюпюитрена III–IV степеней по R. Tubiana [24]. У 17 пациентов была контрактура Дюпюитрена III степени и у 3 пациентов IV степени. Давность заболевания составила от 1 до 20 лет (1 год — 10%, 2 года — 20%, 4 года — 20%, 5 лет — 20%, 7 лет — 5%, 8 лет — 10%, 15 лет — 10%, 20 лет — 5%).

Для исследования материала методом сканирующей электронной микроскопии иссечены

фрагменты из средней части предсухожильной хорды IV луча кисти. Фиксированные в формалине тканевые образцы промывали в дистиллированной воде, дегидратировали в спиртах от 70 до 96%, затем по оригинальной методике (Патент РФ №2008150910/12) пропитывали в камфене, высушивали на воздухе. Высушенные образцы закрепляли с помощью токопроводящего клея на хорошо отполированные чистые алюминиевые диски, напыляли серебром в вакуумном напылителе JEE-4 X/5B (Jeol, Япония) и ионном напылителе IB-6 (Eiko, Япония). Исследования проводили на сканирующем электронном микроскопе JSM-840 (Jeol, Япония). Для описания топографической картины поверхности клеток использована классификация рельефных образований клеточной поверхности*.

Результаты

В тканевых образцах патологически измененного ладонного апоневроза отмечены рубцовые изменения структур сухожильного типа с полями фиброматоза и небольшими участками жировой ткани (рис. 1).

В узлах выявлена густая сеть тонких цилиндрических коллагеновых волокон (толщиной менее 5 мкм). Взаимосвязь волокон поддерживалась сис-

темой коллагеновых фибрилл, не объединенных в волокна. Поэтому волокнистый остов можно было охарактеризовать как коллагеновый, волокно-фибрилярный, при этом количество тонких волокон составляло более 50% (от всех волокон). В разных участках узлов ориентация коллагеновых волокон варьировала. Тонкие волокна, как правило, не имели определенной ориентации и формировали полуциркулярные или циркулярные концевые завитки (рис. 2). Встречались также участки узлов с однонаправленной или разнонаправленной ориентацией уплощенных толстых волокон. Форма и размеры клеток в узлах разнообразны. Встречались клетки круглой, овальной формы, уплощенные клетки с относительно ровным микрорельефом и единичными краевыми пузырями, эритроциты (рис. 3).

Отмечены немногочисленные крупные фибробласты ($d = 10-20$ мкм), которые имели овально-вытянутую форму, смешанный тип микрорельефа, состоящего из пузырей и микроворсинок, а также краевых микроворсинок, которые участвовали в формировании контакта с межклеточным веществом. Обнаружено большое количество клеток с признаками деструкции, имеющих аномальную форму и уменьшенных в размерах. Нередко встречались следы клеточной гибели — пустые лакуны.

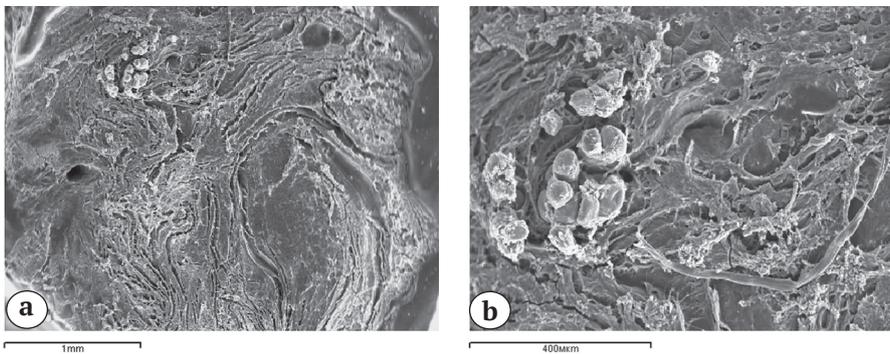


Рис. 1. Патологически измененный ладонный апоневроз, $\times 33$ (a); участки фиброматоза и жировой ткани, $\times 110$ (b)

Fig. 1. Pathological palmar aponeurosis, $\times 33$ (a); zones of fibromatosis and adipose tissue, $\times 110$ (b)

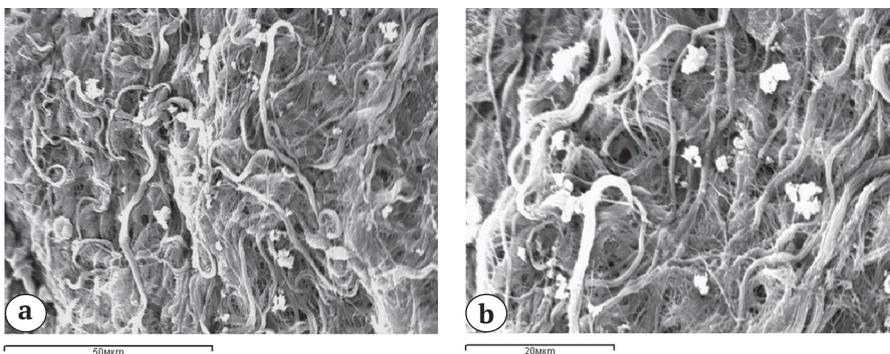


Рис. 2. Участок узла ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена, $\times 1000$ (a); тонкие волокна, формирующие полуциркулярные или циркулярные концевые завитки, $\times 1600$ (b)

Fig. 2. Section of nodule in palmar aponeurosis, Dupuytren's disease, $\times 1000$ (a); fine fibers forming semicircular and circular end coils, $\times 1600$ (b)

* Атлас сканирующей электронной микроскопии клеток, тканей и органов / под. ред. О.В. Волковой, В.А. Шахламова, А.А. Миронова. М. : Медицина, 1987. — 464 с.

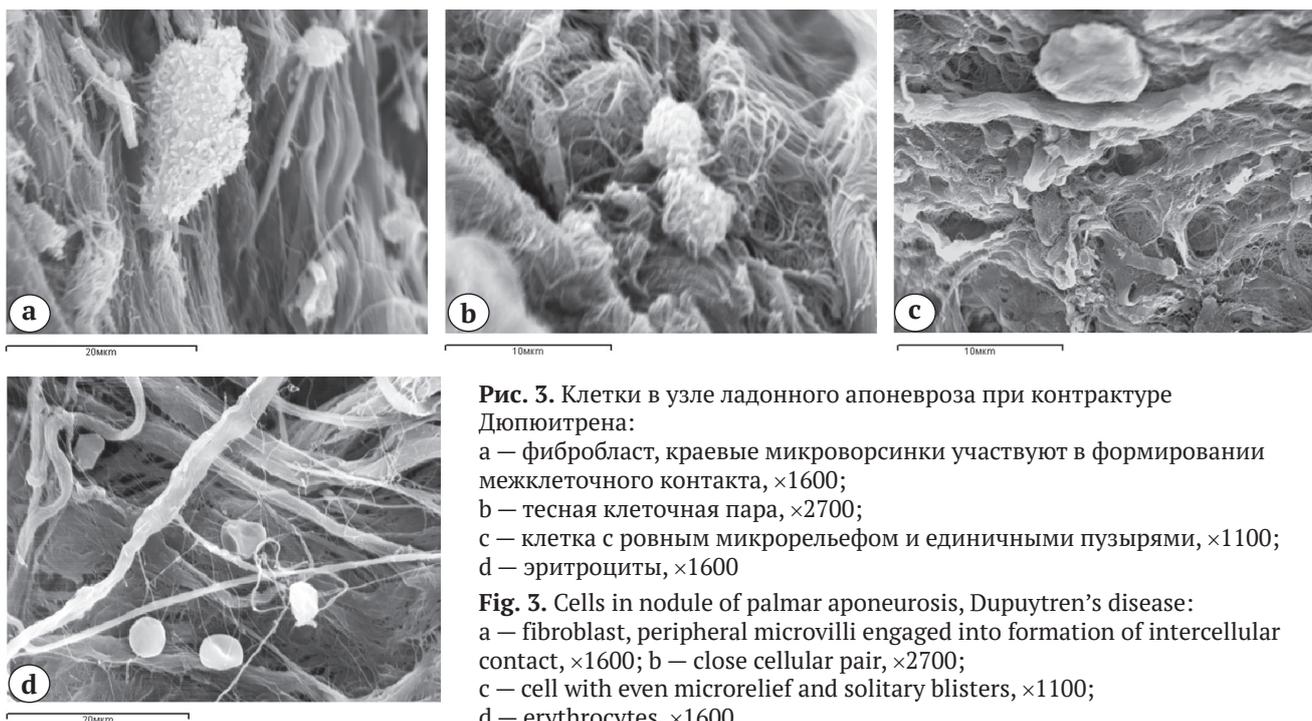


Рис. 3. Клетки в узле ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена:
 а — фибробласт, краевые микроворсинки участвуют в формировании межклеточного контакта, $\times 1600$;
 б — тесная клеточная пара, $\times 2700$;
 в — клетка с ровным микрорельефом и единичными пузырями, $\times 1100$;
 д — эритроциты, $\times 1600$

Fig. 3. Cells in nodule of palmar aponeurosis, Dupuytren's disease:
 a — fibroblast, peripheral microvilli engaged into formation of intercellular contact, $\times 1600$;
 b — close cellular pair, $\times 2700$;
 c — cell with even microrelief and solitary blisters, $\times 1100$;
 d — erythrocytes, $\times 1600$

В тяжах преобладали коллагеновые волокна толщиной 10–15 мкм, тонкие волокна немногочисленны (рис. 4). Цилиндрические коллагеновые волокна волнообразно извитой формы были ориентированы преимущественно вдоль одной оси, но в некоторых участках не имели определенной ориентации. Взаимосвязь волокон поддерживалась системой тонких волокон. Волокна располагались компактно. Во многих участках отмечалось рас-

прямление извитости пучков коллагеновых волокон. Отмечены также плотно переплетенные между собой спирализованные волокна. Встречались участки с уплощенными толстыми волнообразно извитыми коллагеновыми волокнами, которые чередовались с распрявленными волокнами. Клетки в тяжах были единичны, на большем протяжении не определялись.

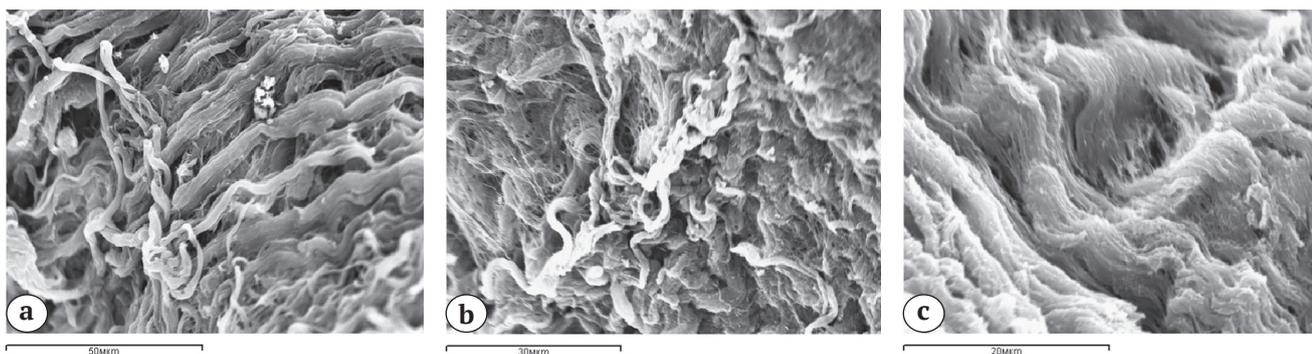


Рис. 4. Участки тяжа ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена, $\times 1100$ (а); плотно переплетенные между собой спирализованные волокна, $\times 1400$ (б); цилиндрические коллагеновые волокна волнообразно извитой формы, $\times 1600$ (с)

Fig. 4. Sections of palmar aponeurosis band, Dupuytren's disease, $\times 1100$ (a); tightly interwoven helical fibers, $\times 1400$ (b); cylindrical collagen fibers of undulated twisted shape, $\times 1600$ (c)

Обсуждение

Ладонный апоневроз в норме состоит из хорошо организованных плоских, продольно ориентированных толстых коллагеновых волокон (тип I), поддерживаемых тонкой сетью фибрилл, которые не сливаются с волокнами [21]. При развитии контрактуры Дюпюитрена в апоневрозе уменьшено содержание жировой ткани, отмечены участки дезорганизации коллагена и увеличено содержание тонких волокон [23]. J.A.A. Hunter, C. Ogdon и L. Józsa с соавторами не выявили отличий коллагенового каркаса узлов и тяжей в патологически измененном апоневрозе [21, 23], хотя при ультразвуковом исследовании узлы и тяжи различимы [26].

По данным J.W. Legge с соавторами, для контрактуры Дюпюитрена характерно появление спиралей и укорочение длины волн извитости коллагена, что рассматривается в качестве механизма контракции [22]. По мнению H. Millesi, главная особенность коллагеновых волокон при контрактуре Дюпюитрена — утрата гофрированной структуры [26].

В выполненном нами исследовании впервые представлены результаты сканирующей электронной микроскопии предсухожильной хорды ладонного апоневроза у пациентов с контрактурой Дюпюитрена III–IV степеней. Предсухожильная хорда — результат преобразования нормальной фасциальной предсухожильной ленты ладонного фасциального комплекса [27].

При болезни Дюпюитрена в составе предсухожильной хорды встречаются как узлы, так и сухожильноподобные тяжи, вызывающие утолщение, уплотнение и укорочение ладонного апоневроза и контрактуру пястно-фалангового сустава, а по мере прогрессирования и распространения процесс переходит на структуры пальцевой фасции, вызывая контрактуры межфаланговых суставов.

Установлено, что у всех пациентов независимо от давности заболевания (от 1 до 20 лет) в узлах предсухожильной хорды практически отсутствовали зрелые коллагеновые волокна, преобладали тонкие цилиндрические и цилиндрические коллагеновые волокна, формирующие полуциркулярные и циркулярные завитки на концах. По-видимому, наличие завитков может свидетельствовать о процессе контракции волокнистого каркаса, а визуализация концов — о его незрелости, поскольку в нормальных связках визуализация концов отмечена лишь в плодном периоде [28].

Несмотря на признаки клеточной гибели (пустые лакуны), в узлах встречались функционально активные фибробласты и даже тесные клеточные пары. Тяжи отличались от узлов меньшей клеточностью и меньшим содержанием тонких волокон,

преимущественной ориентацией толстых волокон вдоль одной оси, наличием участков распрямления их волнообразной извитости и отдельных скрученных и плотно переплетенных между собой фрагментов волокон — вероятных участков разрывов.

По клинко-патоморфологической классификации H.F. Chiu, R.M. McFarlane, контрактура Дюпюитрена давностью более 3 лет соответствует продвинутой стадии, которая гистологически характеризуется низкой клеточностью и зрелыми коллагеновыми волокнами [29]. Однако в нашем материале независимо от давности заболевания у всех пациентов в узлах обнаруживалось преобладание тонких коллагеновых волокон толщиной менее 5 мкм. На этом основании изученный материал может быть отнесен к фиброцеллюлярному типу по классификации J.J. Rombouts с соавторами. По данным авторов классификации, риск рецидивирования для такого типа является средним, а риск распространения неопределенным [30].

Выполненное нами исследование также показало, что, несмотря на сниженную клеточность узлов и тяжей и признаки клеточной гибели, у пациентов с продвинутой стадией контрактуры обнаруживаются клетки с ультраструктурными признаками повышенной биосинтетической и пролиферативной активности. Они могут рассматриваться как «резервуар заболевания, запускающий его порочный круг» [31].

Поэтому тактика откладывания оперативного лечения до III–IV степеней заболевания не является оправданной не только с точки зрения выраженных вторичных изменений сосудисто-нервных пучков, мышц, сухожилий и суставов [32], но и сохраняющихся рисков рецидивирования и распространения заболевания.

Трехмерная характеристика волокнистого каркаса и клеток ладонного апоневроза при контрактуре Дюпюитрена III–IV степеней свидетельствует о том, что фиброматозные узлы сохраняют роль активных контрактных центров. Несмотря на незначительное количество клеток в патологически измененных тканях, существует потенциал прогрессирования, распространения и рецидивирования фиброматоза, поэтому тактика откладывания оперативного лечения до III–IV степеней заболевания не является оправданной.

Этика публикации: от всех пациентов получено информированное согласие на проведение исследований. Исследование одобрено этическим комитетом учреждения (протокол № 2 (57) от 19.03.2018), проводилось в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации 1975 г., пересмотренными в 2013 г.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Шудло Н.А. — разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных, подготовка текста.

Ступина Т.А. — разработка концепции и дизайна исследования, проведение исследований методом сканирующей электронной микроскопии, анализ полученных данных, подготовка текста, редактирование.

Шудло М.М. — разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных, подготовка текста.

Литература [References]

- Engstrand C., Krevers B., Nylander G., Kvist J. Hand function and quality of life before and after fasciectomy for Dupuytren contracture. *J Hand Surg Am.* 2014;(39)7:1333-1343. DOI: org/10.1016/j.jhsa.2014.04.029.
- Michou L., Lermusiaux J.L., Teyssedou J.P., Bardin T., Beaudreuil J., Petit-Teixeira E. Genetics of Dupuytren's disease. *Joint Bone Spine.* 2012;79(1):7-12. DOI: 10.1016/j.jbspin.2011.05.027.
- Becker K., Tinschert S., Lienert A., Bleuler P.E., Staub F., Meinel A. et al. The importance of genetic susceptibility in Dupuytren's disease. *Clin Genet.* 2015;87(5):483-487. DOI: 10.1111/cge.12410.
- Larsen S., Krogsgaard D.G., Aagaard Larsen L., Iachina M., Skytthe A., Frederiksen H. Genetic and environmental influences in Dupuytren's disease: a study of 30,330 Danish twin pairs. *J Hand Surg Eur Vol.* 2015;40(2):171-176. DOI: 10.1177/1753193414535720.
- DiBenedetti D.B., Nguyen D., Zografos L., Ziemięcki R., Zhou X. Prevalence, incidence, and treatments of Dupuytren's disease in the United States: results from a population-based study. *Hand (NY).* 2011;6(2):149-158. DOI: 10.1007/s11552-010-9306-4.
- Palmer K.T., D'Angelo S., Syddall H., Griffin M.J., Cooper C., Coggon D. Dupuytren's contracture and occupational exposure to hand-transmitted vibration. *Occup Environ Med.* 2014; 71(4):241-245. DOI: 10.1136/oemed-2013-101981.
- Lanting R., Broekstra D.C., Werker P.M., van den Heuvel E.R. A systematic review and meta-analysis on the prevalence of Dupuytren disease in the general population of Western countries. *Plast Reconstr Surg.* 2014;133(3):593-603. DOI: 10.1097/01.prs.0000438455.37604.0f.
- DiBenedetti D.B., Nguyen D., Zografos L., Ziemięcki R., Zhou X. Prevalence, incidence, and treatments of Dupuytren's disease in the United States: results from a population-based study et al. Epidemiological profile of Dupuytren's disease in Taiwan (Ethnic Chinese): a nationwide population-based study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16:20. DOI: 10.1186/s12891-015-0476-7.
- Holzer L.A., deParades V., Holzer G. Guillaume Dupuytren: his life and surgical contributions. *Hand Surg Am.* 2013;38(10):1994-1998. DOI: 10.1016/j.jhsa.2013.07.012.
- Ball C., Izadi D., Verjee L.S., Chan J., Nanchahal J. Systematic review of non-surgical treatments for early Dupuytren's disease. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016;17(1):345. DOI: 10.1186/s12891-016-1200-y.
- Kníže J., Miletín J., Nejedlý A., Chorvát M., Novotná K., Tichá P., Fibír A., Sukop A., Knížetová A. Current treatment options of Dupuytren's disease. *Acta Chir Plast.* 2018;59(3-4):142-148.
- Leclère F.M., Kohl S., Varonier C., Unglaub F., Vögelin E. Range of motion, postoperative rehabilitation and patient satisfaction in MCP and PIP joints affected by Dupuytren Tubiana stage 1-3: collagenase enzymatic fasciotomy or limited fasciectomy? A clinical study in 52 patients. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(11):1623-1631. DOI: 10.1007/s00402-018-3034-6.
- Brazzelli M., Cruickshank M., Tassie E., McNamee P., Robertson C., Elders A. et al. Collagenase clostridium histolyticum for the treatment of Dupuytren's contracture: systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess.* 2015;19(90):1-202. DOI: 10.3310/hta19900.
- Bainbridge C., Dahlin L.B., Szczypa P.P., Cappelleri J.C., Guérin D., Gerber R.A. Current trends in the surgical management of Dupuytren's disease in Europe: an analysis of patient charts. *Eur Orthop Traumatol.* 2012;3(1):31-41. DOI: 10.1007/s12570-012-0092-z.
- Reilly R.M., Stern P.J., Goldfarb C.A. A retrospective review of the management of Dupuytren's nodules. *J Hand Surg.* 2005;30(5):1014-1018. DOI: 10.1016/j.jhsa.2005.03.005.
- Толстик А.Н., Дейкало В.П. Технология реабилитации пациентов с выраженными сгибательными деформациями и рецидивами контрактур пальцев кисти при болезни Дюпюитрена. *Новости хирургии.* 2006;14(3):33-41.
Tolstik A.N., Deikalo V.P. [Technology for the rehabilitation of patients with severe flexion deformities and recurrence of contractures of the fingers of the hand in Dupuytren's disease]. *Novosti khirurgii [Surgery News].* 2006;14(3):33-41. (In Russian).
- Luck J.V. Dupuytren's contracture: a new concept of the pathogenesis correlated with surgical management. *J Bone Joint Surg Am.* 1959;41(4):635-664.
- Wilutzky B., Berndt A., Katenkamp D., Koshmehl H. Programmed cell death in nodular palmar fibromatosis (Morbus Dupuytren). *Histol Histopathol.* 1998;13(1):67-72. DOI: 10.14670/HH-13.67.
- Lam W.L., Rawlins J.M., Karoo R.O., Naylor I., Sharpe D.T. Re-visiting Luck's classification: a histological analysis of Dupuytren's disease. *J Hand Surg Eur.* 2010;35(4):312-317. DOI: 10.1177/1753193410362848.
- Verjee L.S., Midwood K., Davidson D., Essex D., Sandison A., Nanchahal J. Myofibroblast distribution in Dupuytren's cords: correlation with digital contracture. *J Hand Surg Am.* 2009;34(10):1785-1794. DOI: 10.1016/j.jhsa.2009.08.005.
- Hunter J.A.A., Ogdon C. Dupuytren's contracture II-scanning electron microscopic observations. *British J Plastic Surg.* 1975;28:19-25.
- Legge J.W., Finlay J.B., McFarlane R.M. A study of Dupuytren's tissue with the scanning electron microscope. *J Hand Surg Am.* 1981;6(5):482-492.
- Józsa L., Salamon A., Réffy A., Renner A., Demel S., Donhöffer A., Pintér T., Thöring J. Fine structural alterations of the palmar aponeurosis in Dupuytren's contracture. A combined scanning and transmission electronmicroscopic examination. *Zentralbl Allg Pathol.* 1988;134(1):15-25.
- Tubiana R. Dupuytren's disease of the radial side of the hand. *Hand Clin.* 1999;15(1):149-159.

25. Vanek P., Strömberg J., Fridén J., Aurell Y. Morphological patterns of the pretendinous cord in Dupuytren's disease: a predictor of clinical outcome? *J Plast Surg Hand Surg*. 2018;52(4):240-244. DOI: 10.1080/2000656X.2018.1470521.
26. Millesi H. Dupuytren's Contracture. In: European Instructional Lectures. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. pp. 137-152.
27. Байтингер В.Ф. Клиническая анатомия ладонного апоневроза. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2012;1(40):22-35. Baitinger V.F. [Clinical anatomy of palm aponeurosis]. *Voprosy rekonstruktivnoi i plasticheskoi khirurgii* [Issues of Reconstructive and Plastic Surgery]. 2012;1(40):22-33. (In Russian).
28. Provenzano P.P., Vanderby R. Jr Collagen fibril morphology and organization: Implications for force transmission in ligament and tendon. *Matrix Biology*. 2006;25:71-84. DOI: 10.1016/j.matbio.2005.09.005
29. Chiu H.F., McFarlane R.M. Pathogenesis of Dupuytren's contracture: a correlative clinical-pathological study. *J Hand Surg Am*. 1978;3(1):1-10.
30. Rombouts J.J., Noel H., Legrain Y., Munting E. Prediction of recurrence in the treatment of Dupuytren's disease: evaluation of a histologic classification. *J Hand Surg Am*. 1989;14(4):644-652.
31. Musumeci M., Vadalà G., Russo F., Pelacchi F., Lanotte A., Denaro V. Dupuytren's disease therapy: targeting the vicious cycle of myofibroblasts? *Expert Opin Ther Targets*. 2015;19(12):1677-1687. DOI: 10.1517/14728222.2015.1068758.
32. Dumitrescu-Ionescu D. A new therapeutic approach to dupuytren's contracture / disease (DD). *Adv Plast Reconstr Surg*. 2017;1(5):129-136.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шудло Наталья Анатольевна — д-р мед. наук, заведующая лабораторией клиники реконструктивно-пластической хирургии и хирургии кисти, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Ступина Татьяна Анатольевна — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории морфологии, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Шудло Михаил Моисеевич — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории клиники реконструктивно-пластической хирургии и хирургии кисти, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Natalia A. Shchudlo — Dr. Sci. (Med.), head of Clinical and Experimental Laboratory of Reconstructive-Plastic Microsurgery and Hand Surgery, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Tatiana A. Stupina — Dr. Sci. (Biol.), senior researcher, Laboratory of morphology, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Mikhail M. Shchudlo — Dr. Sci. (Med.), senior researcher, Laboratory Clinical and Experimental Laboratory of Reconstructive-Plastic Microsurgery and Hand Surgery, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Изолированный и многоуровневый спондилолиз (обзор литературы)

Е.Г. Скрыбин

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Тюмень, Россия

Реферат

Одной из основных причин болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника является спондилолиз — дефект межсуставной части дуги позвонка. **Цель исследования** — представить современное состояние проблемы диагностики и лечения изолированного и многоуровневого спондилолиза. **Материал и методы.** В обзор вошло 86 публикаций, посвященных проблеме спондилолиза, за 2005–2019 гг., полученные из электронных баз данных: PubMed, Cochrane Library, eLIBRARY, CYBERLENINKA. **Результаты.** Существует пока единственная известная классификация спондилолиза P. Niggemann с соавторами, включающая четыре степени тяжести патологии – от легкой до самой тяжелой: A, VI, VII, VIII. В основу классификации положен характер изменений в зоне костного дефекта дуги позвонка при выполнении пациентом функциональных проб. В ряде случаев патология может расцениваться как переходная между различными степенями тяжести типа В. Лечение спондилолиза может быть как консервативным, так и оперативным. Объем консервативной терапии включает ограничение физической активности, физиотерапию, корсетирование, массаж, медикаментозные средства. Целью оперативного лечения является удаление фиброзной ткани из зоны спондилолиза и достижение в этой области костного сращения посредством применения костной аутопластики и (или) остеосинтеза различными металлоконструкциями. Аргументированные доводы о необходимости сочетания консервативного и оперативного методов лечения больных со спондилолизом также нашли свое отражение в литературе. Информация, посвященная многоуровневому спондилолизу, представлена малым количеством публикаций. Всего в 15 работах описаны клинические случаи многоуровневого спондилолиза в общей сложности у 21 пациента. Спондилолиз является фактором высокой степени риска формирования спондилолистеза. Среди различных категорий пациентов, страдающих спондилолизом и спондилолистезом поясничной локализации, особый интерес представляют беременные женщины. Гормональная перестройка организма и изменение биомеханики всего позвоночника у женщин в гестационный период в значительной части случаев приводит к появлению или усилению болевого синдрома поясничной локализации, осложняющего течение беременности, а значит и развитие плода. **Заключение.** Своевременная диагностика спондилолиза и последующая разработка индивидуальных мер реабилитации не только повысят качество жизни больных, но и в ряде случаев позволят предотвратить такое тяжелое заболевание, как спондилолистез.

Ключевые слова: изолированный спондилолиз, многоуровневый спондилолиз, спондилолиз и спондилолистез.

DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-157-165

Isolated and Multilevel Spondylolysis (Literature Review)

E.G. Skryabin

Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

Abstract

One of the main causes of lumbar spine pain is spondylolysis. **The purpose** of this review is to present the current state of the problem of diagnosis and treatment isolated and multilevel spondylolysis. **Materials and Methods.** The review includes 86 publications on the problem of spondylolysis for 2005–2019, obtained from electronic

Скрыбин Е.Г. Изолированный и многоуровневый спондилолиз (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):157-165. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-157-165.

Cite as: Skryabin E.G. [Isolated and Multilevel Spondylolysis (Literature Review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):157-165. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-157-165.

✉ Скрыбин Евгений Геннадьевич / Evgeny G. Skryabin; e-mail: skryabineg@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 31.01.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 28.03.2019.

databases: PubMed, Cochrane Library, eLIBRARY, CYBERLENINKA. **Results.** There is still the only known classification of spondylolysis by P. Niggemann et al, which includes four severity of this pathology — from mild to very severe: A, BI, BII, BIII. The classification is based on the nature of changes in the area of bone defect of the vertebral arch when the patient performs functional tests. In some cases, the pathology can be regarded as a transition between different degrees of severity of type B. The treatment of spondylolysis can be both conservative and operational. The conservative therapy consists of physical activity restriction, physiotherapy, wearing a corset, massage, and pharmacotherapy. The purpose of surgical treatment is the removal of fibrous tissue from the zone of spondylolysis and the achievement in this area the bone fusion via a bone autoplasty and(or) osteosynthesis with different metal frameworks. Reasoned arguments about the need for a combination of conservative and surgical treatment of patients with spondylolysis are also reflected in the publications. Information on multilevel spondylolysis is represented by a small number of articles. Only 15 authors described clinical cases of multilevel spondylolysis in a total of 21 patients. Spondylolysis is a high risk factor for the spondylolisthesis formation. Among the various categories of patients suffering from spondylolysis and lumbar spondylolysis spondylolisthesis, pregnant women are of particular interest. Hormonal restructuring and changes in the biomechanics of the spine in women during the gestational period often leads to the appearance or intensification pain syndrome in lumbar spine complicating the pregnancy, and hence a fetus development. **Conclusion.** Timely diagnosis of spondylolysis and the subsequent development of individual rehabilitation not only improves the quality of life of patients, but in some cases can prevent such a serious pathology as spondylolisthesis.

Keywords: spondylolysis, isolated spondylolysis, multi-level spondylolysis, spondylolisthesis.

Введение

Проблема болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника у пациентов различных возрастных групп продолжает сохранять свою актуальность [1–6]. Одной из частых причин болей в позвоночнике является спондилолиз (код по МКБ-10: M43.0) — дефект (одно- или двусторонний) межсуставной части дуги позвонка [7–10]. Чаще всего в клинической практике спондилолиз рассматривают в качестве патологии, на фоне которой формируется спондилолистез, и именно эта, более тяжелая патология, концентрирует на себя внимание врачей-специалистов в диагностическом и лечебном плане [11–14]. Спондилолиз, протекающий с менее выраженной клинической и лучевой симптоматикой, чем спондилолистез, нередко остается своевременно не диагностированным, и, следовательно, не пролеченным [10, 15].

Цель исследования — представить современную медицинскую информацию об основных аспектах изолированного и многоуровневого спондилолиза межсуставной части дуг позвонков.

Материал и методы

Научные публикации для написания литературного обзора были получены из научных электронных баз данных: PubMed, Cochrane Library, eLIBRARY, CYBERLENINKA. Глубина поиска литературных источников составила период с 2005 г. по январь 2019 г. Несколько литературных источников, опубликованных ранее 2005 г., были включены в настоящий обзор литературы, так как содержали важные сведения, не нашедшие отражения в более поздних публикациях.

Поиск литературных источников проводился по следующим ключевым словам: спонди-

лолиз (spondylolysis), изолированный спондилолиз (isolated spondylolysis), многоуровневый спондилолиз (multi-level spondylolysis), спондилолиз и спондилолистез (spondylolysis and spondylolisthesis).

Современные исследователи, изучая спондилолиз, традиционно придерживаются двух основных теорий его происхождения и развития: врожденной [9, 16, 17] и приобретенной [18–22]. Основоположником теории о врожденном происхождении принято считать Ф.Л. Нейгебауэра (1887), полагавшего, что в основе заболевания лежат внутриутробные процессы нарушения слияния ядер окостенения в верхнем и нижнем суставных отростках одной или обеих половин дуги позвонка [11]. К приобретенному заболеванию, формирующемуся как следствие «усталостного» перелома межсуставной части дуги позвонка в результате разделения ее суставными отростками смежных (чаще всего верхнего) позвонков по типу механизма «ножниц», спондилолиз также относят с конца XIX в.

Общепризнано, что частота выявления патологии зависит от совокупности различных факторов: возраста, пола, расы, отягощенной наследственности, спортивной деятельности, тех методов лучевой диагностики, которые были использованы в ходе выполнения исследования [20, 23–27]. Так, И.М. Митбрэйт в своем фундаментальном научном труде «Спондилолистез» указывает, что спондилолиз диагностируют у 4–7% обследованных, при этом с возрастом пациентов его частота увеличивается [12]. Несколько меньшие статистические данные приводят D.S. Hersh с соавторами, сообщая о 3–6% случаях выявления патологии в общепопуляционной выборке [28]. Схожие цифры по «нижней» границе частоты спондилолиза публикуют

M.D. D'Angello Del Campo с соавторами, сообщая о частоте заболевания в 3–8% случаев [29].

T. Lemoine с соавторами «поднимают» верхний показатель встречаемости патологии до 10%, указывая при этом на важность диагностики заболевания у маленьких детей. Проанализировав результаты компьютерных исследований поясничного отдела позвоночника у 532 детей, авторы диагностировали спондилолиз у 25 (4,69%) растущих пациентов. Так, в группе детей до 1 года патология была выявлена у 1% обследованных, в возрастной группе детей от 1 года до 6 лет — у 3,7% пациентов. Давая характеристику клиническому материалу, авторы указывают, что из 25 случаев выявленного спондилолиза у 16 (64,0%) человек патология была двусторонней, у 9 (36,0%) — односторонней. Мальчиков в группе детей со спондилолизом было 14 (56,0%), девочек — 11 (44,0%) [30].

Наибольшую частоту встречаемости спондилолиза у детей (39% случаев) приводят A. Nitta с соавторами. Диагностирован этот показатель, по данным авторов, не в общепопуляционной выборке у растущих пациентов, а в группе подростков-спортсменов моложе 19 лет, у которых сохранялся болевой синдром в поясничном отделе позвоночника более 2 нед. [31].

L. Kalichman с соавторами, анализируя результаты КТ поясничного отдела позвоночника у 3529 человек в возрасте 40–80 лет, выявили спондилолиз в 11,5% случаев, при этом соотношение пациентов мужского и женского полов составило 3:1. В 21% случаев двусторонний спондилолиз протекал изолированно, без лучевых симптомов спондилолистеза [32, 33]. Несколько больший разброс гендерных различий приводят C.D. Gregg с соавторами: спондилолиз у мужчин обнаружен ими в 5 раз чаще, чем у женщин [34].

Известно, что двухсторонний спондилолиз более распространен, чем односторонний, при этом в случае односторонней локализации процесса правая половина дуги позвонка поражается в 8 раз чаще, чем левая [12].

«Излюбленным местонахождением» спондилолизного процесса является LV позвонок [35–37]. По данным K.A. Надулича с соавторами, этой локализации соответствует 85% патологии, LIV позвонок поражается в 10% клинических наблюдений [38]. Эти процентные соотношения подтверждаются статистическими данными, приведенными H. Saraste [39]. Он отмечает, что при локализации спондилолиза на уровне LIV позвонка вертеброгенный болевой синдром более выражен и труднее поддается лечению. Частота развития патологии на уровне LIII и LII позвонков, по данным N.S. Gezer с соавторами, составляет около 7% и 2,5% случаев соответственно [1].

Кроме поясничной локализации спондилолиза, ряд авторов приводят клинические наблюдения, описывающие случаи выявления патологии в шейных позвонках [40–42]. Особенно интересно сообщение I.V. Kushare с соавторами, посвященное двустороннему спондилолизу CVI позвонка у трех родных братьев. Заболевание у них было расценено как семейная форма патологии позвоночника, у всех протекало без неврологического дефицита и хорошо купировалось консервативной терапией [17]. В то же время A.B. Губин с соавторами указывают, что случаи цервикального спондилолиза могут вызывать появление симптомов нестабильности шейных позвоночно-двигательных сегментов [43]. T.B. Alton с соавторами приводят данные о том, что чаще других из шейных позвонков в патологический процесс оказывается вовлечен CVI позвонок, при этом причина развития патологии остается неизвестной и диагностируется она часто случайно, например, после травм спортсменов, полученных во время игры в американский футбол [40].

P.G. Ahn с соавторами также описывают клинические наблюдения за тремя пациентами, в ходе диагностики у которых был выявлен спондилолиз дуг CVI позвонка. Заболевание было диагностировано на основании проведенного рентгенологического исследования шейного отдела позвоночника, позднее было подтверждено результатами томографии. Патология у всех пациентов протекала латентно, без клинической симптоматики и была выявлена при обследовании по поводу предполагаемых переломов шейных позвонков [42].

В литературе есть сообщения о случаях диагностики спондилолиза на других цервикальных уровнях, в частности в дугах CIV, CV и CVII позвонков, являющихся следствием врожденного происхождения [17, 41].

Применительно к локализации спондилолиза на шейном уровне особо следует выделить публикацию K. Farah с соавторами, в которой описывается редкое клиническое наблюдение за 8-летним мальчиком, предъявлявшим в течение нескольких месяцев жалобы на головные боли и парестезии верхних конечностей. В ходе обследования у ребенка был диагностирован двусторонний спондилолиз дуг СII позвонка, послуживший показанием к проведению минимально инвазивного спондилодеза из заднего доступа. Отдаленный результат лечения оценен хирургами через год после операции как отличный. Авторы статьи особо подчеркивают, что это первый случай, описанный в медицинской литературе, посвященный оперативному лечению этой патологии, редко диагностируемой на данном уровне шейного отдела позвоночника [44].

Научных публикаций, посвященных изолированному спондилолизу грудной локализации

обнаружить не удалось, за исключением описания случая диагностики многоуровневого дефекта дуг с одновременным вовлечением в процесс всех пяти поясничных позвонков и двенадцатого грудного [45].

Косвенно на генетические причины формирования спондилолиза у части пациентов указывает научная публикация Т. Yürybe с соавторами. В статье описывается случай диагностики патологии у трех родных братьев на уровне LIV и LV позвонков и у их отца, у которого на основании клинической симптоматики был диагностирован спондилолиз LIV и спондилолистез LIV и LV позвонков. По мнению авторов, частое развитие патологии в этой семье (у 4 из 6 человек, за исключением матери и сестры родных братьев) на уровне редко поражаемого спондилолизом LIV позвонка указывает на генетическую этиологию заболевания, в первую очередь на аутосомно-доминантное наследование [9].

Занятия спортом являются фактором высокой степени риска формирования спондилолиза [8, 10, 20, 31, 46]. Основным патогенетическим звеном при этом выступает избыточная нагрузка на межсуставную часть дуги нижнего поясничного позвонка в течение длительного времени, например во время тренировочного процесса, при переразгибании позвоночника, в результате чего там формируется зона патологической перестройки костной ткани в виде ее дефекта («усталостного» перелома) [7, 10, 19, 24, 40, 47, 48]. Интересную информацию об этом приводят М. Selhorst с соавторами, проанализировавшие наличие спондилолиза у людей, профессионально занимающихся различными видами спорта. Оказалось, что из 11 видов спорта у мужчин и из 14 видов спорта у женщин наиболее опасными в плане формирования спондилолиза являются бейсбол и гимнастика соответственно [22].

Другими важнейшими звеньями патогенеза этого мультифакториального заболевания выступают дегенерация смежных межпозвонковых дисков [38, 49, 50], поясничный гиперлордоз и уменьшение площади поперечного сечения нижнего поясничного или первого крестцового позвонков [51], снижение минеральной плотности костной ткани [1, 52], дисплазии люмбосакрального сегмента [53, 54], генетическая предрасположенность [9, 16] и ряд других факторов.

Практически все исследователи единодушны во мнении, что наличие спондилолиза является фактором высокой степени риска формирования спондилолистеза, который в этих случаях, по используемым в настоящее время классификациям, следует относить к спондилолизному (истмическому) [11, 12, 32, 38, 47–49, 55–58]. Вероятность формирования такой формы спондилолистеза

при наличии спондилолиза составляет не менее 50–70% [47, 48, 59, 60].

В клинической картине спондилолиза преобладает болевой синдром поясничной локализации [31, 61, 62]. Боли при этом не являются обязательным симптомом заболевания [3, 4]. Такие проявления вертебрального синдрома, как структуральные деформации, мышечный дефанс, нарушение функции, неврологические симптомы, как правило, отсутствуют или выражены не ярко [64, 65]. Если на фоне спондилолиза формируется спондилолистез, то в патологический процесс могут вовлекаться нервные структуры, выходящие из спинномозгового канала по верхнему краю дуги смещенного позвонка, а при отсутствии спондилолизного дефекта — по его нижнему краю, что подтверждается электронейромиографическим исследованием [66]. Характер и степень выраженности корешковой симптоматики при этом зависят не от наличия или отсутствия костного дефекта дуги, а от локализации и тяжести изменений на уровне смещенного позвонка [11, 50, 66, 67].

Достоверная диагностика спондилолиза, кроме изучения жалоб, анамнеза, клинической симптоматики, основывается на проведении КТ поясничного отдела позвоночника [27, 67]. МРТ в случаях изолированного и множественного спондилолиза имеет меньшее диагностическое значение, хотя также может использоваться для выявления хрящевого дефекта в области межсуставной части дуги позвонка, не оказывая при этом ионизирующего излучения на организм пациента [62].

Именно на основании результатов, полученных при проведении МРТ, была разработана пока единственная известная классификация спондилолиза, включающая в себя четыре степени тяжести патологии. В основу классификации положен анализ характера изменений в зоне костного дефекта дуги позвонка при выполнении пациентом функциональных проб. Эта классификация была предложена Р. Niggemann с соавторами в 2017 г. на основании исследования 176 случаев изолированного спондилолиза и позволила авторам установить легкую степень патологии (А) в 74,43% случаев, более тяжелую (ВI) — в 3,4%, еще более тяжелую (ВII) — в 13,63%, и самую тяжелую (ВIII) — в 5,68% клинических наблюдений. В 2,86% случаев патология была расценена как переходная между различными степенями тяжести типа В [60].

Нередко спондилолиз диагностируют на фоне других патологических состояний поясничного отдела позвоночника и крестца. Так, J. Urrutia с соавторами приводят данные о том, что, по результатам КТ, частота выявления спондилолиза у детей составляет 3,5% случаев, у взрослых — 3,8% клини-

ческих наблюдений. В этих же группах пациентов частота диагностики *spina bifida posterior* позвонков пояснично-крестцовой локализации составила 41,2% и 7,7% случаев соответственно [53]. Столь высокая распространенность случаев незаращения задних отделов дуг позвонков среди детей, по-видимому, обусловлена тем, что к патологическим вариантам авторы отнесли физиологические формы *spina bifida posterior* позвонков, а не только диспластические.

О течении спондилолиза поясничных позвонков на фоне переходного SI позвонка сообщают S.A. Grantham с соавторами [68]. Клинический случай многоуровневого спондилолиза LII, LIII, LIV позвонков в сочетании со спондилоптозом стал предметом изучения M.W. Al-Sebai с соавторами [69]. L. Kalichman с соавторами [32], исследовавшие лучевую картину поясничного отдела позвоночника у 191 человека, не установили значимо причинно-следственных связей в течении спондилолиза и аномалии тропизма суставных отростков позвоночно-двигательного сегмента LV-SI. В то же время Y. Goda с соавторами приводят данные КТ 107 пациентов, указывающие на тяжелые дистрофические изменения в суставных отростках LV позвонка у пациентов со спондилолизом в сравнении с исследуемыми добровольцами контрольной группы [61].

E. Libson с соавторами сообщают о наличии сколиотической деформации позвоночника у 13–23% больных спондилолизом, в то время как у лиц контрольной группы, не имевших костного дефекта дуг, частота сколиоза составляла 6% случаев [54]. Интересно отметить, что выраженность дуг искривления в обеих исследуемых группах не превышала 20° и сколиоз у пациентов, по мнению авторов, нельзя было отнести к категории идиопатических.

Нередко у части больных молодого возраста бессимптомно протекающий спондилолиз диагностируют во время проведения обследования по поводу травм позвоночника, выявляя при этом, например, не только костный дефект дуги позвонка, но и «свежий» перелом противоположной половины дуги этого же позвонка [20] или фрактуры тел поясничных позвонков [23].

В плане сроков постановки диагноза спондилолиза у молодых пациентов с впервые возникшей болью в поясничном отделе большой интерес представляет статья E. Nielsen с соавторами. По данным авторов, средний срок постановки диагноза спондилолиза составляет 1 нед., если больной обследуется хирургом-ортопедом, и 25 нед. — при консультации больного врачом не ортопедического профиля. Авторы статьи рекомендуют как можно раньше направлять на консультацию к хирургу-ортопеду детей с болевым синдромом в позвоноч-

ке для проведения обследования, постановки диагноза и назначения лечения [15].

Учитывая тот факт, что основным клиническим симптомом спондилолиза являются боли, в литературе активно обсуждается лечебная тактика в отношении пациентов, страдающих этой патологией [21, 55, 70, 71]. Значительная часть исследователей придерживается консервативного метода в купировании болевого синдрома, используя в качестве лечебных средств исключение нагрузок на поясничный отдел позвоночника, физиотерапию, корсетирование, массаж, лекарственные средства и мануальную терапию [45, 46, 52, 65, 72, 73]. Оперативное лечение спондилолиза также нашло широкое применение в тактике лечения этой категории больных [2, 5, 64, 70, 74–76]. Основной целью операции является удаление фиброзной ткани из зоны спондилолиза и достижение в этой области костного сращения посредством применения костной аутопластики и (или) остеосинтеза различными металлоконструкциями [38, 71]. В случае оперативного лечения спондилолизного спондилолистеза в настоящее время «золотым стандартом» принято считать транспедикулярный спондилодез в сочетании с передним спондилодезом имплантатами различных конструкций после удаления дегенеративно измененного межпозвонкового диска и замыкательных пластин тел смежных позвонков [11, 47, 56, 75, 76]. Превентивное оперативное лечение зоны спондилолиза, в том числе многоуровневого, по мнению J. Mo с соавторами, нецелесообразно, так как может привести к «биомеханическим сдвигам и потере устойчивости позвоночника» [77].

Аргументированные доводы о необходимости сочетания консервативного и оперативного методов лечения больных со спондилолизом также нашли свое отражение в литературе [19, 21, 37, 48, 78].

Несмотря на то, что различные аспекты спондилолиза у пациентов разных возрастных групп достаточно полно представлены в научных публикациях, необходимо отметить, что в подавляющем большинстве случаев они посвящены изолированным формам патологии [31, 35, 46, 62, 66, 72]. Что же касается многоуровневых случаев этого заболевания, то опубликованные сведения представлены единичными сообщениями.

Так, например, G. Ravichandran отмечает, что многоуровневый спондилолиз относится к категории редко встречающихся заболеваний позвоночника, диагностируют его в 1% случаев, преимущественно у лиц мужского пола [52].

Мы обнаружили 14 публикаций зарубежных авторов, описывающих клинические случаи многоуровневого спондилолиза в общей сложности у 21 пациента различного возраста. При этом публикации 12 исследователей посвящены описанию

всего лишь одного клинического случая патологии [2, 16, 23, 28, 39, 45, 65, 73, 74, 78–80]. Еще по одному автору описывают течение изучаемой патологии у пяти [70] и трех [18] пациентов соответственно. Обобщив представленные в этих работах сведения, мы получили информацию, хотя бы отчасти характеризующую состояние проблемы многоуровневого спондилолиза. Оказалось, что в общей сложности у 21 пациента спондилолизным процессом был поражен 51 позвонок. Более чем в половине случаев дефект диагностирован в межсуставной части дуги LV позвонка — 27 (52,94%) наблюдений. На «долю» LIV и LIII позвонков пришлось по 12 (23,52%) и 5 (9,82%) наблюдений соответственно. По два (3,92%) случая заболевания было зарегистрировано в дугах LI и LII позвонков. По одному (1,96%) клиническому наблюдению — в дугах ThXII, CIV и CV позвонков. Из 21 описанного в литературе наблюдения за пациентами среди обследованных было 13 (61,9%) мужчин и 8 (38,1%) женщин. Двусторонняя локализация спондилолиза зарегистрирована в отношении 37 (72,54%) позвонков, односторонняя — в дугах 14 (27,46%) позвонков. У 17 (80,95%) из 21 больного течение спондилолиза сопровождалось спондилолистезом различной степени тяжести. В качестве лечебных средств были использованы как консервативные, так и оперативные методы.

Отдельно следует выделить клинические наблюдения С. Zhang с соавторами за 9 пациентами, у каждого из которых был диагностирован спондилолиз поясничных позвонков на двух уровнях и, как следствие, сформировавшийся на этих же уровнях спондилолистез. Особенностью полученных результатов было то, что патология чаще встречалась у женщин [81]. Подходы к проводимой терапии были сходными с лечебной тактикой других авторов.

Научных статей отечественных специалистов, посвященных обсуждению основных аспектов многоуровневого спондилолиза дуг позвонков, нам встретить не удалось.

Среди различных категорий пациентов, страдающих спондилолизом и спондилолизным спондилолистезом поясничной локализации особый практический интерес представляют беременные женщины [82]. Гормональная перестройка организма и изменение биомеханики всего позвоночника у женщин в гестационный период в значительной части случаев приводит к появлению (или усилению) болевого синдрома поясничной локализации, осложняющего течение беременности, а значит и развитие плода [83, 84]. Особенно ярко это выражено в случаях, если у беременных имеются заболевания пояснично-крестцовой локализации, в том числе спондилолиз и спондилолистез, при котором в зависимости от степени тяжести вертеб-

рогенной патологии в большей или меньшей степени уменьшен размер входа в малый таз [85]. К сожалению, обнаруженные публикации на эту тему в научных базах данных малочисленны и относятся к периоду 1980–1990 гг. К современным научным работам указанной тематики могут быть отнесены публикации отечественных авторов [85, 86].

Представленные в настоящем обзоре литературы научные публикации отечественных и зарубежных авторов позволяют в сконцентрированной форме получить современную информацию об основных аспектах такой актуальной для травматологии и ортопедии проблемы, как спондилолиз. Нередко эта патология находится в «тени» более тяжелого заболевания, такого как спондилолистез, и при отсутствии его лучевых симптомов часто своевременно не диагностируется. В то же время поясничный болевой синдром, вызванный спондилолизом, заметно снижает качество жизни пациентов и нередко приводит к изменениям привычного режима двигательной активности, в том числе спортивной деятельности [10, 22].

Своевременная диагностика спондилолиза и последующая разработка индивидуальных мер реабилитации, не только повысят качество жизни больных, но и в ряде случаев позволят предотвратить такое тяжелое заболевание, как спондилолистез.

Литература [References]

1. Gezer N.S., Balci A., Kalemci O., Köremezli N., Başara Akın I., Ur K. Vertebral body bone mineral density in patients with lumbar spondylolysis: a quantitative CT study. *Diagn Interv Radiol.* 2017;23(5):385-389. DOI: 10.5152/dir.2017.16463.
2. Scharifi G., Jahanbakshi A., Daneshpajouh B., Rahimzadeh A. Bilateral Three-Lewell Lumbar Spondylolysis Repaired by Hook-Screw Technique. *Global Spine J.* 2012;21(1):51-56. DOI: 10.1055/s-0032-1307255.
3. Скрыбин Е.Г. Спондилолиз и спондилолизный спондилолистез нижних поясничных позвонков у детей и подростков. *Гений ортопедии.* 2017;23(1):71-73. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-1-71-73. Skryabin E.G. [Spondylolysis and isthmic spondylolisthesis of the lower lumbar vertebrae in children and adolescents]. *Genij Ortopedii.* 2017;23(1):71-73. (In Russian).
4. Kim H.J., Crawford C.H., Ledonio C., Bess S., Larson A.N., Gates M. et al. Current evidence regarding the diagnostic methods for pediatric lumbar spondylolysis: a report from the scoliosis research society evidence based medicine committee. *Spine Deform.* 2018;6(2):185-188. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.08.010.
5. Bourassa-Moreau E., Labell H., Parent S., Hresko M.T., Sucato D., Lenke L.G. et al. Expectation for postoperative improvement in health-related quality of life in young patients with lumbosacral spondylolysis: a prospective cohort study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019;44(3):181-186. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002788.
6. Deckey D.G., Kalish L.A., Hedegui D., Emans J., Proctor M., Glotzbecker M. et al. Surgical Treatment of

- Developmental Spondylolysthesis: Contemporary Series With a Two-Surgeon Team. *Spine Deform.* 2019;7(2):275-285. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.08.004.
7. Warner W.C., Mendonça R.G.M. Adolescent spondylolysis: management and return to play. *Instr Course Lect.* 2017;66:409-413.
 8. Garry J.P., McShane J. Lumbar spondylolysis in adolescent athletes. *J Fam Pract.* 1998;47(2):145-149.
 9. Yurube T., Kakutani K., Okamoto K., Manabe M., Maeno K., Yoshikawa M. et al. Lumbar spondylolysis: A report of four cases from two generations of a family. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2017;25(2):2309499017713917. DOI: 10.1177/2309499017713917.
 10. Скрыбин Е.Г., Колунин Е.Т. Профилактика травм и обострений заболеваний позвоночного столба в процессе спортивной подготовки. *Теория и практика физической культуры.* 2018;(7):33-35.
Skryabin E.G., Kolunin E.T. [Spinal traumas and disorders prevention in athletic training process]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury.* 2018;7:33-35. (In Russian).
 11. Нейгебауэр Ф.Л. К науке о так называемом соскальзывании позвонков. В кн.: Труды II съезда русских врачей. М., 1887. С. 6-8.
Neugebauer F.L. К науке о так называемом соскальзывании позвонков [To the science of the so-called sliding vertebrae]. In: Trudy II s'ezda russkikh vrachei [Proceedings of the II congress of Russian doctors]. Moscow, 1887. pp. 6-8. (In Russian).
 12. Митбрейт И.М. Спондилолистез. М.: Медицина, 1978. 272 с.
Mitbreit I.M. [Spondylolisthesis]. Moscow: Medicina, 1978. 272 p. (In Russian).
 13. Продан А.И., Грунтовский А.Г., Куценко В.А., Колесниченко В.А. Диспластический спондилолистез: обзор современных концепций лечения. *Хирургия позвоночника.* 2004;(4):23-33.
Prodan A.I., Gruntovsky A.G., Kutsenko V.A., Kolesnichenko V.A. [Treatment of dysplastic spondylolisthesis: current concepts review]. *Hirurgia pozvonochnika [Spine Surgery].* 2004;(4):23-33. (In Russian).
 14. Wren T.A.L., Ponrartana S., Aggabao P.C. Increased lumbar lordosis and smaller vertebral cross-sectional area are associated with spondylolysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2018;43(12):833-838. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002480.
 15. Nielsen E., Andras L.M., Skaggs D.L. Diagnosis spondylolysis and spondylolysthesis is delayed six months after seeing nonorthopedic providers. *Spine Deform.* 2018;6(3):263-266. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.10.008.
 16. Yamamoto N., Miki T., Nasu Y., Nishiyama A., Dan'ura T., Matsui Y., Ozaki T. Congenital double-level cervical spondylolysis: a case report and review of the literature. *Eur Spine J.* 2017;26(Suppl 1):181-185. DOI: 10.1007/s00586-017-5005-y.
 17. Kushare I.V., Colo D., Kadhim M., Dormans J.P. Bilateral C6 spondylolysis with spondylolisthesis in 3 adolescent siblings. *J Pediatr Orthop.* 2014;34(7):e40-43. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000175.
 18. Sairyo K., Sakai T., Yasui N., Kiapour A., Biyani A., Ebraheim N., Goel V.K. Newly occurred L4 spondylolysis in the lumbar spine with pre-existence L5 spondylolysis among sports players: case reports and biomechanical analysis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2009;129(10):1433-1439. DOI: 10.1007/s00402-008-0795-3.
 19. Lawrence K.J., Elser T., Stromberg R. Lumbar spondylolysis in the adolescent athlete. *Phys Ther Sport.* 2016;20:56-60. DOI: 10.1016/j.ptsp.2016.04.003.
 20. Kessous E., Borsinger T., Rahman A., d'Hemecourt P.A. Contralateral spondylolysis and fracture of the lumbar pedicle in a young athlete. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42(18):E1087-E1091. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002086.
 21. Kolcun J.P.G., Cheing L.O., Madhavan K., Wang M.Y. Minimal-invasive versus conventional repair of spondylolysis in athletes: a review of outcomes and return to play. *Asian Spine J.* 2017; 11(5): 832-842. DOI: 10.4184/asj.2017.11.5.832.
 22. Selhorst M., Fischer A., MacDonald J. Prevalence of spondylolysis in symptomatic adolescent athletes: an assessment of sport risk in nonelite. *Clin J Sport Med.* 2017;14. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000546. [Epub ahead of print].
 23. Schmidt T., Heini P., Benneker L. A rare case of non-traumatic, multi-level, bilateral pedicle fractures of the lumbar spine in a 60-year-old patient. *Eur Spine J.* 2017;26(Suppl 1):197-201. DOI: 10.1007/s00586-017-5029-3.
 24. Bartochowski Ł., Jurasz W., Kruczyński J. A minimal soft tissue damage approach of spondylolysis repair in athletes: preliminary report. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2017;27(7):1011-1017. DOI: 10.1007/s00590-017-1974-0.
 25. Grodahl L.H., Fawcett L., Nazareth M., Smith R., Spencer S., Heneghan N., Rushton A. Diagnostic utility of patient history and physical examination data to detect spondylolysis and spondylolisthesis in athletes with low back pain: a systematic review. *Man Ther.* 2016;24:7-17. DOI: 10.1016/j.math.2016.03.011.
 26. Hanke L.F., Tuakli-Wosornu Y.A., Harrison J. The relationship between sacral slope and symptomatic spondylolysis in a cohort of high school athletes: a retrospective analysis. *PM R.* 2018;10(5):501-506. DOI: 10.1016/j.pmrj.2017.09.012.
 27. Devalan J.A., Stence N.V., Mirsky D.M., Gralla J., Fadell M.F. Confidence in Assessment of Lumbar Spondylolysis Using Three-Dimensional Volumetric T2-Weighted MRI Compared With Limited Field of View, Decreased-Dose CT. *Sports Health.* 2016;8(4):364-371. DOI: 10.1177/1941738116653587.
 28. Hersh D.S., Kim Y.H., Razi A. Multi-level spondylolysis. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2011;69(4):339-343.
 29. D'Angello Del Campo M.D., Suby J.A., García-Laborde P., Guichón R.A. Spondylolysis in the past: A case study of hunter-gatherers from Southern Patagonia. *Int J Paleopathol.* 2017;19:1-17. DOI: 10.1016/j.ijpp.2017.07.001.
 30. Lemoine T., Fournier J., Odent T., Sembély-Taveau C., Merenda P., Sirinelli D., Morel B. The prevalence of lumbar spondylolysis in young children: a retrospective analysis using CT. *Eur Spine J.* 2018;27(5):1067-1072. DOI: 10.1007/s00586-017-5339-5.
 31. Nitta A., Sakai T., Coda Y., Takata Y., Higashino K., Sakamaki T., Sairyo K. Prevalence of symptomatic lumbar spondylolysis in pediatric patients. *Orthopedics.* 2016;39(3):e434-437. DOI: 10.3928/01477447-20160404-07.
 32. Kalichman L., Guermazi A., Li L., Hunter D.J., Suri P. Faset Orientation and Tropism: Associations with Spondylolysis. *J Spinal Disord Tech.* 2010;23(2):101-105. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31819afb80.
 33. Kalichman L., Kim D.H., Li L., Guermazi A., Berkin V., Hunter D.J. Spondylolysis and spondylolisthesis: prevalence and association with low back pain in the adult community-based population. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(2):199-205. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31818edcfd.
 34. Gregg C.D., Dean S., Schneiders A.G. Variables associated with active spondylolysis. *Phys Ther Sport.* 2009;10(4):121-124. DOI: 10.1016/j.ptsp.2009.08.001.
 35. Скрыбин Е.Г., Шарыпова А.А. Взаимосвязь заболевания позвоночника и стоп у детей. *Медицинская наука и образование Урала.* 2016;17(2):45-48.

- Skryabin E.G., Sharypova A.A. [Relationship of diseases spine and feet in children]. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala* [Medical Science and Education of the Urals]. 2016;17(2):45-48. (In Russian).
36. Lee G.W., Lee S.M., Suh B.G. Direct repair surgery with screw fixation for young patients with lumbar spondylolysis: patient-reported outcomes and fusion rate in a prospective interventional study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40(4):E240-241. DOI:10.1097/BRS.0000000000000714.
 37. Panteliadis P., Nagra N.S., Edwards K.L., Behrbalk E., Boszczyk B. Athletic Population with Spondylolysis: Review of Outcomes following Surgical Repair or Conservative. *Global Spine J*. 2016;6(6):615-625. DOI: 10.1055/s-0036-1586743.
 38. Надulich К.А., Теремшонов А.В., Нагорный Е.В. Лечение пациентов со спондилолистезом методом костной аутопластики и остеосинтеза дужки позвонка. *Хирургия позвоночника*. 2011;(1):16-19. DOI: 10.14531/ss2011.1.16-19.
 - Nadulich K.A., Teremshonok A.V., Nagornyi E.V. [Treatment of patients with spondylolysis by bone autoplasty and osteosynthesis of vertebral body arch]. *Hirurgia pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2011;(1):16-19. (In Russian). DOI: 10.14531/ss2011.1.16-19.
 39. Saraste H. Symptoms in relation to the level of spondylolysis. *Int Orthop*. 1986;10(3):183-185. DOI: 10.1007/bf00266206.
 40. Alton T.B., Patel A.M., Lee M.J., Chapman J.R. Pediatric cervical spondylolysis and American football. *Spine J*. 2014;14(6):1-5. DOI: 0.1016/j.spinee.2013.09.037.
 41. Paik N.C. Bilateral cervical spondylolysis of C7. *Spine J*. 2010;10(11):e10-13. DOI: 10.1016/j.spinee.2010.08.024.
 42. Ahn P.G., Yoon D.H., Shin H.C., Kim K.N., Lee D.Y., Yang M.S., Ha Y. Cervical spondylolysis: three cases and review current literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(3):E80-83. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b95dea.
 43. Губин А.В., Ульрих Э.В. Синдромальный подход к ведению детей с пороками развития шейного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2010;(3):14-19. DOI: 10.14531/ss2010.3.14-19.
 - Gubin A.V., Ulrikh E.V. [Syndrome approach to the treatment of children with cervical spine abnormalities]. *Hirurgia pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2010;(3):014-19. (In Russian).
 44. Farah K., Pech-Gourg G., Graillon T., Scavarda D., Fuentes S. A new minimally invasive technique for primary unstable C2 spondylolysis in an 8-year-old child: A case report and review of the literature. *World Neurosurg*. 2018;115:79-84. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.04.013.
 45. Kim W.J., Song Y.D., Choy W.S. Multilevel thoracolumbar spondylolysis with spondylolisthesis at L4 on L5. *Clin Orthop Surg*. 2015;7(3):410-413. DOI: 10.4055/cios.2015.7.3.410.
 46. Tezuka F., Sairyo K., Sakai T., Dezawa A. Etiology of adult-onset stress fracture in the lumbar spine. *Clin Spine Surg*. 2017;30(3):E233-E238. DOI: 10.1097/BSD.000000000000162.
 47. Виссарионов С.В., Мурашко В.В., Белянчиков С.М., Кокушин Д.Н., Солохина И.Ю., Гусева И.А. и др. Хирургическое лечение спондилолистеза L5 позвонка у детей. Возможности заднего доступа. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2014;2(3):24-33. DOI: 10.17816/PTORS2324-33.
 - Vissarionov S.V., Mursachko V.V., Belyanchikov S.M., Kokushin D.N., Solokhina I.Y., Guseva I.A. et al. [Surgical treatment of L5-spondylolisthesis vertebrae in children. Benefits of posterior approach]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2014;2(3):24-33. (In Russian). DOI: 10.17816/PTORS2324-33.
 48. Randall R.M., Silverstein M., Goodwin R. Review of pediatric spondylolysis and spondylolisthesis. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2016;24(4):184-187. DOI: 10.1097/JSA.000000000000127.
 49. Lyras D.N., Tilkeridis K., Stravrakis T. Progression of spondylolysis to isthmic spondylolisthesis in an adult without accompanying disc degeneration: a case report. *Acta Orthop Belg*. 2008;74(1):141-144.
 50. McCuniff P.T., Yoo H., Yu C., Bajwa N.S., Toy J.O., Ahn U.M., Ahn N. Spondylolysis and end plate arthrosis at L5-S1: a cadaveric study. *Orthopedics*. 2017;40(1):e59-e64. DOI: 10.3928/01477447-20160915-03.
 51. Mora de Sambricio A., Garrido-Stratenwerth E. Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2014;58(6):395-406. DOI: 10.1016/j.recot.2014.05.009. (In Spanish).
 52. Ravichandran G. Multiple lumbar spondylolysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1980;5(6):552-557.
 53. Urrutia J., Zamora T., Cuellar J. Does the prevalence of spondylolysis and spina bifida occulta observed in pediatric patients remain stable in adults? *Clin Spine Surg*. 2017;30(8):E1117-E1121. DOI: 10.1097/BSD.000000000000209.
 54. Libson E., Bloom R.A., Shapiro Y. Scoliosis in young men with spondylolysis or spondylolisthesis. A comparative study in symptomatic and asymptomatic subjects. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1984;9(5):445-447.
 55. Михайловский М.В., Садовой М.А., Белозеров В.В. Сколиоз и спондилолистез: обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2017;14(3):23-31. DOI: 10.14532/ss2017.3.23-31.
 - Mikhaylovsky M.V., Sadovoy M.A., Belozеров V.V. [Scoliosis and spondylolisthesis: literature review]. *Hirurgia pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2017;14(3):23-31. (In Russian). DOI: 10.14532/ss2017.3.23-31.
 56. Mohammed N., Patra D.P., Narayan V., Savardekar A.R., Dossani R.H., Bollqm P. et al. A comparison of the techniques of direct pars interarticularis repairs for spondylolysis and low-grade spondylolisthesis: a meta-analysis. *Neurosurg Focus*. 2018;44(1):E10. DOI: 10.3171/2017.11.FOCUS17581.
 57. Виссарионов С.В., Мурашко В.В., Дроздецкий А.П., Крутелев Н.А., Белянчиков С.М. Современный подход к лечению спондилолистеза у детей. *Хирургия позвоночника*. 2009;(3):56-63.
 - Vissarionov S.V., Murashko V.V., Drozdetskiy A.P., Krutelev N.A., Belyanchikov S.M. [Modern approach to treatment of spondylolisthesis in children]. *Hirurgia pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2009;(3):56-63. (In Russian).
 58. Kirby D.J., Dietz H.C., Sponseller P.D. Spondylolisthesis is common early and severe in loyes-dietz syndrome. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(8):e455-e461. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001203.
 59. Булатов А.В., Климов В.С., Евсюков А.В. Хирургическое лечение спондилолистезов низкой степени градации: современное состояние проблемы. *Хирургия позвоночника*. 2016;13(3):68-77. DOI: 10.14531/ss2016.3.68-77.
 - Bulatov A.V., Klimov V.S., Evsyukov A.V. [Surgical treatment of low grade spondylolisthesis: the modern state of the problem]. *Hirurgia pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2016;13(3):68-77. (In Russian).
 60. Niggemann P., Kuchta J., Hadizadeh D., Pieper C.C., Schild H.H. Classification of spondylolytic clefts in patients with spondylolysis or isthmic spondylolisthesis

- using positional MRI. *Acta Radiol.* 2017;58(2):183-189. DOI: 10.1177/0284185116638566.
61. Goda Y., Sakai T., Harada T., Takao S., Takata Y., Higashino K. et al. Degenerative changes of the facet joints in adults with lumbar spondylolysis. *Clin Spine Surg.* 2017;30(6):E738-E742. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000217.
 62. Dhouib A., Tabard-Fougere A., Hanguinet S., Dayer R. Diagnostic accuracy of MR imaging for direct visualization of lumbar pars defect in children and young adults: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2018;27(5):1058-1066. DOI: 10.1007/s00586-017-5305-2.
 63. Kim M.W., Lee K.Y., Lee S. factors associated with the symptoms of young adults with L5 spondylolysis. *Asian Spine J.* 2018;12(3):476-483. DOI: 10.4184/asj.2018.12.3.476.
 64. Raudenbush B.L., Chambers R.C., Silverstein M.P., Goodwin R.C. Indirect pars repair for pediatric isthmic spondylolysis: a case series. *J Spine Surger.* 2017;3(3):387-391. DOI: 10.21037/jss.2017.08.08.
 65. Dunn A.S., Baylis S., Ryan D. Chiropractic management of mechanical low back pain secondary to multi-level lumbar spondylolysis with spondylolisthesis in a United States Marine Corps veteran: a case report. *J Chiropr Med.* 2009;8(3):125-130. DOI: 10.1016/j.jcm.2009.04.003.
 66. Колчанов К.В. ЭМГ-признаки проявления корешкового синдрома у больных со спондилолистезом L4-L5 позвонков. *Здоровье и образование в XXI веке.* 2007;10:364.
Kolchanov K.V. [EMG signs of radicular syndrome in patients with spinal ligament L4-L5]. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke.* [Health and Education in the 21st Century]. 2007;10:364. (In Russian).
 67. Tofte J.N., Carllee T.L., Holte A.J., Sitton S.E., Weinstein S.L. Spondylolysis: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42(10):777-782. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001912.
 68. Grantham S.A., Imbriglia J.E. Double-level spondylolysis and transitional vertebra. Case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57(5):713-714.
 69. Al-Sebai M.W., Al-Khawashki H. Spondyloptosis and multi-level spondylolysis. *Eur Spine J.* 1999;8(1):75-77. DOI: 10.1007/s005860050130.
 70. Chang J.H., Lee C.H., Wu S.S., Lin L.C. Management of multiple level spondylolysis of the lumbar spine in young males: a report of six cases. *J Formos Med Assoc.* 2001;100(7):497-502.
 71. Мазуренко А.Н. Спондилодез поясничного отдела позвоночника при дегенеративных поражениях и деформациях. *Медицинские новости.* 2011;(7):20-26.
Mazurenko A.N. [Spondylodesis of the lumbar spine with degenerative lesions and deformities]. *Meditinskiiye novosti* [Medical News]. 2011;(7):20-26. (In Russian).
 72. Sakai T., Tezuka F., Yamashita K., Takata Y., Higashino K., Nagamachi A., Sairyo K. Conservative treatment for bony healing in pediatric lumbar spondylolysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42(12):E716-E720. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001931.
 73. Wong L.C. Rehabilitation of a patient with a rare multi-level isthmic spondylolisthesis: a case report. *J Can Chiropr Assoc.* 2004;48(2):142-151.
 74. Arai T., Sairyo K., Shibuya I., Kato K., Dezawa A. Multilevel direct repair surgery for three-level lumbar spondylolysis. *Case Rep Orthop.* 2013;2013:472968. DOI: 10.1155/2013/472968.
 75. Eingorn D., Pizzutillo P.D. Pars interarticularis fusion on multilevel levels of lumbar Multiple lower lumbar spondylolysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1985;10(3):250-252.
 76. Mohi Eldin M. Minimal access direct spondylolysis repair using a pedicle screw – rod system: a case series. *J Med Case Rep.* 2012;6:396. DOI: 10.1186/1752-1947-6-396.
 77. Mo J., Zhang W., Zhong D., Xu H., Wang L., Yu J., Luo Z. Is preventative long-segment surgery for multi-level spondylolysis necessary? *PLoS One.* 2016;11(2):e0149707. DOI: 10.1371/journal.pone.0149707.
 78. Voisin M.R., Witiw C.D., Deorajh R., Guha D., Oremakinde A., Wang S., Yang V. Multilevel spondylolysis repair using the «smiley face» technique with 3-dimensional intraoperative spinal navigation. *World Neurosurg.* 2018;109:e609-e614. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.10.046.
 79. Privett J.T., Middlemiss J.H. Multiple lower lumbar spondylolysis. *Br J Radiol.* 1975;48(574):866-869. DOI: 10.1259/0007-1285-48-574-866.
 80. Park K.H., Ha J.W., Kim H.S., Moon S.H., Lee H.M., Kim H.J., Kim J.Y. Multiple levels of lumbar spondylolysis – a case report. *Asian Spine J.* 2009;3(1):35-38. DOI: 10.4184/asj.2009.3.1.35.
 81. Zhang C., Ye C., Lai Yu., Liu H., Ne T., Zhang H. et al. Two-level lumbar spondylolysis and spondylolisthesis: a retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):55. DOI: 10.1186/s13018-018-0723-3.
 82. Saraste H. Spondylolysis and pregnancy: risk analysis. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 1986;65(7):727-729.
 83. Brynhildsen J., Hansson P., Persson M., Hammar M. Monitoring patients with lower back pain during pregnancy. *Obstet Gynecol.* 1998;91(2):182-186.
 84. Heidary P., Farahbakhsh F., Rostami M., Noormahammadpour P., Kordi R. The role of ultrasound in diagnosing the cases of pain low back: review of literature. *Asian J Sports Med.* 2015;6(1):e23803. DOI: 10.5812/asj.23803.
 85. Скрыбин Е.Г., Решетникова Ю.С., Юхвид Е.В. Спондилолистез у беременных женщин: особенности клиники, диагностики, лечения. *Дальневосточный медицинский журнал.* 2009;(2):51-53.
Skryabin E.G., Reschetnikova Yu.S., Yhvid E.V. [Spondylolisthesis in pregnant women: peculiarity of symptoms, diagnostics, treatment]. *Dal'nevostochnyy meditsinskii zhurnal.* 2009;(2):51-53. (In Russian).
 86. Дуров М.Ф., Скрыбин Е.Г. Клиническая картина заболеваний позвоночника у беременных женщин, оперированных ранее по поводу вертеброгенной патологии. *Хирургия позвоночника.* 2007;(1):64-68.
Durov M.F., Skryabin E.G. [Clinical presentations of spine disorders in pregnant women previously operated on for vertebral pathology]. *Hirurgiya pozvonochnika* [Spinal surgery]. 2007;(1):64-68. (In Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Скрыбин Евгений Геннадьевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии с курсом детской травматологии, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень

INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Evgeny G. Skryabin — Dr. Sci. (Med.), professor, Department of Traumatology and Orthopedics with a course in Pediatric Traumatology, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

Комментарий к статье «Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? (критический обзор литературы и собственных наблюдений)»

В.В. Даниляк

ГБУЗ ЯО «Ярославский областной клинический госпиталь ветеранов войн –
международный центр „Здоровое долголетие“, Ярославль, Россия

Comment to the Article „Classifications of Acetabular Defects: Do They Provide an Objective Evidence for Complexity of Revision Hip Joint Arthroplasty? (Critical Literature Review and Own Cases)“

V.V. Danilyak

Yaroslavl Regional Clinical Hospital of War Veterans – International Center „Healthy Longevity“,
Yaroslavl, Russian Federation

Уважаемый редактор!

С большим интересом я прочитал статью Р.М. Тихилова с соавторами «Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава?», опубликованную в первом выпуске журнала за 2019 г.

В статье проведен критический анализ надежности и статистической значимости различных систем классификаций дефектов вертлужных впадин, а также их ценности с точки зрения предлагаемых алгоритмов ревизионных вмешательств, как

по данным многочисленных источников литературы, так и собственных наблюдений авторов.

На наш взгляд, принимаемое в качестве аксиомы положение «о повсеместном увеличении количества случаев ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава (ТБС)» несколько гипертрофировано. Многолетние наблюдения, представленные в национальных регистрах артропластики, показывают, что ревизионные вмешательства ежегодно составляют примерно 10% от числа первичных операций [1, 2].

Опережающий прирост ревизионных вмешательств в отдельных центрах может наблюдаться только на этапе обучения, в начале широкого клинического внедрения методики. Как только число первичных тотальных артропластик ТБС в регионе достигает ежегодной расчетной величины в 140–170 операций на 100000 взрослого населения, количество ревизий стабилизируется и остается

• Комментарий к статье

Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О. Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? (критический обзор литературы и собственных наблюдений). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):122-141. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141.

Даниляк В.В. Комментарий к статье «Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? (критический обзор литературы и собственных наблюдений)». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):166-169. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-166-169.

Cite as: Danilyak V.V. [Comment to the Article, „Classifications of Acetabular Defects: Do They Provide an Objective Evidence for Complexity of Revision Hip Joint Arthroplasty? (Critical Literature Review and Own Cases)“]. *Traumatoiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):166-169. (In Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-166-169.

Даниляк Владимир Викторович / Vladimir V. Danilyak; e-mail: v-danilyak@mail.ru

неизменным. Исключением становятся специализированные учреждения: в России, например, это институты федерального подчинения, «концентрирующие» ревизии со всех регионов страны.

Авторы подчеркивают, что результаты ревизионной артропластики на порядок хуже, чем при первичных операциях. Действительно, летальность после таких вмешательств в 5 раз выше, инфекционные осложнения в 8 раз чаще, а вывихи эндопротезов и тромбоэмболические осложнения увеличиваются почти в 10 раз [3]. Мы согласны, что основной причиной неудовлетворительных исходов является дефицит костей, обеспечивающих опору для ревизионного имплантата. Дефекты возникают не только вследствие остеолита – биологической реакции на продукты износа эндопротеза. Они образуются и в результате циклических смещений нестабильных конструкций, и во время удаления остеоинтегрированных чашек, ножек или цементной мантис. Без классификации костного дефекта невозможно грамотно спланировать ревизионную артропластику ТБС.

Классификации ацетабулярных дефектов, связанных с эндопротезированием, начали разрабатываться во второй половине 1980-х гг. Очевидно, причиной явились многочисленные ревизии имплантатов, установленных в странах Западной Европы и США в начале 1970-х гг., когда тотальная артропластика ТБС получила повсеместное распространение. Вполне естественно, что первые классификации (Engelbrecht E., Heinert K., 1987; Gustilo R.B., Pasternak H.S., 1988; Engh C.A., Glassman A.H., 1988) носили, скорее, описательный характер и не предлагали конкретного технического решения проблемы.

Значимым событием явилось появление классификации Н.Р. Chandler и В.Л. Penenberg в 1989 г. [4]. В ней впервые были введены понятия «ограниченный костный дефект» (кавитарный, полостной, внутрискелетный, не распространяющийся на ацетабулярный край) и «неограниченный костный дефект» (сегментарный, захватывающий края впадины или ее колонны). Первый тип дефекта не препятствовал фиксации полусферической чашки и замещался путем импакции кости или ее заменителей. Второй тип дефекта препятствовал фиксации полусферической чашки и требовал замещения структурным трансплантатом. Дальнейшую детализацию и развитие эта классификация получила в работах J.A. D'Antonio с соавторами (1989). После утверждения Комиссией по тазобедренному суставу (Committee on the Hip) в 1990 г. в литературе ее стали называть классификацией Американской академии ортопедической хирургии (AAOS). Было выделено важное с точки зрения лечебной тактики состояние нарушения целостности тазового кольца.

В 1993 г. А.Е. Gross предложил схожую классификацию. Он уточнил характеристики неограниченных дефектов и определил критический показатель 50% — объем сохранившейся безымянной кости, способной стать опорой ревизионному имплантату. В дальнейшем классификация была дополнена K.J. Saleh с соавторами из группы А.Е. Gross.

В том же 1993 г. свою классификацию ацетабулярных дефектов опубликовал W.G. Paprosky. За основу были взяты хорошо известные анатомические ориентиры и линии, подробно описанные E. Letournel и R. Judet [5]. Они легко определялись по прямой и косым проекциям рентгенограмм таза, и их деформации и разрывы характеризовали наличие дефектов той или иной части вертлужной впадины. Опороспособность оставшейся неповрежденной безымянной кости оценивалась в процентах площади контакта с полусферической чашкой.

Обычно, анализируя надежность классификаций ацетабулярных дефектов, сравнивают именно три этих системы. Проигрывая AAOS и А.Е. Gross в согласованности внешней экспертизы, классификация W.G. Paprosky значительно опережает их с точки зрения согласованности внутренней экспертизы и достоверности (карта 0,6–0,7).

Тот факт, что после 1993 г. происходило лишь минимальное уточнение и дополнение уже имеющихся классификаций, свидетельствует об их валидности. Единичные вновь появившиеся системы оценки дефектов вертлужной впадины, например GIR (Italian Society of Revision Surgery) или немецкой DGOT, имели чисто локальное значение.

Еще одним подтверждением явилось создание лечебного алгоритма на основе классификации W.G. Paprosky с добавлением нарушения целостности тазового кольца и учетом возможности применения современных имплантатов из трабекулярного металла и индивидуальных конструкций. Алгоритм построен по бинарной системе с двумя вариантами ответов на каждый из поставленных вопросов («да» или «нет») и активно используется уже в течение 15 лет [6].

В последние два десятилетия появились новые диагностические возможности: качественная компьютерная томография; 3D-реконструкция; программы по очистке изображения от артефактов, «наведенных» металлическими компонентами эндопротезов; создание виртуальных и пластиковых моделей и т.д. Несомненно, это существенно расширяет наши представления о форме и протяженности ацетабулярных дефектов, а также о вариантах их замещения. Авторы комментируемой статьи задаются вполне закономерным вопросом: Насколько актуальна и необходима классификация W.G. Paprosky на современном этапе развития тотальной артропластики ТБС? Вторая часть работы

посвящена анализу рентгенограмм собственных наблюдений и сложности их трактовки с точки зрения обозначенной выше системы.

Переходим к наиболее спорной части наших комментариев. Дело в том, что мы вторгаемся в сферу экспертных суждений (IV класс уровня доказательности). Они формируются на основе информации, получаемой в ходе специального образования, из литературных источников, во время общения с другими членами экспертного сообщества и, наконец, собственного опыта. И хотя истинность суждения определяется его соответствием объективной действительности, интерпретация тех или иных понятий у разных экспертов бывает различной. Чем сложнее понятие, тем больше различных суждений можно услышать. Классификация W.G. Paprosky сложнее систем AAOS и A.E. Gross, поэтому согласованность внешней экспертизы у нее ниже (карта 0,37 — посредственная).

Исходя из этого, попробуем высказать несколько экспертных суждений, отличных от мнения авторов комментируемой статьи.

Рассмотрим, например, наблюдение с неправильно сросшимся переломом правой вертлужной впадины (рис. 2 в статье). Можно предположить, что это был двухколонный перелом с неустранимым ротационным смещением задней колонны. Кольцо Muller имплантировано в порочном положении со смещением краниально и кзади. Как классифицировать имеющийся дефект? Конечно, это дефект IIIa, «вверх-и-кнаружи» относительно истинного центра вращения. Можно ли ориентироваться на анатомо-рентгенологические маркеры, используемые в классификации W.G. Paprosky? Можно, но для этого необходимо выполнить рентгенограммы в косых проекциях (подвздошной и запирающей), чтобы оценить разрывы референтных линий и состояние колонн. И это прекрасно показано в классическом руководстве E. Letournel и R. Judet, проанализировавших результаты лечения 123 пациентов с неправильно сросшимися или несросшимися ацетабулярными переломами [5]. Кстати, авторы статьи выполнили ревизию строго по лечебному алгоритму W.G. Paprosky для IIIa дефектов, установив аугмент из трабекулярного металла и полусферическую чашку, правда, в обратной, по сравнению с общепринятой, последовательности.

В наблюдении на рисунке 4 с высоким вариантом врожденного вывиха бедра произошло ятрогенное разрушение медиальной стенки с протрузией сегмента чашки в полость малого таза — дефект IIc по системе W.G. Paprosky. На второй день протрузия усугубилась, увеличилось центральное смещение. Мы не можем согласиться с тем, что дефект приобрел характер IIIb — нет краниализации имплантата на ≥ 3 см. И вновь в ходе ревизии точно воспроизведе-

ден алгоритм W.G. Paprosky для дефекта IIc: импакционная пластика медиальной стенки (сетка + аллокрошка) и полусферическая цементная чашка.

К оценке тяжести разрушения тазовой кости нельзя подходить формально. Обратите внимание на обширность зоны остеолита, превышающей 3 см в краниальном направлении над уровнем чашки (рис. 5). Действительно, имплантат фиксирован краями на оставшихся островках кости и не смещен кверху, но разве можно сказать, что это дефект II типа? Мысленно «уберите» ацетабулярный компонент эндопротеза, «зачистите» зону остеолита, и перед вами появится дефект типа IIIa.

Возникает вопрос: почему в наблюдениях на рисунках 5 и 7 в среднесрочном периоде наступило смещение каудальных отделов чашек кнутри и кверху? Позволим себе связать это с техническими нарушениями упомянутого лечебного алгоритма. Так как менее 50% площади поверхности имплантата опирается на тазовую кость хозяина, такую фиксацию по W.G. Paprosky следует считать небюрологической. На весь длительный период инкорпорации, васкуляризации и перестройки аллокрошки, превращающейся в грубоволокнистую, а затем и пластинчатую кость, чашка эндопротеза должна оставаться в неподвижном состоянии. Чаще всего для этого используется костный цемент с клетками (кейджам) или без них, реже — имплантаты бесцементной фиксации. При этом они непременно должны заклиниваться краями при входе во впадину и обязательно дополнительно фиксироваться, как минимум, тремя винтами [7]. Очевидно, одно или оба этих условия были нарушены.

На рисунках 9 и 10 продемонстрированы дефекты IIIa и IIIb различной степени распространенности и глубины, а также варианты их замещения, исходя из тяжести патологии. На наш взгляд, пример на рисунке 9a можно отнести к типу IIIb, а на рисунке 10a — к типу IIc, так как на них нет смещения центра ротации эндопротеза краниально ≥ 3 см. Поэтому применение полусферических чашек в ходе ревизии закономерно. Мы не пытаемся дискутировать с авторами статьи или подвергать сомнению их заключения. Но то, что авторы считают исключением из правил, на наш взгляд, служит лишь подтверждением статистической значимости и валидности оценочной системы W.G. Paprosky и предложенного им лечебного алгоритма.

Нуждается ли эта система в дальнейшей детализации, выделении уточняющих групп и подгрупп, дающих характеристики кавитарным и сегментарным дефектам, а также разрывам тазового кольца? Мы считаем, что излишняя подробность и детализация сделает систему W.G. Paprosky чересчур громоздкой и сложной. Может быть, пойти по пути M.E. Muller с соав-

торами, предложивших два варианта Детальной классификации переломов длинных костей (Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones): упрощенный — для повседневной практики и коммуникации, развернутый — для научной работы и клинических исследований [8]? В течение 25 лет при общении с коллегами достаточно было назвать тип и подтип дефекта и все становилось понятным. Очевидно, что дефекты I и II типов — в основном кавитарные, а III типа — обычно сегментарные или смешанные. Разрушение медиальной стенки, равно как и разрывы тазового кольца, более характерны для дефектов IIIb, нежели для IIIa, потому что имплантат смещен «кверху-и-кнутри».

Основные принципы лечебного алгоритма так же просты и логичны. Кавитарные дефекты импактируются крошкой и чипсами, сегментарные замещаются структурными фрагментами. Если большая часть поверхности имплантата опирается не на таз, а на пересаженную аллокость — фиксация небологическая. Трансплантаты на время перестройки должны быть защищены кейджами. К аугментам из трабекулярного металла, трехфланцевым чашкам и индивидуальным конструкциям нужно относиться как к «здоровой губчатой кости». Они фиксируются к неизменной части таза, остеointегрируются и обеспечивают биологическую фиксацию. Зона разрыва тазового кольца способная к сращению компрессируется (остеосинтез), а неспособная к сращению стабилизируется путем дистракции (расклинивания).

Классификация W.G. Paprosky была и остается «рабочей лошадкой» ревизионного эндопротезирования ТБС. Улучшатся способы диагностики

и визуализации костных дефектов, появятся новые материалы и имплантаты, но общие принципы лечебного алгоритма останутся неизменными до тех пор, пока существующая оперативная ортопедия не будет вытеснена биотехнологиями клонирования тазобедренного сустава из собственных клеток пациента.

Литература [References]

1. National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and The Isle of Man. 14th Annual Report. 2017. Available from: <http://www.njrreports.org.uk/portals/0/pdfdownloads/NjR%2014th%20annual%20Report%202017.pdf>
2. Swedish Hip Arthroplasty Register. 2017. Available from: <https://registercentrum.blob.core.windows.net/shpr/r/Annual-Report-2016-B1eWEH-mHM.pdf>
3. Badarudeen S., Shu A.C., Ong K.L., Baykal D., Lau E., Malkani A.L. Complications after revision total hip arthroplasty in the Medicare Population. *J Arthroplasty*. 2017;32(6):1954-1958. DOI: 10.1016/j.arth.2017.01.037.
4. Chandler H.P., Penenberg B.L. Acetabular reconstruction. In: Bone Stock Deficiency in Total Hip Replacement: Classification and Management. Thorofare, NJ: Slack, 1989. p. 49. ISBN: 9780943432618.
5. Letournel E., Judet R. Fractures of the Acetabulum. 2nd Edition. Berlin: Springer-Verlag; 1993. 733 p.
6. Paprosky W.G., O'Rourke M., Sporer S.M. The treatment of acetabular bone defects with an associated pelvic discontinuity. *Clin Orthop Relat Res*. 2005;441: 216-220.
7. Chen H.T., Wu C.T., Huang T.W., Shih H.N., Wang J.W., Lee M.S. Structural and Morselized Allografting Combined with a Cementless Cup for Acetabular Defects in Revision Total Hip Arthroplasty: A 4- to 14-Year Follow-Up. *Biomed Res Int*. 2018 Feb 4; 2018:2364269. DOI: 10.1155/2018/2364269.
8. Muller M.E., Nazarian S., Koch P., Schatzker J. The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones. Berlin: Springer-Verlag; 1990. 201 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Даниляк Владимир Викторович — канд. мед. наук, заведующий ортопедическим отделением Ярославского областного клинического госпиталя ветеранов войн, г. Ярославль

INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Vladimir V. Danilyak — Cand. Sci. (Med.), head of the Orthopedic Department, Yaroslavl Regional Clinical Hospital of War Veterans, Yaroslavl, Russian Federation

Клара Ильинична Шапиро К 80-летию со дня рождения

1 мая 2019 года свое 80-летие отметила Клара Ильинична Шапиро — профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения с курсом экономики и управления здравоохранением Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова.

Клара Ильинична родилась в 1939 году в городе Туле.

В 1957 она году поступила в Первый Ленинградский медицинский институт им. акад. И.П. Павлова. После окончания в 1963 году вуза Клара Ильинична по распределению работала главным врачом центральной районной больницы города Тотьмы Вологодской области, позже — заместителем главного врача Кокчетавской центральной районной больницы в Казахстане.

С 1965 по 1968 год Клара Ильинична обучалась в аспирантуре на кафедре социальной гигиены и организации здравоохранения Первого Ленинградского медицинского института им. акад. И.П. Павлова. Будучи ученицей профессора С.Я. Фрейдлина, она внесла большой теоретический и практический вклад в развитие организации травматолого-ортопедической помощи в стране.

После окончания аспирантуры Клара Ильинична получила должность младшего научного сотрудника Ленинградского (ныне Российского) научно-исследовательского института травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена. В институте она работала на протяжении 35 лет, из которых 25 — руководителем научно-организационного отдела.

Во время работы в институте Клара Ильинична готовила материалы для коллегий Минздрава России и Комитета по здравоохранению администрации Санкт-Петербурга, разрабатывала проекты, приказы и распоряжения на общероссийском, региональном и городском уровнях, участвовала в подготовке съездов, семинаров и научно-практических конференций.

Несмотря на большую загруженность, Клара Ильинична активно занималась научной деятельностью. В 1969 году она защитила кандидатскую, а в 1987 году — докторскую диссертации. Ее исследование, посвященное распространенности заболеваний опорно-двигательного аппарата и определению потребности больных в специализированной стационарной, амбулаторной, санаторно-курортной и протезно-ортопедической помощи, стало самым масштабным в этой сфере.



Кроме того, Клара Ильинична проводила исследования, связанные с фармакоэкономической оценкой эффективности химиотерапии в системе онкологической помощи, с совершенствованием деятельности кабинета медицинской статистики поликлиники, с организацией высокотехнологичной помощи пациентам со злокачественными новообразованиями.

С 2003 по 2011 год Клара Ильинична была заместителем директора Медицинского информационно-аналитического центра Комитета по здравоохранению правительства Санкт-Петербурга.

Ее работа отмечена знаком «Отличник здравоохранения» (1981), почетной грамотой (2001) и благодарностью Министерства здравоохранения России (2002).

Всего Клара Ильинична имеет 402 печатные работы, является автором и соавтором 6 монографий, 18 учебников для студентов медицинских вузов и руководств для врачей, 26 методических рекомендаций, утвержденных Минздравом России.

На протяжении всей трудовой деятельности Клара Ильинична поддерживала научные связи с кафедрой общественного здоровья и здравоохранения Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова, а с 2011 года стала профессором кафедры. Она курирует важное направление — подготовку клинических ординаторов по специальности «Организация здравоохранения и общественное здоровье».

Под руководством Клары Ильиничны выполнен целый ряд научно-исследовательских работ, имеющих большое значение для здравоохранения города и страны: 40 кандидатских и 4 докторские диссертации.

Коллеги Клары Ильиничны отмечают ее интеллигентность, глубокую порядочность, скром-

ность, доброжелательное отношение к ученикам и коллективу кафедры. Она — талантливый ученый, блестящий организатор, учитель, который охотно делится своими знаниями, специалист с широчайшим кругом интересов, добрый и отзывчивый человек. Поэтому Клару Ильиничну уважают и ценят все, кто её знает.

Редакция журнала «Травматология и ортопедия России» поздравляет Клару Ильиничну с юбилеем и желает ей крепкого здоровья и неугасающей жизненной энергии!

Валентин Александрович Неверов

К 75-летию со дня рождения

27 апреля 2019 года исполнилось 75 лет со дня рождения и 51 год врачебной, научной, педагогической и общественной деятельности заслуженного врача РФ, заведующего кафедрой травматологии и ортопедии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова, доктора медицинских наук, профессора Валентина Александровича Неверова.

В.А. Неверов родился 27 апреля 1944 г. в городе Уральске в семье врачей. С начала обучения и до окончания школы увлеченно занимался рисованием и живописью, неоднократно участвовал в выставках городского и союзного уровня, занимал призовые места. По окончании школы был выбор поступления в художественный или медицинский институт. По совету родителей была выбрана профессия врача. В 1968 г. окончил лечебный факультет 1 ЛМИ им. акад. И.П. Павлова, в 1969 г. — интернатуру по общей хирургии. С 1970 по 1974 г. обучался в аспирантуре на кафедре травматологии и ортопедии ЛенГИДУВа, по окончании которой успешно защитил кандидатскую диссертацию по теме: «Влияние distraction и компрессии на форму и морфологию кости». Начиная с 4-го курса обучения в институте, а затем обучение в аспирантуре совмещал с работой врача скорой помощи реанимационно-хирургической бригады. С 1974 г. — ассистент, а с 1986 г. — доцент кафедры травматологии и ортопедии ЛенГИДУВа. В 1990 г. защитил докторскую диссертацию на тему: «Эндопротезирование при переломах и ложных суставах шейки бедра у больных пожилого возраста» и назначен заведующим кафедры травматологии и ортопедии СПбМАПО с присвоением ученого звания профессор.

Основные научные исследования Валентина Александровича Неверова и возглавляемого им коллектива посвящены реконструктивно-восстановительной хирургии опорно-двигательного аппарата и эндопротезированию суставов. В.А. Неверов первым в стране осуществлял эндопротезирование тазобедренного сустава в первые часы после перелома шейки бедренной кости, а также эндопротезирование у пациентов с асептическим некрозом головки бедренной кости, перенесшими трансплантацию почек и находящихся на гемодиализе. В условиях научно-исследовательского института детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера внедрил эндопротезирование при выраженных деструктивных изменениях суставов у детей.



В.А. Неверов автор более 500 научных работ, 5 монографий, одна из которых, «Ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава» (1997), является первой в стране на столь актуальную тему и получила высокую оценку и признание у специалистов. Он автор глав в многотомных руководствах, 18 методических рекомендаций, 37 патентов на изобретения.

В.А. Неверов выступает с научными докладами на международных конгрессах в Берлине, Мюнхене, Милане, Стокгольме и др.

Под его руководством защищены 4 докторских и 12 кандидатских диссертаций, при этом были соискатели из Сирии, Ливана, Палестины, Нигерии, Камеруна, Польши и др.

В.А. Неверов является членом редколлегии журналов «Вестник хирургии имени И.И. Грекова» и «Травматология и ортопедия России», членом SICOT, членом объединенного диссертационного совета РНИИТО им. Р.Р. Вредена и ВМедА им. С.М. Кирова и заместителем председателя аттестационной комиссии по присуждению врачебных категорий.

В.А. Неверов внес огромный вклад в подготовку кадров ортопедов-травматологов: на кафедре прошли обучение и переподготовку около 14 тысяч специалистов из всех регионов России и некоторых зарубежных стран.

Заслуги В.А. Неверова высоко оценены государством — ему присвоено почетное звание Заслуженного врача РФ (1998).

Помимо научной, педагогической и хирургической деятельности В.А. Неверов продолжает увлекаться живописью. Он неоднократно участвовал в выставках, представляя свои работы маслом и акварелью, получая высокую оценку критиков.

Трудолюбие, широкий кругозор, блестящая хирургическая техника, высокое педагогическое мастерство, принципиальность и чуткость к коллегам по работе, учащимся и пациентам снискали глубокое уважение к Валентину Александровичу.

Коллектив кафедры травматологии и ортопедии СЗГМУ им. И.И. Мечникова и редакция журнала «Травматология и ортопедия России» поздравляют В.А. Неверова с юбилеем и желают ему крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов на благо нашей страны!

Александр Федорович Краснов К 90-летию со дня рождения

Прошло четыре года с тех пор, как ушел из жизни большой ученый, педагог, врач, талантливый организатор — академик РАН Александр Федорович Краснов. В июне 2019 года ему исполнилось бы 90 лет.

Александр Федорович родился 21 июня 1929 года в деревне Александровка Новоспасского района Ульяновской области.

В 1947–1953 годы А.Ф. Краснов учился в Куйбышевском медицинском институте им. Д.И. Ульянова (КМИ им. Д.И. Ульянова). Как отличный студент и активный кружковец, он был замечен профессором А.М. Аминевым и приглашен в клиническую ординатуру на кафедру госпитальной хирургии. В 1955 году А.Ф. Краснов поступил в аспирантуру. Там он увлекся ортопедией и попал под научное «крыло» профессора А.П. Евстროпова.

В 1958 году А.Ф. Краснов защитил кандидатскую диссертацию и был избран ассистентом на кафедру госпитальной хирургии. В 1963 году ему присвоено ученое звание доцента. В 1963 году состоялась успешная защита докторской диссертации, посвященной сухожильно-мышечной пластике — новому направлению ортопедии.

С 1966 года А.Ф. Краснов был заведующим Второй кафедрой госпитальной хирургии — будущей кафедрой травматологии и ортопедии, которой он руководил до 2003 года.

В 1967 году он стал ректором КМИ им. Д.И. Ульянова и руководил им на протяжении 30 с лишним лет — до 1998 года. Усилиями А.Ф. Краснова КМИ им. Д.И. Ульянова из однофакультетного вуза перерос во многофакультетный, а в 1993 году стал Самарским государственным медицинским университетом (СамГМУ).

Академиком А.Ф. Красновым внедрена сухожильно-мышечная пластика, благодаря которой были поставлены на ноги тысячи больных полиомиелитом. Впервые на большом клиническом материале он доказал перспективность и необходимость пересадки слабых мышц у пациентов с вялыми параличами. Это было прорывом в миологии. Способы пересадки мышц, разработанные А.Ф. Красновым, были щадящими, восстанавливали оптимальный тонус под новую функцию. Был разработан комплекс упражнений, способствующих выработке нового двигательного стереотипа. За научно-практическую разработку этого направления коллективу кафедры под руководством А.Ф. Краснова в 1997 году была присуждена



Государственная премия РФ в области науки и техники. Среди новых идей: микрохирургия, биомеханика, гипербарическая оксигенация — лечение больных с травмами и патологиями опорно-двигательного аппарата при помощи кислорода под повышенным давлением.

В 1986 году А.Ф. Краснов был избран членом-корреспондентом АМН СССР, а в 1993 году — действительным членом РАМН. В 1991 году он стал президентом Ассоциации травматологов-ортопедов России. В 2001 году А.Ф. Краснов был награжден медалью «За вклад в развитие здравоохранения» и орденом Дружбы.

За время его управления институтом создана мощная материально-техническая база, позволившая развернуть новые кафедры и факультеты. Были построены новые корпуса, реконструированы и реставрированы почти все учебные базы с расширением их территорий, улучшением оснащения и обеспечения. На новых базах, кроме лечебного, были развернуты стоматологический, фармацевтический, военно-медицинский факультеты, а также: медицинских психологов, медицинских менеджеров и медицинских сестер. Кроме того, был создан факультет постдипломной подготовки, реорганизованный в последующем в институт последипломного обучения.

Впервые в России в СамГМУ под руководством А.Ф. Краснова была воплощена в жизнь инте-

грированная система довузовского образования первого звена в профессиональной ориентации и последующем формировании специалистов.

Академик А.Ф. Краснов в своей книге «Научно-педагогические школы, их профессиональная и социальная значимость» дает следующее определение содержанию и сути понятия научно-педагогической школы: «Научно-педагогическая школа — это творческий коллектив, объединенный, заряженный и зараженный научно-педагогической идеей, вплоть до фанатизма. Коллектив возглавляет крупный ученый и лидер, в коллективе веет дух свободы, свободомыслия и взаимного уважения и доверия».

Научно-педагогическая школа травматологов-ортопедов имеет международное признание и оказывает серьезное влияние на развитие этого научного направления в отечественной медицине. На базе СамГМУ по линии научно-педагогической школы травматологов-ортопедов был проведен ряд всесоюзных, всероссийских и международных мероприятий, наиболее значимыми из которых являются: Всесоюзное совещание по совместной работе науки и практики (1973); Всесоюзный пленум травматологов-ортопедов (1979); Всероссийский съезд травматологов-ортопедов (1984, 2006).

А.Ф. Краснов подготовил 18 докторов и 45 кандидатов медицинских наук. Его ученики становились крупными руководителями, министрами и заместителями министров здравоохранения, директорами научно-исследовательских институтов, ректорами медицинских вузов, заведующими кафедрами.

Дело, которому А.Ф. Краснов служил всю жизнь, его родной университет, перешло в 1998 году в надежные руки его достойного ученика — академика РАН, профессора Г.П. Котельникова. История Учителя и Ученика в очередной раз показывает удивительные качества характера А.Ф. Краснова — умение без ревности подготовить, воспитать преемника, передать ему не только кафедру, но и руководство вузом. Ректор СамГМУ профессор Г.П. Котельников говорит о своем наставнике: «Учитель не только тот, кто учит, а тот, у кого хотят учиться, у кого учатся, кого избирают себе в учителя. Такой Учитель для нас это — Александр Федорович Краснов». С 1 февраля 2016 года кафедра травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии Самарского государственного медицинского университета названа именем академика РАН А.Ф. Краснова.

*Коллектив кафедры
травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии
имени академика РАН А.Ф. Краснова
Самарского государственного медицинского университета*

Леонид Борисович Резник (1963–2019)



25 мая 2019 года ушел из жизни Леонид Борисович Резник — доктор медицинских наук (2006), профессор (2013), заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, врач высшей категории, член Ассоциации травматологов-ортопедов России, главный внештатный травматолог-ортопед Омской области.

Леонид Борисович окончил в 1986 году Омскую государственную медицинскую академию, в 1987 году на базе Отделенческой клинической больницы на ст. Омск-Пассажирский — интернатуру по специальности «хирургия». С 1987 по 2000 год работал врачом травматологом-ортопедом. С 1995 по 1997 год проходил обучение в заочной аспирантуре на кафедре госпитальной хирургии Омского государственного медицинского института. С 2000 по 2002 год работал ассистентом кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ Омской государственной медицинской академии.

В 1988 году Л.Б. Резник защитил кандидатскую, а в 2006 году — докторскую диссертации. С 1997 года на кафедре совместно с учеными и инженерами Омского технического университета Л.Б. Резник принимал участие в разработке новых технологий цементного эндопротезирования крупных суставов. Сегодня технология признана и применяется многими ведущими клиниками страны.

С 2002 по 2008 год Л.Б. Резник был заведующим травматолого-ортопедическим отделением Отделенческой больницы на ст. Омск-Пассажирский, совмещая эту работу с работой ассистента кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ Омской государственной медицинской академии. С 2008 по 2019 год профессор Л.Б. Резник возглавлял кафедру травматологии и ортопедии Омского ГМУ.

Под руководством профессора Л.Б. Резника выполнено 9 кандидатских и одна докторская диссертации. Он является автором 149 публикаций, 3 монографий, 5 методических пособий и медицинских технологий, которые в основном посвящены вопросам эндопротезирования, лечения гнойных осложнений, развитию технологии эндопротезирования коленного сустава.

В наиболее результативный период своей деятельности, с 2008 года и до последних дней, Леонид Борисович выполнял самые сложные операции и осуществлял научное руководство в БУЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области».

Вдумчивый профессионал, хорошо разбирающийся в проблемах пациентов и отрасли, он долгие годы работал на посту главного внештатного травматолога-ортопеда Министерства здравоохранения Омской области и был Президентом региональной общественной организации «Омская ассоциация травматологов-ортопедов». Как настоящий энтузиаст своего дела, он был идейным вдохновителем и организатором крупнейших в нашем регионе медицинских форумов, на которые приезжали ведущие травматологи-ортопеды страны.

Леонид Борисович пользовался большим авторитетом среди профессионалов за пределами нашего региона: работал в Президиуме Российской ассоциации по остеопорозу (РАОП), представлял нашу страну в авторитетной Американской академии ортопедических хирургов (AAOS), был членом диссертационного совета Новосибирского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии, членом редколлегии журнала «Политравма».

Он видел, в каких разделах омской травматологии проблемы стоят наиболее остро, где сильнее всего страдают люди, и направлял все свои силы, чтобы организовать помощь в этих направлениях. Так, он стал инициатором создания одного из самых сложных и уникальных хирургических отделений Сибири – отделения гнойной остеологии БУЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области». С коллективом центра его связывало не просто многолетнее сотрудничество. Для нас он был не только профессором с именем, наставником и научным руководителем, но и настоящим другом. Каждая утренняя планерка здесь проходила с его при-

сутствием. А мудрые советы помогали принимать стратегически верные решения. Здесь он воспитал талантливых молодых врачей, которые продолжают его дело.

Профессор Л.Б. Резник был одним из тех, кто активно осваивал новые технологии операций эндопротезирования и органосохраняющие методики в Омске. Его методы и научные разработки хорошо известны и применяются не только в нашем регионе. До последнего времени, пока позволяли силы и здоровье, он оперировал.

Он ушел слишком рано, ему было всего 56. Но память о нем сохранится в наших сердцах, а многие из его задумок продолжают воплощаться в жизнь.

Скорбим

*Коллектив Клинического медико-хирургического центра
Министерства здравоохранения Омской области*

*Кафедра травматологии, ортопедии и ВПХ
Омской государственной медицинской академии*

Редакция журнала выражает глубокие соболезнования в связи со смертью
Леонида Борисовича Резника

Общие положения

В журнале «Травматология и ортопедия России» публикуются статьи по широкому кругу проблем травматологии и ортопедии, а также смежным специальностям.

Журнал имеет следующие рубрики:

- Клинические исследования
- Теоретические и экспериментальные исследования
- Методы исследований
- Организация травматолого-ортопедической помощи
- Новые технологии в травматологии и ортопедии
- Случаи из практики
- Дискуссии
- Обзоры
- Письма в редакцию.

Также мы публикуем материалы к юбилейным и памятным датам, очерки по истории травматологии и ортопедии, отчеты о научно-практических конференциях и симпозиумах.

Порядок подачи рукописей

Основным способом подачи статьи является загрузка через сайт журнала. Для этого необходимо зарегистрироваться на сайте, или, если у вас уже есть аккаунт на сайте, авторизоваться, используя ваш логин и пароль для входа, затем перейти в раздел «Подать статью» в личном кабинете (доступен для зарегистрированных и авторизованных пользователей).

При подаче рукописи должны быть загружены следующие файлы:

1. Основной файл

Рукописи, поступающие в редакцию, проходят процедуру двойного слепого рецензирования, в соответствии с которой они направляются экспертам без указания авторов и их институциональной аффилиации. Поэтому основной файл не должен содержать фамилий авторов, названия учреждений и их упоминания в тексте статьи. Он должен содержать:

- Название статьи
- Структурированное резюме на русском языке объемом 250–400 слов, в котором излагается краткое содержание статьи: актуальность, цель исследования, материал и методы, результаты (конкретные данные и их статистическая значимость) и выводы. По авторскому резюме должна быть понятна суть статьи, в нем следует приводить фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. Сокращений следует избегать.

• Ключевые слова или словосочетания (от 3 до 6), которые будут способствовать правильному индексированию статьи. Рекомендуется использовать термины из списка медицинских предметных заголовков U.S. National Library of Medicine (Medical Subject Headings): <https://meshb.nlm.nih.gov/search>

- Текст статьи.
- Информация о конфликте интересов и финансировании.
- Благодарности (если таковые имеются).
- Этика публикации.
- Список литературы.

2. Титульный лист:

- Название статьи
- Фамилии и инициалы авторов
- Полное наименование учреждения, в котором работает(ют) автор(ы) в именительном падеже с обязательным указанием статуса организации (аббревиатура перед названием) и ведомственной принадлежности; город, страна. Если авторы работают в разных организациях, принадлежность их к своему учреждению обозначается цифрами
- e-mail автора статьи, ответственного за связь с редакцией.

3. Полные данные об авторах, необходимые для обработки журнала в Российском индексе научного цитирования:

- Ф.И.О. полностью
- ученая степень, ученое звание
- должность и наименование учреждения, в котором работает автор.

4. Информация на английском языке:

- Заглавие статьи.
- Транслитерация фамилий авторов в латинском алфавите <http://translit.net/ru/bsi/> (вариант BSI).
- Название организации с указанием города, страны, структурированное резюме и ключевые слова.
- Сведения об авторах в том же объеме, как на русском языке.

Переводы на английский язык с применением компьютерных переводчиков не принимаются

5. Направление от организации

В качестве дополнительного файла следует загрузить электронный вариант направления от организации, подтверждающего право автора на публикацию данного материала. В направлении должно быть указано, что представленный материал не был ранее опубликован или направлен в другие периодические издания с целью публи-

кации, а также что в статье не содержится информации ограниченного доступа и она может быть опубликована в открытой печати.

6. Лицензионный договор

Согласно вступившей в действие IV части Гражданского кодекса РФ, с 2012 года между авторами статей и редакцией журнала заключается Лицензионный договор о предоставлении права использования произведения, согласно которому автор передает свои права на использование произведения издателю. Электронный вариант заполненного и подписанного всеми авторами договора также следует загрузить в качестве дополнительного файла.

7. Иллюстрации в формате JPEG с указанием номера рисунка (при их наличии в статье).

8. Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей.

Не допускается направление в редакцию работ, уже напечатанных или отправленных в другие редакции. Редакция имеет право редактировать и сокращать рукописи. Принятые статьи публикуются бесплатно. Рукописи статей авторам не возвращаются.

Рецензирование

Этап **предварительного рецензирования** предусматривает оценку правильности оформления статей, соответствия ее требованиям журнала, качества списков литературы и перевода реферата на английский язык. Кроме того, все публикуемые материалы рассматриваются экспертом по статистике, который дает заключение о правильности статистической обработки материала. Если при предварительном рецензировании были выявлены недочеты, рукопись возвращается авторам на доработку.

Рукописи статей, прошедших предварительное рецензирование, направляются на **научное рецензирование**, которое организовано по принципу двойного слепого. В соответствии с ним рукописи направляются экспертам без указания авторов и их институциональной аффилиации. Аналогичным образом редакция не раскрывает личности экспертов авторам и третьим лицам в соответствии с общепринятыми международными стандартами экспертного рецензирования в научных журналах.

Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов, имеют научные звания и публикации по тематике рецензируемой статьи в течение последних 3 лет. Рецензирование осуществляется как членами редакционного совета, так и приглашенными рецензентами. Рецензенты уведомляются о том, что содержание присланных

им рукописей не подлежит разглашению. Средний срок рецензирования составляет один месяц, но в некоторых случаях может быть продлен. Если рецензия не позволяет создать адекватное представление о рукописи и перспективах ее публикации, редакция может направить работу на повторное рецензирование другому эксперту.

Если рецензия содержит рекомендации по исправлению и доработке статьи, ответственный секретарь журнала направляет текст рецензии авторам. В течение трех месяцев статья должна быть представлена на повторное рецензирование. Если авторы нарушают эти сроки, статья рассматривается как вновь поступившая. Окончательное решение о публикации статьи принимается редколлегией журнала, после чего ответственный секретарь информирует об этом автора и указывает сроки публикации. В случае отказа в публикации статьи автору направляется мотивированный отказ. Рукописи статей и оригиналы рецензий хранятся в редакции журнала в течение пяти лет.

Структура статей

Структура научной статьи

1. Структурированное резюме на русском и английском языках объемом 250–400 слов, в котором излагается краткое содержание статьи: актуальность, цель исследования, материал и методы, результаты (конкретные данные и их статистическая значимость) и выводы. По авторскому резюме должна быть понятна суть статьи, в нем следует приводить фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. Сокращений следует избегать. Ключевые слова или словосочетания (от 3 до 6), которые будут способствовать правильному индексированию статьи.

2. В разделе «Введение» описывается состояние изучаемой проблемы, ее актуальность и значимость. Следует упомянуть опубликованные работы по данной теме, обозначить их достоинства и недостатки, т. е. показать необходимость проведения исследования. В конце данного раздела указывается цель исследования или гипотеза, проверяемая исследованием или наблюдением.

3. В раздел «Материал и методы» необходимо включать только ту информацию, которая была доступна на момент составления плана или протокола исследования. Вся информация, полученная во время исследования, указывается в разделе «Результаты». Сокращения и аббревиатуры расшифровываются при первом их использовании в тексте и в дальнейшем используются в неизменном виде. В данном разделе должны быть четко отражены следующие моменты: тип исследования; способ отбора участников исследования; методика проведения измерений; способы представления и обработки данных; этические принципы.

Детально следует описывать только новые методы. На ранее опубликованные и общеизвестные достаточно сослаться в списке литературы.

Следует четко описать принципы, в соответствии с которыми проводился отбор участников клинического исследования или эксперимента (пациенты или лабораторные животные, включая контрольные группы), указывая при этом критерии соответствия и исключения. В связи с тем, что значение таких показателей, как пол и возраст, для цели исследования не всегда ясно, авторам следует объяснить, почему, например, они включили в исследование только участников определенного возраста, или почему исключили женщин. Ведущим принципом должна быть ясность по поводу того, как и почему исследование было выполнено именно так. Поскольку рукописи подвергаются двойному слепому рецензированию, не следует указывать учреждение, на базе которого выполнялось исследование. Рекомендуется указывать название действующего вещества, а не торгового (коммерческого названия), названия использованных аппаратуры, оборудования, реактивов и т.д. с указанием фирмы-изготовителя.

Этика публикации

При представлении исследований с участием человека авторы должны указать, были ли проведены процедуры оценки протокола исследования официальным комитетом по этике (локальным и национальным) или, при его отсутствии — соответствует ли исследование требованиям Хельсинкской декларации пересмотра 2013 г. (<https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>). Пациенты имеют право на защиту информации личного характера, которая не может быть раскрыта без информированного согласия. Персональная информация, включающая имена, инициалы или номера историй болезни, не должна публиковаться ни в письменном виде, ни в виде фотографий или родословных, если только она не является необходимой для научных целей, и пациент (родитель или опекун) не предоставил письменное информированное согласие на подобную публикацию. При получении информированного согласия пациенту необходимо показать рукопись, которая будет публиковаться. Авторы должны сообщить пациенту, будут ли его персональные сведения доступны в Интернете или в печатных изданиях после публикации рукописи. С учётом соответствующих требований и законодательства письменное согласие пациента должно храниться у авторов. Автор должен предоставить журналу письменное заявление о получении и архивировании письменного согласия пациента. Несущественные персональные сведения следует опускать. В случаях каких-либо сомнений в сохра-

нении анонимности пациентов необходимо получить их информированное согласие. В частности, для обеспечения анонимности недостаточно замаскировать на фотографии область глаз пациента. При сокрытии идентифицирующих признаков авторы должны гарантировать, что такие изменения не искажают научное значение представляемых результатов.

При описании экспериментов на животных авторы должны указать, действовали ли они в соответствии с локальными и национальными стандартами по использованию и обращению с лабораторными животными. Дальнейшие указания в отношении этических норм, касающихся животных, представлены в консенсусном руководстве по вопросам этики и благополучия животных, разработанном Международной ассоциацией редакторов ветеринарных журналов (<http://veteditors.org/ethicsconsensusguidelines.html>).

Статистический анализ

Обязательно следует описать используемые статистические методы. Желательно представить количественную оценку данных и указать соответствующие параметры, отражающие ошибку измерения либо вероятностный характер результатов (например, доверительные интервалы). Не следует полагаться только на проверку статистической гипотезы, например, определение значений P , поскольку можно ошибиться в подаче важной информации о величине эффекта. Если для обработки данных применяется пакет статистических программ, следует указывать его название и версию.

4. Материал раздела «**Результаты исследования**» следует излагать в логической последовательности. Графики следует использовать как альтернативу чрезмерно объемным таблицам, но при этом не должно быть дублирования данных в графиках, таблицах и тексте. При обобщении данных следует представлять числовые результаты не только в виде производных (например, процентов), но и в виде абсолютных значений, на основании которых были рассчитаны эти производные. Вместо формулировок $p < 0,05$; $p > 0,05$ или «различия не значимы» следует указывать абсолютное значение величины p с точностью до тысячных долей (например, $p = 0,023$). Помимо достигнутого уровня значимости рекомендуется приводить фактические значения критериев и число степеней свободы. Следует помнить, что выявление статистически значимых различий еще не означает наличия достоверных или клинически важных различий, а также причинно-следственных связей.

5. В разделе «**Обсуждение**», который является обязательным для всех статей, проводятся детальный анализ и интерпретация полученных

результатов и сопоставление их с данными отечественной и зарубежной литературы. Вместо перечисления предыдущих исследований следует объяснить, почему полученные результаты отличаются от результатов, полученных другими авторами, или совпадают с ними. Не следует дословно повторять фактические данные или другую информацию, представленную в разделах «Введение» или «Результаты». Акцентируйте внимание на новых и важных аспектах исследования и выводах, следующих из них, в контексте современной доказательной базы. Следует критически описать имеющиеся ограничения и недостатки данного исследования, особенно если они оказали существенное влияние на полученные результаты или их интерпретацию, а также преимущества проведенного исследования по сравнению с аналогичными исследованиями других авторов. Укажите возможность применения полученных результатов в будущих исследованиях и клинической практике.

6. Раздел **«Выводы»** отсутствует. Краткое заключение должно соответствовать целям исследования. Следует избегать повторения результатов, избегать некачественных заявлений и выводов, не подтвержденных фактами.

7. **Информация о конфликте интересов.** Конфликтом интересов может считаться любая ситуация (финансовые отношения, служба или работа в учреждениях, имеющих финансовый или политический интерес к публикуемым материалам, должностные обязанности и др.), способная повлиять на автора рукописи и привести к сокрытию, искажению данных или изменить их трактовку. Выявленное редакцией сокрытие потенциальных и явных конфликтов интересов со стороны авторов может стать причиной отказа в рассмотрении и публикации рукописи. Необходимо также указать источник финансирования научной работы (фонд, коммерческая или государственная организация, частное лицо и др.). Если вышеперечисленные аспекты работы проводились без участия спонсоров, авторы должны это также указать.

Случаи из практики

В разделе «Случаи из практики» публикуются редкие клинические наблюдения с обязательным обсуждением и списком литературы по данной теме. Обязательно предоставление копии информированного согласия пациента или его представителей на публикацию данного клинического наблюдения. Объем статей в этом разделе не должен превышать 15 страниц. Структура статей этого раздела состоит из введения, описания нового способа/устройства, обсуждения.

Обзоры литературы

Обзоры литературы должны носить аналитический характер, отражать наиболее актуальные

проблемы специальности, представляющие интерес для широкой читательской аудитории и основываться на анализе научной литературы за последние 5-10 лет. Нельзя делать ссылки на диссертации и авторефераты диссертаций, являющиеся неопубликованными материалами, на учебную и методическую литературу. Ссылки на материалы конференций и симпозиумов допустимы, если они доступны в открытом доступе в Интернете с указанием URL адреса страницы. Обязательно указываются цель обзорной статьи, базы данных, в которых проводился информационный поиск, его хронологические рамки и ключевые слова. Объем обзорных статей не должен превышать 25–30 страниц, количество литературных источников – не более 100 наименований.

Письма в редакцию

В разделе «Письма в редакцию» публикуются комментарии и критические замечания по поводу напечатанных ранее в журнале статей, а также ответные реплики затронутых в публикациях сторон (объем – до 4 страниц).

Порядок оформления рукописей

Требования к оформлению рукописей обусловлены стремлением следовать общемировым тенденциям развития доказательной медицины и соответствовать международным стандартам качества научных изданий. Требования составлены на основании «Единых требований к рукописям, представляемым в биомедицинские журналы», разработанных Международным комитетом редакторов медицинских журналов (ICMJE) с учетом последних пересмотров (www.ICMJE.org).

Текст статьи печатается на одной стороне листа формата А4 с полуторными интервалами между строчками, стандартными полями (слева – 3 см, справа – 1 см, сверху и снизу – 2,5 см) и нумерацией страниц (сверху в центре, первая страница – без номера). Текст можно печатать в редакторе Word любой версии шрифтом Times New Roman, 14 кеглем, **без переносов**.

Иллюстрации следует вставить в текст статьи, а также представить отдельными файлами в формате TIFF или JPEG с реальным разрешением 300–600 dpi. Иллюстрации должны быть четкими и контрастными, их общее количество не должно превышать 15 (учитываются все рентгенограммы, фотографии в сгруппированных иллюстрациях). Не допускается тройная нумерация, например рис. 1 а-1, 2 б-2 и т.д. Все рисунки (фотографии, рентгенограммы, графики, диаграммы, схемы) должны иметь последовательную нумерацию, а нумерация цифровых файлов должна соответствовать их номеру в тексте статьи. Диаграммы и графики следует представлять в файлах Excel. Перед каждым рисунком в тек-

сте обязательно должна быть ссылка. Символы, стрелки или буквы, используемые на фотографиях, должны контрастировать с фоном. Подписи к иллюстрациям располагаются непосредственно под рисунком. Все обозначения и надписи на рисунках (в т. ч. графиках и диаграммах) должны быть на русском и английском языках. В подписях к микрофотографиям обязательно следует указывать метод окраски и увеличение. Если рисунок публиковался ранее, необходимо указать ссылку на оригинальный источник и получить письменное разрешение от владельца авторских прав на его репродукцию за исключением документов, находящихся в общественном доступе.

Таблицы, количество которых в тексте не должно превышать шести, позволяют представить информацию с любым желаемым уровнем точности и детализации. Включение данных в таблицы вместо текста позволяет уменьшить объем рукописи. Таблицы необходимо последовательно пронумеровать в порядке их первого упоминания в тексте, каждая таблица должна иметь название. Следует уточнить, какие параметры статистической вариабельности, например, стандартное отклонение или стандартная ошибка среднего, были оценены.

В **список литературы** включаются все источники литературы, цитируемые в тексте статьи. Не допускается делать ссылки на учебную и методическую литературу. Нормативные документы (ГОСТы, инструкции, приказы), а также патенты на изобретения приводятся в примечаниях или в скобках после их упоминания в тексте статьи. Диссертации и авторефераты диссертаций, которые являются неопубликованными документами, следует заменять статьями автора по теме диссертации.

Не следует включать в список тезисы научных конференций: их можно привести в тексте, в скобках. Ссылки на принятые в печать, но еще не опубликованные статьи следует указывать как «в печати» или «готовится к выпуску». При ссылке на электронные ресурсы надо давать точный адрес страницы в Интернете. Библиографические ссылки в тексте должны даваться цифрами в квадратных скобках в соответствии со списком литературы в конце статьи. Количество литературных источников в списке не должно превышать 40 наименований, для обзоров литературы — 100.

Ссылки должны быть пронумерованы последовательно, в соответствии с порядком их упоминания в тексте («по мере цитирования»).

Сокращения названий иностранных журналов должны соответствовать сокращениям, принятым в MEDLINE, без точек. Список цитируемой литературы составляется с указанием фамилий и

инициалов **всех авторов**. Требования к оформлению списка литературы основаны на стиле NLM (Национальной медицинской библиотеки США), адаптированном для MEDLINE (<http://ncbi.nlm.nih.gov/books/nbk7256/>).

Оформление списка литературы должно удовлетворять требованиям международных баз данных. В связи с этим при описании русскоязычных источников под тем же порядковым номером необходимо дополнительно указывать следующую информацию для цитирования на латинице: транслитерация фамилий и инициалов авторов + перевод названий статей на английский язык в квадратных скобках + транслитерация названия журнала + перевод названия журнала на английский язык. На сайте <http://www.translit.ru/> (вариант BSI) можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу.

Многие зарубежные и русскоязычные статьи зарегистрированы в системе CrossRef и имеют уникальный идентификатор цифрового объекта — Digital Object Identifier (DOI), который необходимо указывать в конце библиографической ссылки. Проверять наличие DOI следует на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com> путем введения в поисковую строку названия статьи на английском языке.

Список литературы должен быть пронумерован автоматически. Ручная нумерация не допускается!

Готовый список литературы должен выглядеть следующим образом:

1. Алексеева Л.И. Препараты замедленного действия в лечении остеоартроза. *Русский медицинский журнал*. 2012;(7):389-393.

Alekseeva L.I. [Preparations delayed action in the treatment of osteoarthritis]. *Russkii meditsinskii zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2012;(7):389-393. (In Russian).

2. Лескова И.В., Ермаков Д.Н., Матушевская Е.Г. Социально-медицинские аспекты нормализации массы тела. *Ожирение и метаболизм*. 2016;13(4):49-52.

DOI: 10.14341/OMET2016449-52.

Leskova I.V., Ermakov D.N., Matushevskaya E.G. [Socio-medical aspects of the normalization of body mass]. *Ozhirenie i metabolism* [Obesity and Metabolism]. 2016;13(4):49-52. (In Russian).

DOI: 10.14341/OMET2016449-52.

3. Keeney J.A., Nunley R.M., Baca G.R., Clohisy J.C. Are younger patients undergoing THA appropriately characterized as active? *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(3):1083-1092.

DOI: 10.1007/s11999-014-3952-8.

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ. Том 25, № 2, 2019

Подписано в печать 24.06.2019. Формат 60×84¹/₈. Объем 23 печ. л. Тираж 500 экз.
ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. 195427, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, 8.

Для заметок