

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

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

**Учредитель и издатель**

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

**Главный редактор Р.М. Тихилов**



**Том 24, № 2, 2018**

Индекс для подписки в агентстве «Роспечать» 15393

# 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, главный научный сотрудник  
(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)

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

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

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

**Гржибовский А.М.** – д-р мед. наук, профессор  
(Национальный институт общественного здравоохранения  
Норвегии, Осло, Норвегия)

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

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

**Дулаев А.К.** – д-р мед. наук, профессор  
(Первый СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова,  
Санкт-Петербург, 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)

**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)

**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)

**Кузнецов И.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

**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)

**Мионов С.П.** – академик РАН, д-р мед. наук, профессор  
(НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия)

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

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

**Норкин И.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(Саратовский НИИТО, 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)

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

**Серета 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.** – д-р мед. наук, профессор  
(Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, 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, 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.: 670-86-84; e-mail: journal@rniito.org

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

Технический редактор **Гаврилова С.В.**

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

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

# TRAUMATOLOGIYA I ORTOPEDIYA ROSSII

TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS OF RUSSIA

**Founder and Publisher**

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

**Editor-in-Chief** R.M. Tikhilov



**Vol. 24, N 2, 2018**

# 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)

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

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

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

**Andrey M. Grjibovski** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Norwegian Institute of Public Health, Oslo, Norway)

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

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

**Aleksander K. Dulaev** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Pavlov First Saint Petersburg State Medical University,  
St. Petersburg, 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)

**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)

**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)

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

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

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

**Sergey P. Mironov** – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member  
of Russian Academy of Sciences (Priorov National Medical Center  
for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)

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

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

**Igor A. Norkin** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Saratov Research  
Institute of Traumatology and Orthopedics, 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)

**Lyubov A. Rodomanova** – 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. Khomeinets** – 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  
(Tsvi'yan Novosibirsk Research Institute of Traumatology  
and Orthopedics, Novosibirsk, 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, Acad. Baikova str., St. Petersburg, Russia 195427.  
Phone +7 (812) 670-86-84; e-mail: journal@rniito.org.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Доколин С.Ю., Варфоломеев А.П., Кузьмина В.И., Артюх В.А., Марченко И.В.**  
Среднесрочные результаты реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плеча после массивного разрыва вращательной манжеты ..... 7
- Зиновьев М.П., Паськов Р.В., Сергеев К.С., Римашевский Д.В.**  
Остаточная деформация после двустороннего эндопротезирования коленных суставов: влияние на краткосрочные результаты ..... 19
- Puente Reyna A.L., Holderied M., Jäger M., Schilling C., Grupp T.M.**  
Articulation and Backside Wear Analysis after Long-Term *in vitro* Wear Simulation of Vitamin E Stabilized Polyethylene Acetabular Liners with a Press-Fit Locking Mechanism ..... 29
- Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Хусаинов Н.О., Кокушин Д.Н., Барт В.А., Белецкий А.В.**  
Особенности лучевой картины у детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков ..... 41
- Волков И.В., Карабаев И.Ш., Пташников Д.А., Коновалов Н.А., Поярков К.А.**  
Сравнительный анализ эффективности холодноплазменной нуклеопластики и радиочастотной аннулопластики при лечении дискогенных болевых синдромов ..... 49
- Серета А.П.**  
Застарелые разрывы ахиллова сухожилия — как их лечить и возможно ли спонтанное сращение? Результаты укорачивающей тенопластики ..... 59
- 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 ..... 70
- Емельяненко М.В., Лазко Ф.Л., Гаждонова В.Е.**  
Валидация русскоязычной шкалы-опросника уровня боли в плечевом суставе для выявления пациентов с субакромиальным импиджмент-синдромом ..... 80

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О., Конев В.А., Гофман И.В., Михайлова П.М., Нетылько Г.И., Васильев А.В., Анисимова Л.О., Билык С.С.**  
Костная и мягкотканная интеграция пористых титановых имплантатов (экспериментальное исследование) ..... 95

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Чуловская И.Г., Егиазарян К.А., Скворцова М.А., Лобачев Е.В.**  
Ультразвуковая диагностика синовиальных кист кисти и лучезапястного сустава ..... 108

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

- Хоминец В.В., Михайлов С.В., Шакун Д.А., Жумагазиев С.Е., Комаров А.В.**  
Артродезирование голеностопного сустава с использованием трех спонгиозных винтов ..... 117

## ОБЗОРЫ

- Колесов С.В., Михайлова Л.К., Колбовский Д.А., Переверзев В.С.**  
Хирургическое лечение цервикального стеноза у пациентов с мукополисахаридозом: систематический обзор ..... 127
- Мурылев В.Ю., Цыгин Н.А., Шутков Е.В., Жучков А.Г., Рукин Я.А.**  
Тотальное эндопротезирование тазобедренных и коленных суставов у пациентов с хронической болезнью почек (обзор литературы) ..... 138

- Цед А.Н., Дулаев А.К.**  
Первичное эндопротезирование тазобедренного сустава у больных с терминальной стадией хронической болезни почек (обзор литературы) ..... 146

## ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- Бережной С.Ю.**  
Комментарий к статье Д.В. Чугаева с соавторами «Наш подход к оперативному лечению застарелых повреждений ахиллова сухожилия. Существует ли простое решение?» ..... 154

## CONTENTS

## CLINICAL STUDIES

- Dokolin S.Yu., Varfolomeev A.P., Kuzmina V.I., Artyukh V.A., Marchenko I.V.**  
Outcomes of Reverse Arthroplasty in Patients with Shoulder Arthropathy and Massive Rotator Cuff Tear ..... 7
- Zinoviev M.P., Paskov R.V., Sergeev S.K., Rimashevsky D.V.**  
Residual Deformity after Bilateral Knee Arthroplasty: Impact on Short Term Outcomes..... 19
- Puente Reyna A.L., Holderied M., Jäger M., Schilling C., Grupp T.M.**  
Articulation and Backside Wear Analysis after Long-Term *in vitro* Wear Simulation of Vitamin E Stabilized Polyethylene Acetabular Liners with a Press-Fit Locking Mechanism ..... 29
- Vissarionov S.V., Baidurashvili A.G., Khusainov N.O., Kokushin D.N., Bart V.A., Beletsky A.V.**  
Features of Imaging Findings in Children with Congenital Thoracic Spine Deformity on the Background of Malsegmentation of Vertebrae Lateral Surface..... 41
- Volkov I.V., Karabaev I.Sh., Ptashnikov D.A., Kononov N.A., Poyarkov K.A.**  
Cold Plasma Nucleoplasty Versus Radiofrequency Annuloplasty for Discogenic Pain Syndrome: Comparative Analysis of Efficacy..... 49
- Sereda A.P.**  
Treatment Options for Neglected Achilles Tendon Ruptured: Wether Spontaneous Healing is Possible? ..... 59
- 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 ..... 70
- Emel'yanenko M.V., Lazko F.L., Gazhonova V.E.**  
Validation of the Russian Shoulder Pain Level Test-Questionary for Detection of Patients with Subacromial Impingement Syndrome ..... 80

## THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES

- Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O., Konev V.A., Gofman I.V., Mikhailova P.M., Netylko G.I., Vasiliev A.V., Anisimova L.O., Bilyk S.S.**  
Bone and Soft Tissues Integration in Porous Titanium Implants (Experimental Research) ..... 95

## RESEARCH METHODS

- Chulovskaya I.G., Egiazaryan K.A., Skvortsova M.A., Lobachev E.V.**  
Ultrasound Diagnostics of Synovial Cysts of the Hand and Wrist ..... 108

## NEW TECHNIQUES IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

- Khominets V.V., Mikhailov S.V., Shakun D.A., Shumagaziev S.E., Komarov A.V.**  
Ankle Arthrodesis with Three Cancellous Screws..... 117

## REVIEWS

- Kolesov S.V., Mikhaylova L.K., Kolbovsky D.A., Pereverzev V.S.**  
Surgical Treatment of Cervical Stenosis in Patients with Mucopolysaccharidosis: Systematic Review ..... 127

- Murylev V.Yu., Tsygin N.A., Shutov E.V., Zhuchkov A.G., Rukin Ya.A.**  
Total Hip and Knee Arthroplasty in Patients with Chronic Kidney Disease (Review) ..... 138

- Tsed A.N., Dulaev A.K.**  
Primary Hip Arthroplasty in Patients with End-Stage of Chronic Kidney Disease (Literature Review) ..... 146

## LETTERS TO EDITOR

- Berezhnoy S.Yu.**  
Commentary on "Our Approach to Treatment of Neglected Achilles Tendon Ruptures. Is there a Simple Solution?" (Chugaev D.V. et al.)..... 154

# Среднесрочные результаты реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плеча после массивного разрыва вращательной манжеты

С.Ю. Доколин, А.П. Варфоломеев, В.И. Кузьмина, В.А. Артюх, И.В. Марченко

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России  
Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия

## Реферат

**Цель исследования** — оценка среднесрочных результатов реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плечевого сустава на фоне массивного разрыва вращательной манжеты.

**Материал и методы.** Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава протезом Delta X-tend (DePuy) было выполнено 38 пациентам с декабря 2010 по декабрь 2016 г. одной хирургической бригадой. Возраст пациентов варьировал от 38 до 82 лет. Показанием к эндопротезированию являлись болевой синдром и ППБК на фоне большого или массивного разрыва ВМПС, а также АПС различной степени выраженности. Оценку результатов проводили с использованием стандартизированных шкал ASES, CS и UCLA. В рентгенологическое обследование входило выполнение рентгенограмм в прямой и аксиальной проекциях в сроки от 1 до 6 лет после оперативного вмешательства с изучением положения компонентов эндопротеза. Средний срок наблюдения за пациентами составил 24,2±6,6 мес.

**Результаты.** Хорошие результаты достигнуты у 6 (15,8%) пациентов. Средние функциональные показатели составили — 87,4±2,1 баллов по шкале ASES, 29,7±1,5 — по шкале UCLA и 14,0±2,3 — по шкале CS. Удовлетворительный исход был зарегистрирован у 27 (71,0%) обследованных пациентов: 76,2±2,3 баллов по ASES; 26,8±1,3 — по UCLA; 22,0±1,4 — по CS. Плохой результат отмечен у 5 (14,2%) пациентов с сохранившимся болевым синдромом. У 8 (21,1%) пациентов после РЭПС развились различные осложнения: у одной пациентки — остеолит с расшатыванием гленоидального компонента эндопротеза и присоединением поздней парапротезной инфекции, у 7 пациентов было зарегистрировано по одному из следующих осложнений: ранняя парапротезная инфекция (1), вывих эндопротеза (2), нейропатия двигательных ветвей подмышечного нерва (3).

**Выводы.** Чтобы избежать значительного количества осложнений после РЭПС, необходимо тщательное предоперационное планирование, которое должно проводиться с учетом особенностей деструктивных изменений суставной впадины лопатки. Для молодых, физически активных пациентов авторы рекомендуют использовать альтернативные варианты лечения, направленные на восстановление нормальной биомеханики плеча и профилактику развития артропатии.

**Ключевые слова:** разрыв вращательной манжеты плеча, артропатия плечевого сустава, реверсивное эндопротезирование плечевого сустава.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-7-18

Доколин С.Ю., Варфоломеев А.П., Кузьмина В.И., Артюх В.А., Марченко И.В. Среднесрочные результаты реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плеча после массивного разрыва вращательной манжеты. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):7-18. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-7-18.

**Cite as:** Dokolin S.Yu., Varfolomeev A.P., Kuzmina V.I., Artyukh V.A., Marchenko I.V. [Outcomes of Reverse Arthroplasty in Patients with Shoulder Arthropathy and Massive Rotator Cuff Tear]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):7-18. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-7-18.

✉ Марченко Илья Владимирович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия / Ilya V. Marchenko. 8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: marchenko.ilua@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 28.04.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 05.06.2018.

# Outcomes of Reverse Arthroplasty in Patients with Shoulder Arthropathy and Massive Rotator Cuff Tear

S.Yu. Dokolin, A.P. Varfolomeev, V.I. Kuzmina, V.A. Artyukh, I.V. Marchenko

*Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation*

## Abstract

**Purpose** — to evaluate mid-term outcomes of reverse joint replacement in patients with shoulder arthropathy and massive rotator cuff tear.

**Material and Methods.** Reverse shoulder arthroplasty with DELTA XTEND (DePuy) was performed in 38 patients in the period from December 2010 to December 2016 by the same surgical team. Patients' age ranged from 38 to 82 years. Indications for replacement were pain syndrome and pseudoparalysis of the upper limb in presence of a large or massive RC tear as well as shoulder arthropathy of various severity degree. Outcomes were evaluated by standard ASES, CS and UCLA scales. Roentgenological examination included AP and axial x-rays during follow up from 1 to 6 years after the surgery with analysis of implants positioning. Mean follow up was 24,2±6,6 months.

**Results.** Good outcomes were reported in 6 (15,8%) patients. Average functional scores were: ASES 87,4±2,1, UCLA 29,7±1,5 and CS 14,0±2,3. Satisfactory outcomes were observed in 27 (14,2%) patients: ASES 76,2±2,3, UCLA 26,8±1,3 and CS 22,0±1,4 scores. Poor outcomes were reported in 5 (14,2%) patients with persisting pain syndrome.

**Conclusion.** To avoid significant and multiple complications after reverse shoulder replacement a precise preoperative planning considering particular destructive changes of glenoid fossa is required. For young and physically active patients the authors recommend to use alternative treatment options aiming at restoration of normal shoulder biomechanics and prophylaxis of arthropathy.

**Keywords:** rotator cuff tear, shoulder arthropathy, reverse shoulder arthroplasty.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-7-18

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Одним из наиболее распространенных показаний к реверсивному эндопротезированию плечевого сустава (РЭПС) являются боль и «псевдопаралич» верхней конечности (ППВК), развивающиеся на фоне большого или массивного разрыва вращательной манжеты и сопровождающееся артропатией плечевого сустава (АПС) [1]. За последние годы в связи со значительным повышением уровня представлений ортопедов о биомеханике плечевого сустава после эндопротезирования закономерно выросло и доверие к клиническим исходам таких операций, а также произошло значительное расширение показаний к применению РЭПС у пациентов с массивными невосстановимыми разрывами вращательной манжеты плечевого сустава (ВМПС) [2–11]. Все чаще РЭПС стали применять при массивных разрывах ВМПС без признаков артрозных изменений его костно-хрящевой основы — при 1–3 стадии АПС по классификации К. Hamada [12]. При очень хороших ближайших результатах РЭПС на сегодняшний день остается неясной выживаемость таких конструкций в среднесрочном и отдаленном периодах наблюдения за пациентами, непонятны также причины ухудшения клинико-функциональных исходов, наступающие через 5–8 лет после вмешательства

[1, 13, 14]. Кроме того, частота развития осложнений, таких как парапротезные инфекции (ППИ) (0–6%), нестабильность (вывихи) эндопротеза (НЭ) (0–30%), перипротезные переломы (1–2%), лопаточный «ноттинг» синдром (НС) (44–96%) в среднесрочный и отдаленный периоды наблюдения за такими больными значительно выше, чем после обычной артропластики, а тем более, чем после любых реконструктивных вмешательств [1, 15–21]. Существующие сегодня менее радикальные варианты лечения пациентов с большими и массивными разрывами ВМПС (такие как частичная реконструкция с применением артроскопического костно-сухожильного якорного шва (АКСЯШ), замещение невосстановимых дефектов сухожилий ВМПС сухожилиями других мышц плеча или свободными биотрансплантатами) — несомненно более безопасны, но требуют длительной реабилитации в послеоперационном периоде и при этом не всегда гарантируют пациенту такое же быстрое избавление от боли и хорошее восстановление функции плеча, как после выполнения РЭПС [1, 15, 22–24]. Поэтому очень важно понимать соотношение уровня клинико-функциональных исходов в среднесрочной и отдаленной перспективе и всех рисков, связанных с выполнением реконструктивных вмешательств и РЭПС.

**Цель исследования** — оценка среднесрочных результатов реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плечевого сустава на фоне массивного разрыва вращательной манжеты.

**Материал и методы**

Материалом для данного исследования послужили результаты клиничко-рентгенологического обследования 38 пациентов с АПС на фоне массивного разрыва ВМПС (14 мужчин и 24 женщины) в возрасте от 38 до 82 лет (в среднем  $65,1 \pm 2,7$  лет), которым в период с декабря 2010 по декабрь 2016 г. одной хирургической бригадой было выполнено РЭПС протезом Delta X-tend (DePuy). Доминирующая рука была оперирована у 23 (60,5%) пациентов. Показанием к проведению оперативного вмешательства являлись болевой синдром и ППВК (отсутствие возможности активной элевации руки выше уровня  $90^\circ$ , при сохранении такой возможности для пассивных движений) на фоне большого или массивного разрыва ВМПС, а также АПС различной степени выраженности [12]. До проведения РЭПС всем пациентам неоднократно проводились курсы консервативного лечения без положительного клинического эффекта, а у 7 (18,4%) больных проведению РЭПС предшествовало реконструктивное вмешательство на ВМПС. В дооперационном периоде всем больным была выполнена стандартная рентгенография и МРТ плечевого сустава.

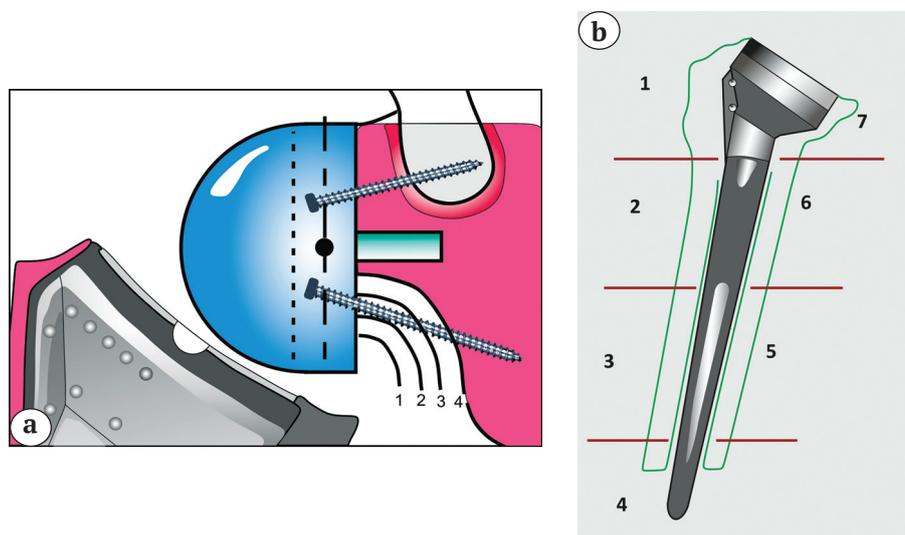
Критерии включения пациентов в исследование: наличие дооперационных МР-признаков большого (ширина на сагиттальных томограммах от 3 до 5 см) или массивного (ширина более 5 см) разрыва ВМПС с ретракцией сухожильного края 2–3 степени по классификации D. Patty, мышечной атрофии 3–4 степени по классификации D. Goutallier [18], а также АПС любой степени вы-

раженности [12]. 36 пациентов на момент дооперационного обследования имели 1–3 стадии артропатии (различную степень проксимальной миграции головки плечевой кости без рентген-признаков деформирующего артроза плечевого сустава). У 2 пациентов были зарегистрированы изменения костно-хрящевой основы плечевого сустава (4а стадия артропатии плеча).

**Клинические методы.** Клиническую оценку результатов лечения проводили с использованием стандартизированных шкал ASES, CS и UCLA, содержащих следующие разделы: болевой синдром, функциональные возможности, амплитуда движений и мышечная сила оперированной конечности. Клиничко-функциональные исходы выполнения РЭПС относили к категориям «хорошие», «удовлетворительные» или «плохие», если они подтверждались двумя и более системами оценки (UCLA, ASES, CS). Дополнительно использовали шкалу ВАШ для объективизации ожиданий пациентов в отношении положительного влияния РЭПС на болевой синдром и функциональные нарушения.

**Рентгенологические методы.** В рентгенологическое обследование входило выполнение прямых и аксиальных рентгенограмм в сроки от 1 до 6 лет после оперативного вмешательства для изучения положения компонентов эндопротеза, а также регистрацией признаков «нотчинг»-синдрома, остеолиза суставной впадины лопатки и диафиза плечевой кости в соответствии с общепринятыми классификациями. Рентгенологическая оценка гленоидального компонента эндопротеза по выраженности «нотчинг»-синдрома проводилась в соответствии с классификацией F. Sirveaux [25] (рис. 1 а).

Кроме того, проводили поиск на рентгенограммах линий остеолиза вокруг центрального «пега» метаглена и фиксирующих его винтов, между суставным отростком лопатки и метагленом,



**Рис. 1.** Степени выраженности лопаточного нотчинг-синдрома по F. Sirveaux (а); зоны рентгенологических изменений перипротезной костной ткани по классификации T. Gruen, адаптированной к диафизу плечевой кости (b)

**Fig. 1.** Degrees of scapula notching syndrome as per F. Sirveaux (a); areas of roentgenological changes of periprosthetic bone as per T. Gruen classification adapted to shoulder diaphysis (b)

а также классифицировали эти изменения в зависимости от ширины линий остеолита на две стадии — ширина зоны остеолита  $<2$  мм или  $>2$  мм. Признаками расшатывания (нестабильности) гленоидального компонента эндопротеза считали либо изменение его первоначального положения (миграцию) по сравнению с послеоперационными рентгенограммами, либо наличие линий остеолита шириной  $>2$  мм во всех перечисленных зонах.

Рентгенологическую оценку состояния плечевого компонента эндопротеза начинали с выявления и измерения ширины ( $<2$  мм или  $>2$  мм) линий остеолита вокруг ножки эндопротеза по семи анатомическим зонам в соответствии с классификацией T. Gruen [26], адаптированной к диафизу плечевой кости (рис. 1б). Признаками расшатывания (нестабильности) ножки эндопротеза считали по аналогии с гленоидальным компонентом либо изменение ее положения, либо наличие линий остеолита шириной  $>2$  мм в трех и более анатомических зонах диафиза плечевой кости. Отдельно уделяли внимание выявлению признаков так называемого stress-shielding синдрома (предвестника перипротезных переломов), возникающего в связи с перераспределением нагрузки между ножкой эндопротеза и диафизом плечевой кости. Данное состояние проявлялось остеопенией в проксимальной части диафиза плечевой кости (зоны 1–7, 2–6).

Все пациенты были оперированы в позиции «пляжное кресло» с использованием стандартного дельтовидно-пекторального доступа. Хирургическая техника имплантации реверсивного протеза проводилась в соответствии с описаниями С. Werner [27]. Во всех случаях был использован эндопротез DeltaX-tend (DePuy) с цементным типом фиксации ножки (применяли костный цемент DePuy CMW 3 с гентамицином). У 6 пациентов использовали 38 размер, у 32 больных — 42 размер гленосферы. Наиболее часто (30) применяли вкладыш  $+6$  мм, у 8 пациентов использовали вкладыши  $+3$  и  $+9$  мм.

В сроки наблюдения 2 пациента умерли, но при жизни у них не было зарегистрировано документально подтвержденных осложнений, вызванных эндопротезированием плеча.

*Статистические методы.* Сравнение данных, характеризующих пациентов, стадию АПС и проводимого хирургического лечения в трех подгруппах (с хорошим, удовлетворительным и плохим исходами) проводились с помощью теста Крускала – Уоллиса. Для сравнения показателей шкал, характеризующих клинико-функциональные исходы лечения, был использован тест Вилкоксона. Различия в показателях были приняты статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Сроки наблюдения пациентов составили от 1 до 6 лет после выполненных операций, средний срок –  $24,2 \pm 6,6$  мес. В соответствии с показателями шкал функциональной оценки ASES, CS, UCLA были определены группы пациентов с хорошими, удовлетворительными и плохими исходами после проведенного вмешательства.

Группу больных с хорошими результатами составили 6 (15,8%) пациентов. У них отсутствовали какие-либо жалобы на боль и дискомфорт в области оперированного плечевого сустава. Объем движений был следующим — отведение и сгибание (элевация) находились в диапазоне  $0/160-180^\circ$ , активная и пассивная наружная ротация приведенного плеча достигала  $45^\circ$  с возможностью активно удерживать плечевой сустав в положении максимальной наружной ротации. Пять пациентов данной группы имели возможность выполнять тяжелую физическую работу, а 3 (7,9%) из них продолжили занятия спортом на любительском уровне. Следует отметить отсутствие субъективных жалоб у этих пациентов на снижение мышечной силы в их повседневной активности. Средние показатели функциональной оценки оперированного сустава составили  $87,4 \pm 2,1$  баллов по шкале ASES,  $29,7 \pm 1,5$  — по UCLA,  $14,0 \pm 2,3$  — по CS.

Удовлетворительный исход был зарегистрирован у 27 (71,0%) обследованных пациентов. Они отмечали жалобы на непостоянные болевые ощущения в плече, связанные с определенными видами движений (отведение, заведение руки за спину или ее подъем до  $90^\circ$  и более). Амплитуда движений оперированного сустава была снижена — активная элевация и отведение находилась в диапазоне  $0/100-160^\circ$ , наружная ротация — до  $45^\circ$ . Активное отведение было возможно с грузами 1,5–2 кг. Пациенты отмечали снижение уровня повседневной физической активности (отсутствие возможности выполнять тяжелую физическую работу и заниматься спортом). Основными субъективными жалобами было снижение мышечной силы при повседневной деятельности. Средние показатели функциональной оценки оперированного сустава у этих пациентов составили —  $76,2 \pm 2,3$  по ASES;  $26,8 \pm 1,3$  по UCLA;  $22,0 \pm 1,4$  по CS.

Плохой исход получен у 5 (14,2%) пациентов, у которых отмечался болевой синдром, активное отведение и подъем руки были возможны в диапазоне  $0-130^\circ$ . При этом сохранялась способность удерживать руку в положении наружной ротации, достигнутой врачом пассивно при проведении обследования. Перечисленные признаки не позволяют констатировать наличие у этих пациентов ППВК. Активное отведение было возможно с грузами менее 1 кг.

**Болевой синдром.** На момент обследования после выполнения РЭПС из 38 пациентов болевой синдром полностью отсутствовал у 7 (18,4%), периодически возникал при физических нагрузках и деятельности в положениях рук выше горизонтального уровня у 24 (63,2%). Изменение контуров и снижение тонуса отдельных пучков дельтовидной мышцы (признак нейропатии двигательных ветвей аксиллярного нерва) отмечали 7 (18,4%) пациентов. Ожидания оперированных пациентов по снижению или исчезновению выраженности дооперационной боли по ВАШ оправдались у 34 (89,5%) больных (в среднем на 8,4 балла).

**Функция.** Степень восстановления функции плечевого сустава оценивали по трем системам оценки — CS, ASES, UCLA. Средние показатели до и после операции: ASES  $57,8 \pm 4,2 / 77,8 \pm 3,1$  баллов; по UCLA  $21,4 \pm 1,8 / 27,1 \pm 1,1$  баллов соответственно. Таким образом, у всех обследованных пациентов имела положительная динамика.

У 32 (84,2%) пациентов на момент осмотра отмечалось отсутствие или выраженное снижение возможности активной наружной ротации плеча, выражающееся в трудностях выполнения таких бытовых действий, как соблюдение личной гигиены, самообслуживание (одевания одежды). У 5 (13,1%) больных на момент осмотра наблюдали комбинированную контрактуру.

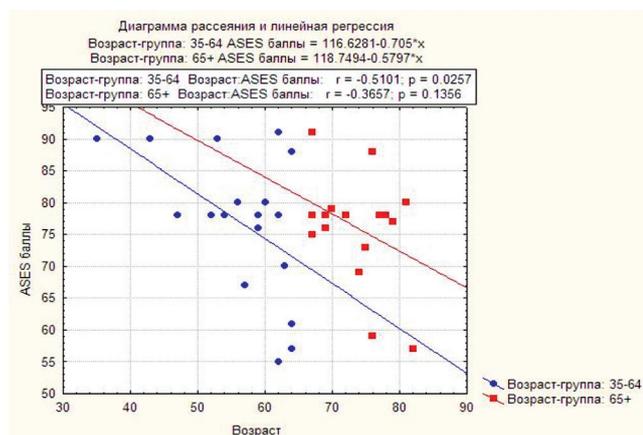
**Мышечная сила.** Мышечная сила оперированной конечности страдала в той или иной степени у всех пациентов. При заполнении функциональ-

ной шкалы CS изучалась возможность элевации и отведения оперированной верхней конечности с различными грузами. Результаты показали возможность отведения и элевации с грузом от 0,5 до 1,5 кг у 27 (71%), 2–3 кг — у 8 (21,1%), 4–6 кг — у 3 (7,9%) пациентов. Из 38 оперированных больных 22 (68,4%) смогли достичь желаемого уровня физической активности, 3 (7,9%) пациента продолжили занятия фитнесом и плавание в бассейне.

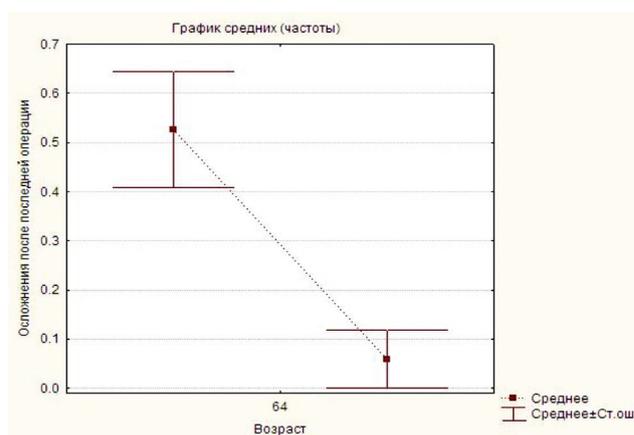
Регрессионный анализ позволил установить статистически значимую связь показателей клинико-функциональной шкалы ASES с показателем возраст профильных пациентов ( $p = 0,02$ ). Графики линейной регрессии демонстрируют общую тенденцию взаимосвязи ухудшения исходов с увеличением возраста в группах больных 35–64 лет и старше 65 лет (рис. 2а). При этом график логистической регрессии наглядно показывает значимые ( $p = 0,002$ ) различия такого показателя, как частота развития осложнений в группах пациентов 35–64 лет и старше 65 лет (рис. 2б).

Этот факт явился поводом для изучения клинических и рентгенологических исходов выполнения РЭПС как в общей группе, так и в группах пациентов до 65 лет включительно (группа А — 18 пациентов), 65 лет и старше (группа В — 20 пациентов).

При оценке до- и послеоперационных показателей по шкалам CS, ASES, UCLA всех пациентов были получены различия ( $p < 0,001$ ) (табл. 1).



а



б

**Рис. 2.** Диаграммы рассеяния и линейной регрессии:

- а — распределение показателя шкалы ASES после выполнения РЭПС в разных возрастных группах;
- б — распределение частоты возникновения различных осложнений в зависимости от возраста пациентов

**Fig. 2.** Scatter and linear regression diagrams:

- а — ASES scores distribution after reverse shoulder replacement in different age groups;
- б — distribution of complication rates depending on patients' age

**Динамика клинико-функциональных показателей до и после эндопротезирования  
плечевого сустава в различных возрастных группах**

**Dynamics of clinical and functional criteria prior to and after shoulder replacement  
in different age groups**

Шкала оценки	До операции, баллы	После операции, баллы
CS		
Общая группа	31,2±3,4	21,1±2,3
Группа А	28,0±1,3	21,0±1,5
Группа В	27,3±1,6	21,1±1,7
UCLA		
Общая группа	21,4±1,8	27,1±1,1
Группа А	20,4±1,5	28,9±1,0
Группа В	21,9±1,3	27,3±1,3
ASES		
Общая группа	57,8±4,2	77,8±3,1
Группа А	56,9±3,2	78,3±2,3
Группа В	58,9±5,2	77,3±3,1

Положительная динамика в виде улучшения клинико-функционального состояния плечевого сустава наблюдалась в течение первого года наблюдения и в дальнейшем (в сроки от 1 до 6 лет) оставалась на одном уровне у 31 (81,6%) пациента, не имевших осложнений. Средний срок наблюдения составил 24,2±2,6 мес., а средний балл по шкале ASES до 1 года 69±4,2, 2–4 лет — 77,8±3,1, 4–6 лет — 74,7±2,3. В группе пациентов с возникшими осложнениями (расшатывание лопаточного компонента, вывих эндопротеза, парапротезная инфекция, нейропатии) показатели функционального состояния оперированного сустава значительно снижались, но после проведенного лечения возвращались к уровню, имевшемуся до их возникновения. Средний срок наблюдения составил 24,2±2,6 мес., а средний показатель по шкале ASES 77,8±3,1 баллов до 1 года, 2–4 лет — 47,8±2,7, 4–6 лет — 73,8±3,7. Предшествующие РЭПС реконструктивные вмешательства на ВМПС имели место у 7 (18,4%) пациентов. Мы не выявили значимых различий в клинических исходах у пациентов, имевших и не имевших реконструктивных вмешательств на ВМПС.

При проведении рентгенологического обследования пациентов регистрировали как признаки изменений (остеолиз, нотчинг, stress-shielding синдромы), предрасполагающих к развитию осложнений, так и непосредственно осложнения (расшатывание лопаточного/плечевого компонента, вывих эндопротеза). Одним из наиболее распространенных состояний, предрасполагающих к развитию осложнений (расшатыванию гленоидального компонента и парапротезной инфекции) после РЭПС, стал лопаточный нотчинг-синдром

(НС), то есть повреждение костной массы шейки и тела лопатки в месте контакта с медиальной частью полиэтиленового вкладыша и плечевого компонента эндопротеза.

Следует отметить, что у 3 (7,9%) пациентов на контрольных рентгенограммах была выявлена зона оссификации места крепления сухожилия трехглавой мышцы плеча к суставному отростку лопатки (так называемый «костный шип») (рис. 3). Гетеротопической оссификации тела лопатки зарегистрировано не было.



**Рис. 3.**  
На рентгенограмме визуализируется «костный шип», являющийся зоной оссификации сухожилия трехглавой мышцы плеча

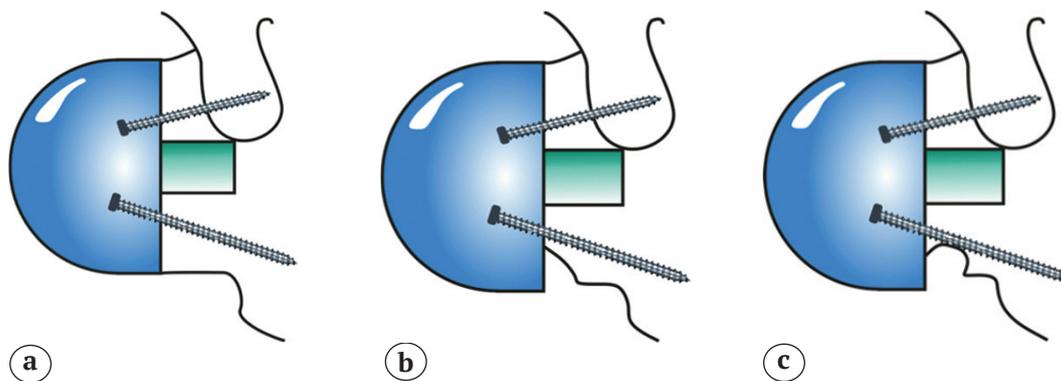
**Fig. 3.** X-ray visualizes the ossification area of triceps tendon

Первые признаки лопаточного НС отмечались нами на контрольных рентгенограммах 14 (36,8%) пациентов уже через 14 мес. после выполнения вмешательства. При дальнейшем обследовании пациентов наблюдалось увеличение количества случаев возникновения НС и прогрессия степени его выраженности через 2–6 лет после выполнения эндопротезирования плеча (рис. 4, 5).

При рентгенологической оценке были выявлены признаки остеолита вокруг проксимальной части ножки эндопротеза в анатомических зонах 1–6 и 2–7 у 2 пациентов через 4,5 и 5 лет после выполнения РЭПС. При этом остеолит имел локальный характер, не сопровождался болевым синдромом и не позволял установить признаки расшатывания плечевого и гленоидального компонентов эндопротеза. У одного пациента остеолит диафиза плечевой кости вокруг проксимальной части ножки эндопротеза сопровождался сужением расстояния между медиальным и латеральным кортикаль-

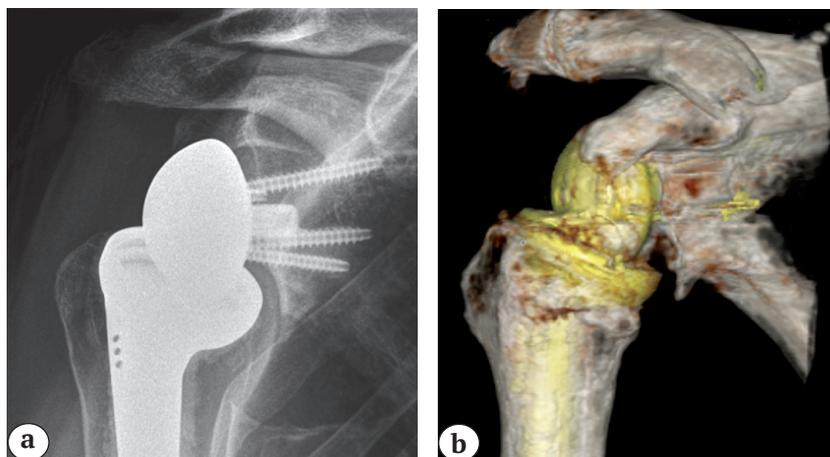
ми слоями по типу «песочных часов» и был расценен как stress-shielding синдром (рис. 6).

У 8 (21,1%) пациентов общей группы на фоне описанных изменений возникли различные осложнения. У одной пациентки развился остеолит с расшатыванием гленоидального компонента эндопротеза с присоединением поздней парапротезной инфекции (3 осложнения). У остальных 7 пациентов было зарегистрировано по одному из следующих осложнений: ранняя парапротезная инфекция (1), вывих эндопротеза (2), нейропатия двигательных ветвей подмышечного нерва (3). Частота их была различной в группах больных моложе и старше 65 летнего возраста (табл. 2). Кроме клинико-функциональных результатов РЭПС, в общей группе изучали аналогичные показатели? и регистрировали развитие осложнений в группах пациентов до 65 лет включительно (группа А — 18 пациентов) и старше 65 лет (группа В — 20 пациентов).



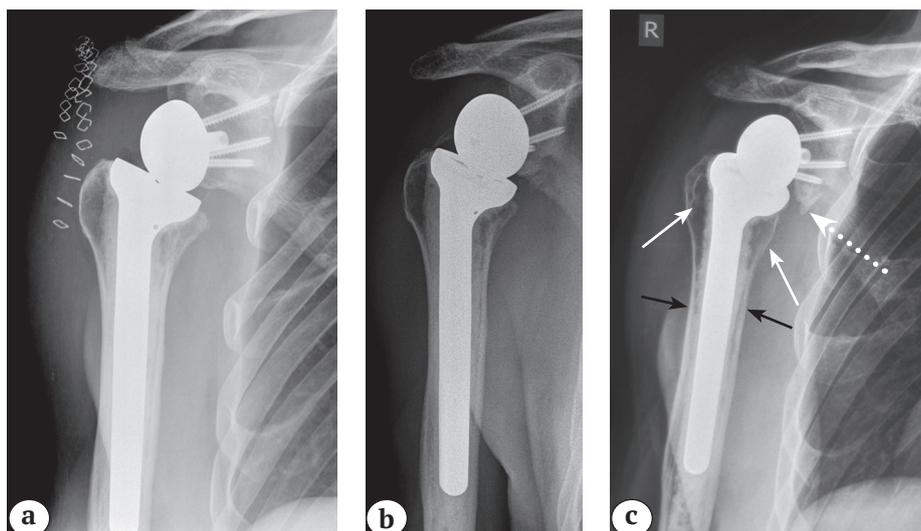
**Рис. 4.** Прогрессирование выраженности нотчинг-синдрома: а — отсутствие признаков нотчинг-синдрома; б — 2–3 степень «нотчинг»-синдрома; в — 3–4 степень нотчинг-синдрома

**Fig. 4.** Progression of notching syndrome severity: а — no signs of notching syndrome; б — 2-3 grade; в — 3-4 grade



**Рис. 5.** Рентгенограмма (а) и КТ (б) плечевого сустава пациента через 6 лет после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава по поводу артропатии плеча на фоне массивного разрыва сухожилий вращательной манжеты: признаки нотчинг-синдрома 3-й степени при удовлетворительном клинико-функциональном исходе, пациент продолжает вести активный образ жизни

**Fig. 5.** X-ray (а) and CT scan (б) of patient 6 years after reverse shoulder replacement due to arthropathy with a massive RC tear: notching syndrome signs of 3 grade with satisfactory clinical and functional outcome, patient leads active life



**Рис. 6.** Рентгенограммы пациента после реверсивного эндопротезирования плечевого сустава: а — на 10-е сутки; б — через год; с — спустя 5 лет.

Признаки нотчинг-синдрома (пунктирная стрелка) и stress-shielding синдрома. Остеолиз в проксимальной части диафиза плечевой кости (зоны 1 и 7 отмечены белыми стрелками), сужение расстояния между медиальным и латеральным кортикальными слоями по типу «песочных часов» (черные стрелки)

**Fig. 6.** Postoperative X-rays after reverse shoulder arthroplasty:

а — at day 10; б — in 1 year; с — in 5 years.

Signs of notching syndrome (dotted arrow) and stress-shielding syndrome. Osteolysis in proximal shoulder diaphysis (areas 1 and 7 marked by white arrows), “sand glass” narrowing between medial and lateral cortex (black arrows)

Таблица 2/Table 2

**Структура осложнений после РЭПС у пациентов разных возрастных групп**  
**Types and rate of complications after reverse shoulder arthroplasty in patients of various age groups**

Осложнение	Группа А до 65 лет	Группа В старше 65 лет	Общая группа	Вариант лечения
Лопаточный нотчинг-синдром — расшатывание лопаточного компонента	1 (5,5%)	—	1 (2,6%)	—
Нестабильность (вывих эндопротеза)	2 (11,1%)	—	2 (5,3%)	Открытое вправление, замена вкладыша
Инфекция ( <i>Acinetobacter</i> , <i>Propionibacter</i> , MRSE)	2 (11,1%) в т.ч. 1 случай ранней инфекции через 14 суток после вмешательства; 1 случай поздней инфекции через 5 лет после операции	—	2 (5,3%)	Ревизия раны, замена вкладыша, а/б терапия  Двухэтапное ревизионное РЭПС, а/б терапия
Нейропатии	2 (11,1%)	1 (5%)	3 (7,8%)	Антиневритная терапия
Общее кол-во	7 (38,9%)	1 (5%)	8 (21,1%)	

При рентгенологическом обследовании лопаточный НС был выявлен в динамике у 14 (36,8%) пациентов, но только у одной пациентки нотчинг-синдром развивался в течение 5 лет, что привело к остеолиту с расшатыванием гленоидального компонента эндопротеза и присоединением парапротезной инфекции.

Вывих эндопротеза был диагностирован у двух пациентов в сроки 1,5 и 3 мес. после операции. В обоих случаях была выполнена ревизия и замена вкладыша: в одном случае на ревизионный +6 мм, в другом — на +9 мм.

Послеоперационная нейропатия двигательных ветвей подмышечного нерва была зарегистрирована у 3 пациентов и корректировались антиневритной терапией в сочетании с электромиостимуляцией дельтовидной мышцы.

### Дискуссия

Анализ клинических исходов РЭПС у пациентов с АПС на фоне массивного разрыва ВМПС в нашем исследовании показал значимую ( $p < 0,001$ ) положительную динамику до- и послеоперационных значений по шкалам CS, ASES, UCLA. Этот факт подтверждают данные литературы, демонстрирующие значимое улучшение клинико-функциональных исходов у пациентов после выполнения РЭПС в сроки наблюдения от 24 до 93 мес. [10, 16, 28, 29].

При значительном улучшении таких показателей, как выраженность болевого синдрома и степень функциональных нарушений (у всех пациентов в послеоперационном периоде отсутствовали признаки ППВК), в нашем исследовании была отмечена высокая частота (21,1%) развития осложнений — у 8 из 38 обследованных больных. По данным литературы, частота развития осложнений после РЭПС колеблется от 19 до 50% [10, 27, 29]. Показатели частоты развития осложнений, приведенные в литературе, для групп пациентов, которым РЭПС выполнялось по разным показаниям, имеют существенные различия. Так при посттравматическом остеоартрозе плечевого сустава выполнение РЭПС сопровождалось развитием осложнений лишь у 5% пациентов, при АПС на фоне массивного разрыва ВМПС — у 19,5%, а при трех-четырёхфрагментарных переломах проксимального отдела плечевой кости и артрозо-артрите плечевого сустава ревматоидной этиологии эти показатели достигали 36% и 45% соответственно [29].

В проведенном нами исследовании мы не выявили значимых различий в клинических исходах у пациентов имевших и не имевших предшествующих эндопротезированию реконструктивных вмешательств: 7 (18,4%) и 31 (81,6%) соответственно. Этому факту противоречат данные исследований P. Voileau с соавторами [28] и C. Werner с соавто-

рами [27], показывающие более низкие результаты выполнения РЭПС после любых восстановительных операций на ВМПС, но при этом подтверждают данные, опубликованные в 2013 г. E. Ek с соавторами [1].

M. Zumstein с соавторами предложили выделить в неблагоприятных исходах РЭПС термины «проблема» (предрасполагающие к развитию осложнений) и непосредственно «осложнение» в зависимости от степени их влияния на конечный исход. В своем исследовании авторы приводят данные о 44% возникновения послеоперационных «проблем» после РЭПС и о 24% клинических ситуаций, когда имеющаяся «проблема» привела к развитию «осложнения» [30]. Данные, полученные в нашем исследовании, где частота предрасполагающих к развитию осложнений «проблем» составила 38%, а в 21,1% случаев «проблема» привела к развитию осложнения, вполне сопоставимы с данными представленными в публикации M. Zumstein с соавторами [29].

Самым частым неблагоприятным состоянием, предрасполагающим к развитию осложнений, стал лопаточный нотчинг-синдром (36,8% в общей группе пациентов), который в крайних степенях выраженности может приводить к расшатыванию лопаточного компонента эндопротеза и развитию парапротезной инфекции. Клинические примеры, демонстрирующие возможность расшатывания гленоидального компонента протеза на фоне лопаточного НС, также приводятся в современной литературе [1, 25, 31]. Кроме того, отмечаются значимые различия в функциональных исходах пациентов, имеющих и не имеющих признаки лопаточного НС (средние показатели CS по данным V. Melis с соавторами, P. Sadoghi с соавторами составили 85,6 и 65,6 соответственно) [31, 32].

В этой связи уже на этапе предоперационного планирования целесообразно проводить КТ исследование, позволяющее оценить состояние костно-хрящевой ткани суставного отростка лопатки. Суставной отросток лопатки имеет как индивидуальные анатомические особенности строения, так и различные деструктивные изменения, развивающиеся при разной патологии плечевого сустава [33]. Так например, для деформирующего остеоартроза плеча характерно разрушение костно-хрящевой основы преимущественно в центральной и задней частях суставной впадины лопатки, изменяющие ее горизонтальный профиль (ретроверсия), а при артропатии плечевого сустава на фоне массивного разрыва ВМПС деструктивные изменения возникают, как правило, в центральной и верхней частях суставной впадины лопатки с изменением контуров ее вертикального профиля (инклинация) [33–35]. Использование свободных костных трансплантатов и нестандартного мета-

гена (с увеличенной длиной центрального пег) позволяет скорректировать имеющиеся нарушения горизонтального и вертикального профилей суставной впадины лопатки, а также выполнить латерализацию центра ротации плеча при проведении так называемого «био-РЭПС» (РЭПС со свободной костной клиновидной аутопластикой суставного отростка лопатки) [35]. По мнению многих исследователей, умеренная латерализация центра ротации (около 8,5 мм) обеспечивает улучшение послеоперационной функции, стабильности эндопротеза, снижает риск развития лопаточного НС, тем самым увеличивая сроки выживаемости имплантата [34, 35].

Категорию наиболее высокого риска развития осложнений в нашем исследовании составили пациенты моложе 65 лет с более высоким уровнем активности. В этой группе из 18 пациентов у 7 (38,9%) были зарегистрированы одно и более осложнений. Из имевшихся осложнений парапротезная инфекция стала единственной главной причиной, приведшей к необходимости удаления эндопротеза и замены его на ревизионную систему у одной из наших пациенток трудоспособного возраста. Данный факт косвенно подтверждает исследование В. Morris с соавторами, в котором на большом клиническом материале (301 РЭПС) при проведении многофакторного анализа было доказано, что возраст пациента (<65 лет,  $p = 0,02$ ) и предшествующая РЭПС артропластика ( $p = 0,001$ ) являются двумя независимыми факторами риска развития парапротезной инфекции [36]. По нашим данным, показатели клинико-функциональных шкал, характеризующих пациентов после выполнения РЭПС, имели тенденцию к ухудшению с увеличением их возраста, но частота развития осложнений при этом была значимо выше в группе физически активных молодых больных. Этот факт подтверждает в своем исследовании Ек Е. с соавторами, доказывая, что несмотря на высокие показатели частоты развития осложнений (37,5%) после выполнения РЭПС, в случаях когда указанные проблемы не приводили к удалению эндопротеза и замены на его ревизионную систему, клинико-функциональные исходы этих пациентов после лечения осложнения находились в диапазоне хороших (удовлетворительных) исходов и были вполне сопоставимы с исходами пациентов, не имевших осложнений в послеоперационном периоде [1].

Проблема выживаемости реверсивных протезов у пациентов трудоспособного возраста обсуждается в современной литературе [1, 13, 14, 37]. L. Favard с соавторами в своем исследовании показывает уменьшение показателей CS после выполнения РЭПС с 88 до 78 баллов в сроки менее 5 лет наблюдения, а выживаемость таких кон-

струкций 72% в течение 10 лет [13]. В нашем исследовании мы не обнаружили существенных изменений в оценке исходов по шкалам CS, ASES, UCLA в течение 6 лет наблюдения за пациентами после выполнения РЭПС. В общей группе пациентов был удален один эндопротез через 6 лет после имплантации по причине расшатывания гленоидального компонента эндопротеза на фоне лопаточного НС и развития парапротезной инфекции.

### Заключение

Высокий процент осложнений после РЭПС делает актуальным тщательное предоперационное планирование, которое должно проводиться с учетом особенностей деструктивных изменений суставной впадины лопатки. Кроме того, для категории молодых, физически активных пациентов необходим поиск альтернативных вариантов лечения массивных разрывов манжеты ротаторов, направленных на восстановление нормальной биомеханики плеча и профилактику развития артропатии. Для выводов о выживаемости РЭПС и получении объективных представлений о динамике функциональных результатов его выполнения необходимо продолжить дальнейшее наблюдение за прооперированными пациентами.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

1. Ek E.T., Neukom L., Catanzaro S., Gerber C. Reverse total shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears in patients younger than 65 years old: results after five to fifteen years. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(9):1199-1208. DOI: 10.1016/j.jse.2012.11.016.
2. Длясин Н.Г. Результаты тотальной эндопротезирования плечевого сустава реверсивной конструкцией Delta Xtend™. *Травматология и ортопедия России.* 2011;(4):105-107. Dlyasin N.G. [Results of total shoulder replacement by the reversing construction Delta Xtend™]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;(4):105-107. (in Russian).
3. Зоря В.И., Зарайский А.С. Лечение деформирующего артроза плечевого сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2011;(3):79-67. Zorya V.I., Zaraiyskiy A.S. [Treatment of Shoulder Deforming Arthritis]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova.* 2011;(3):79-67.
4. Ненасhev Д.В., Варфоломеев А.П., Майков С.В. Анализ отдаленных результатов эндопротезирования плечевого сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2012;(2):71-78. Nenashev D.V., Varfolomeev A.P., Maykov S.V. [Analysis of long-term results of shoulder arthroplasty]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(2):71-78. (in Russian).

5. Петеряка А.П., Майков С.В. Результаты применения реверсивного эндопротеза при первичном и ревизионном эндопротезировании плечевого сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2012;(4):93-98. Peretyaka A.P., Maykov S.V. [Results of primary and revision reverse shoulder arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(4):93-98.
6. Constant C.R., Murley A.H. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*. 1987;(214):160-164.
7. Flury M.P., Frey P., Goldhahn J., Schwyzer H.K., Simmen B.R. Reverse shoulder arthroplasty as a salvage procedure for failed conventional shoulder replacement due to cuff failedmidterm results. *Int Orthop*. 2010;35(1):53-60. DOI: 10.1007/s00264-010-0990-z.
8. Levy J., Frankle M., Mighell M., Pupello D. The use of the reverse shoulder prosthesis for the treatment of failed hemiarthroplasty for proximal humeral fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(2):292-300. DOI: 10.2106/JBJS.E.01310.
9. Middernacht B., De Roo P.-J., Maele G.V., De Wilde L.F. Consequences of scapular anatomy for reversed total shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(6):1410-1418. DOI: 10.1007/s11999-008-0187-6.
10. Wall B., Nové-Josserand L., O'Connor D.P., Edwards T.B., Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(7):1476-1485. DOI: 10.2106/JBJS.F.00666.
11. Willis M., Min W., Brooks J.P., Mulieri P., Walker M., Pupello D., Frankle M. Proximal humeral malunion treated with reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012;21(4):507-513. DOI: 10.1016/j.jse.2011.01.042.
12. Hamada K., Fukuda H., Mikasa M., Kobayashi Y. Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;254:92-96.
13. Favard L., Lévine C., Nerot C., Gerber C., De Wilde L., Mole D. Reverse prostheses in arthropathies with cuff tear: are survivorship and function maintained over time? *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(9):2469-2475. DOI: 10.1007/s11999-011-1833-y.
14. Leung B., Horodyski M., Struk A.M., Wright T.W. Functional outcome of hemiarthroplasty compared with reverse total shoulder arthroplasty in the treatment of rotator cuff tear arthropathy. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012;21(3):319-323. DOI: 10.1016/j.jse.2011.05.023.
15. Boileau P., Rumian A.P., Zumstein M.A. Reversed shoulder arthroplasty with modified L'Episcopo for combined loss of active elevation and external rotation. *J Shoulder Elbow Surg*. 2010;19(2 Suppl):20-30. DOI: 10.1016/j.jse.2009.12.011.
16. Boileau P., Watkinson D., Hatzidakis A.M., Hovorka I. Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2006;15(5):527-540.
17. Cheung E., Willis M., Walker M., Clark R., Frankle M.A. Complications in reverse total shoulder arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011;19(7):439-449.
18. Goutallier D., Postel J.M., Bernageau J., Lavau L., Voisin M.C. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(304):78-83.
19. Lévine C., Garret J., Boileau P., Alami G., Favard L., Walch G. Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty: is it important to avoid it and how? *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(9):2512-2520. DOI: 10.1007/s11999-010-1695-8.
20. Nyffeler R.W., Werner C.M., Gerber C. Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III total shoulder prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2005;14(5):524-528. DOI: 10.1016/j.jse.2004.09.010.
21. Patel D.N., Young B., Onyekwelu I., Zuckerman J.D., Kwon Y.W. Reverse total shoulder arthroplasty for failed shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012;21(11):1478-1483. DOI: 10.1016/j.jse.2011.11.004.
22. Aoki M., Okamura K., Fukushima S., Takahashi T., Ogino T. Transfer of latissimus dorsi for irreparable rotator-cuff tears. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78(5):761-766.
23. Favard L., Berhouet J., Colmar M., Boukobza E., Richou J., Sonnard A., et al.; Société d'orthopédie de l'Ouest. Massive rotator cuff tears in patients younger than 65 years. What treatment options are available? *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95(4 Suppl 1):S19-26. DOI: 10.1016/j.otsr.2009.03.005.
24. Gerber C., Wirth S.H., Farshad M. Treatment options for massive rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(2 Suppl):S20-29. DOI: 10.1016/j.jse.2010.11.028.
25. Sirveaux F., Favard L., Oudet D., Huquet D., Walch G., Molé D. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(3):388-395.
26. Gruen T.A., McNeice G.M., Amstutz H.C. «Modes of failure» of cemented stem-type femoral components: a radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;(141):17-27.
27. Werner C.M., Steinmann P.A., Gilbert M., Gerber C. Treatment of painful pseudoparesis due to irreparable rotator cuff dysfunction with the Delta III reverse-ball-and-socket total shoulder prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87(7):1476-1486.
28. Boileau P., Gonzalez J.F., Chuinard C., Bicknell R., Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty after failed rotator cuff surgery. *J Shoulder Elbow Surg*. 2009;18(4):600-606. DOI: 10.1016/j.jse.2009.03.011.
29. Zumstein M.A., Pinedo M., Old J., Boileau P. Problems, complications, reoperations, and revisions in reverse total shoulder arthroplasty: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(1):146-157. DOI: 10.1016/j.jse.2010.08.001.
30. De Wilde L., Mombert M., Van Petegem P., Verdonk R. Revision of shoulder replacement with a reversed shoulder prosthesis (Delta III): report of five cases. *Acta Orthop Belg*. 2001;67(4):348-353.
31. Melis B., DeFranco M., Ladermann A., Mole D., Favard L., Nerot C. et al. An evaluation of the radiological changes around the Grammont reverse geometry shoulder arthroplasty after eight to 12 years. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(9):1240-1246. DOI: 10.1302/0301-620X.93B9.25926.
32. Sadoghi P., Leithner A., Vavken P., Hölzer A., Hochreiter J., Weber G. et al. Infraglenoidal scapular notching in reverse total shoulder replacement: a prospective series of 60 cases and systematic review of the literature. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011;12:101. DOI: 10.1186/1471-2474-12-101.
33. Gupta A., Thussbas C., Koch M., Seebauer L. Management of glenoid bone defects with reverse shoulder arthroplasty-surgical technique and clinical

- outcomes. *J Shoulder Elbow Surg.* 2018 Jan 3. pii: S1058-2746(17)30664-X. DOI: 10.1016/j.jse.2017.10.004.
34. Valenti P., Sauzières P., Katz D., Kalouche I., Kilinc A.S. Do less medialized reverse shoulder prostheses increase motion and reduce notching? *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(9):2550-2557. DOI: 10.1007/s11999-011-1844-8.
35. Boileau P., Morin-Salvo N., Gauci M.O., Seeto B.L., Chalmers P.N., Holzer N., Walch G. Angled BIO-RSA (bony-increased offset-reverse shoulder arthroplasty): a solution for the management of glenoid bone loss and erosion. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(12):2133-2142. DOI: 10.1016/j.jse.2017.05.024.
36. Morris B.J., O'Connor D.P., Torres D., Elkousy H.A., Gartsman G.M., Edwards T.B. Risk factors for periprosthetic infection after reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(2):161-166. DOI: 10.1016/j.jse.2014.05.020.
37. Guery J., Favard L., Sirveaux F., Oudet D., Mole D., Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty. Survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(8):1742-1747.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Докولين Сергей Юрьевич* — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения спортивной травматологии и реабилитации, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Варфоломеев Александр Павлович* — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Кузьмина Владислава Игоревна* — канд. мед. наук, младший научный сотрудник отделения спортивной травматологии и реабилитации, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Артюх Василий Алексеевич* — канд. мед. наук, заведующий 4-м отделением, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Марченко Илья Владимирович* — аспирант, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Sergey Yu. Dokolin* — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexander P. Varfolomeev* — Cand. Sci. (Med.), orthopedic surgeon, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Vladislava I. Kuz'mina* — Cand. Sci. (Med.), assistant researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Vasilii A. Artyukh* — Cand. Sci. (Med.), head of Department N 4, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Il'ya V. Marchenko* — PhD student, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

# Остаточная деформация после двустороннего эндопротезирования коленных суставов: влияние на краткосрочные результаты

М.П. Зиновьев<sup>1</sup>, Р.В. Паськов<sup>1</sup>, К.С. Сергеев<sup>2</sup>, Д.В. Римашевский<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр»  
Уральский пр., д. 55, 622049, г. Нижний Тагил, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России  
Ул. Одесская, д. 54, 625023, г. Тюмень, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России  
Ул. Миклухо-Маклая, д. 6, 117198, Москва, Россия

## Реферат

**Цель исследования** — оценить влияние фронтального положения компонентов эндопротеза после двустороннего тотального эндопротезирования коленного сустава на краткосрочные функциональные результаты.

**Материал и методы.** Проведен ретроспективный анализ телерентгенограмм 466 пациентов после двустороннего тотального эндопротезирования коленных суставов (ТЭКС) с исходной варусной деформацией. Функциональные и рентгенологические результаты оценивали в среднем через 16,4±2,9 мес. До операции варусная деформация в среднем составляла 10° (от 5 до 25°), исходный угол между анатомической и механической осями бедра (FVA) — 6,7±2° (от 3 до 12°). Из 466 пациентов после ТЭКС нейтральная ось обеих конечностей (НКА = 180±0,5°) была получена у 99 (21,2%) пациентов. Остаточная деформация одной конечности более 3° при нейтрально выравненной оси противоположной конечности наблюдалась у 44 (9,4%) пациентов, а двусторонняя — у 32 (6,9%). У остальных 291 пациента отклонение от механической оси варьировало в пределах от 1 до 3°(±0,5°).

Пациенты были поделены на три группы: 1-я группа — 10 пациентов с нейтральной осью одной конечности и варусной деформацией другой конечности более 3°; 2-я группа — 10 пациентов с двусторонней остаточной варусной деформацией более 3°; 3-я группа — 12 пациентов с нейтральной осью обеих нижних конечностей (НКА = 180°). Угол остаточной деформации в среднем составил 3,7° (от 3,2 до 5,1°).

**Результаты.** Статистически значимых различий между группами по динамометрическим показателям и оценке по шкале SF-36 и функциональной главе шкалы KSS выявлено не было ( $p>0,05$ ). Однако у пациентов 1-й группы на стороне остаточной варусной деформации отмечено увеличение периода опоры на 15% ( $p<0,05$ ) и уменьшение периода переноса на 17% ( $p<0,05$ ) по сравнению с контралатеральной конечностью (нейтрально выравненной, НКА = 180°), что является признаком асимметрии нагрузки и может негативно сказаться в отдаленном периоде.

**Заключение.** Симметричная остаточная варусная деформация нижних конечностей в 3,2–5,1° не оказывает негативного влияния на краткосрочные клинико-функциональные результаты ТЭКС. Мышечная функция и качество походки у пациентов с нейтральной осью нижних конечностей и симметричной остаточной варусной деформацией через 16,4±2,9 мес. после ТЭКС не имеют статистически значимых различий.

**Ключевые слова:** эндопротезирование коленного сустава, механическая ось нижней конечности, варусная деформация, динамометрия, анализ походки.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-19-28

Зиновьев М.П., Паськов Р.В., Сергеев К.С., Римашевский Д.В. Остаточная деформация после двустороннего эндопротезирования коленных суставов: влияние на краткосрочные результаты. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):19-28. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-19-28.

**Cite as:** Zinoviev M.P., Paskov R.V., Sergeev S.K., Rimashevsky D.V. [Residual Deformity after Bilateral Knee Arthroplasty: Impact on Short Term Outcomes]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):19-28. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-19-28.

✉ Зиновьев Максим Павлович. Уральский пр., д. 55, 622049, Нижний Тагил, Россия / Maxim P. Zinoviev. 55, Ural'skiy pr., 622049, Nizhny Tagil, Russian Federation; e-mail: max\_travma@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 02.10.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 22.05.2018.

# Residual Deformity after Bilateral Knee Arthroplasty: Impact on Short Term Outcomes

M.P. Zinoviev<sup>1</sup>, R.V. Paskov<sup>1</sup>, S.K. Sergeev<sup>2</sup>, D.V. Rimashevsky<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ural Clinical Medical and Rehabilitation Center  
55, Ural'skiy pr., 622049, Nizhny Tagil, Russian Federation

<sup>2</sup> Tyumen State Medical University  
54, ul. Odesskaya, 625023, Tyumen, Russian Federation

<sup>3</sup> Peoples' Friendship University of Russia  
6, Miklukho-Maklaya, Moscow, 117198, Russian Federation

## Abstract

**Purpose** — to evaluate the impact of frontal positioning of prosthesis components after bilateral TKA on short term functional outcomes.

**Material and Methods.** The authors performed a retrospective analysis of teleroentgenograms of 466 patients after bilateral TKA with initial varus deformity. Functional and roentgenological outcomes were evaluated at average in 16,4±2,9 months postoperatively. Mean preoperative varus deformity was 10° (from 5 to 25°), initial angle between the anatomical and mechanical femoral axis (FVA) was 6,7±2° (from 3 to 12°). The neutral axis of both lower limbs (HKA = 180±0,5°) was obtained in 99 (21,2%) out of 466 patients.

Residual deformity in one of the limbs above 3° with the neutral alignment of the contralateral limb was observed in 44 (9,4%) patients, bilateral residual deformity – in 32 (6,9%) patients. Other 291 patients demonstrated the deviation from mechanical axis in the range from 1 to 3° (±0,5°).

All patients were divided into three groups: first group consisted of 10 patients with neutral axis of one limb and varus deformity of the other limb above 3°; second group — 10 patients with bilateral residual varus deformity above 3°; third group — 12 patients with neutral axis of both limbs (HKA = 180°). The angle of residual deformity averaged 3,7° (from 3,2 to 5,1°).

**Results.** No statistically significant differences between the groups were observed for dynamometric parameters and SF-36 scores, as well as for functional KSS scores ( $p>0,05$ ). However, the authors reported in patients of the first group a stance phase on the side of residual varus deformity longer at 15% ( $p<0,05$ ) and transfer phase shorter at 17% ( $p<0,05$ ) as compared to contralateral limb (with neutral alignment, HKA = 180°), which is indicative of load asymmetry and can have a negative impact at a later stage.

**Conclusion.** Symmetrical residual varus deformity of lower limbs in the range of 3,2–5,1° has no negative impact of short term clinical and functional outcomes of TKA. Muscular function and gait properties in patients with neutral axis of the lower limbs and in patients with symmetrical residual varus deformity after TKA were similar 16,4±2,9 months postoperatively.

**Keywords:** knee joint arthroplasty, mechanical axis of the lower limb, varus deformity, gait analysis.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-19-28

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

**Consent for publication:** the patient provided voluntary consent for publication of case data.

## Введение

Несмотря на совершенствование хирургической техники и ортопедических имплантатов, до 20% пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) не удовлетворены результатами лечения [1].

Известно, что у 32% мужчин и 17% женщин к моменту достижения скелетной зрелости механическое варусное отклонение оси нижней конечности составляет 3° и более [2]. Возможно, для таких людей полная коррекция варусной деформации при эндопротезировании не будет оптимальным решением.

Восстановление нейтральной механической оси нижней конечности традиционно рассматривается как один из факторов успешного результата ТЭКС, а отклонение положения компонентов эндопротеза от механической оси в пределах ±3° многие по-прежнему считают «золотым стандартом» эндопротезирования [3–5].

Споры о допустимости сохранения остаточного варусного отклонения оси после ТЭКС не утихают. Одни авторы настаивают на необходимости полной коррекции деформации [3, 6–11], другие опровергают ее, демонстрируя отсутствие различий в результатах ТЭКС у пациентов с полной

коррекцией варусной деформации и сохранением остаточной деформации [12–15].

Т. Luickx с соавторами [16], оценив телерентгенограммы 456 пациентов после ТЭКС, отметили, что остаточный варус  $>3^\circ$  имелся у 39,8% больных. При этом непреднамеренная неполная коррекция была пропорциональна исходной варусной деформации и в основном была обусловлена варусным положением большеберцового и бедренного компонентов эндопротеза.

В последнее время теория о том, что восстановление нейтральной механической оси не гарантирует отличного результата ТЭКС, набирает популярность. Масла в огонь подлили сторонники кинематической ориентировки компонентов эндопротеза коленного сустава. Устанавливая большеберцовый компонент с варусом в  $3^\circ$ , сохраняя внутреннюю ротацию дистального бедра, то есть разрушая классические представления об ориентации компонентов, они демонстрируют результаты, сопоставимые или превосходящие исходы при использовании стандартного подхода [17].

Проблема влияния остаточной варусной деформации на результаты одностороннего ТЭКС хорошо освещена в литературе, но нам не удалось найти работ по данной проблеме после двустороннего эндопротезирования. Этому мы и посвятили свое исследование.

**Цель исследования** — оценить влияние фронтального положения компонентов эндопротеза после двустороннего тотального эндопротезирования коленного сустава на краткосрочные функциональные результаты.

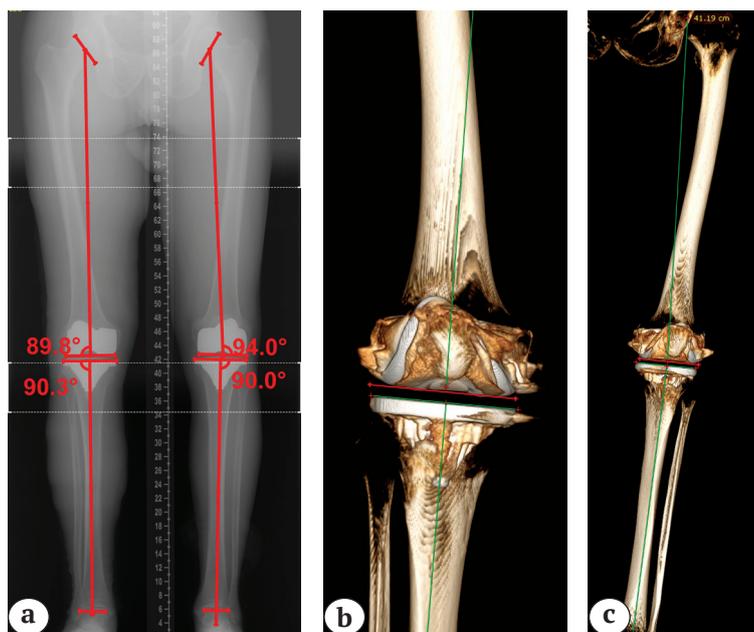
## Материал и методы

Проведен ретроспективный анализ телерентгенограмм 466 пациентов после двустороннего эндопротезирования коленных суставов с исходной варусной деформацией. Все пациенты были прооперированы в одном учреждении (Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр, Нижний Тагил) в период с сентября 2014 по август 2016 г.

Телерентгенография нижних конечностей позволяет оценить фронтальное положение компонентов не менее точно, чем цифровая компьютерная томография, но существенно уступает последней в точности определения ориентации компонентов в сагиттальной и горизонтальной плоскостях [18, 19]. Поэтому, имея базу рентгенограмм всех пациентов, оперированных и наблюдавшихся после эндопротезирования в нашем центре, мы решили ограничиться оценкой рентгенограмм, выполненных в прямой проекции. Анализ телерентгенограмм проводился по методике, описанной А. Durandet с соавторами [20], при помощи программы VEPRO ver.8.2 (Германия) (рис. 1).

Мы измеряли:

- суммарную деформацию;
- угол между центром головки бедренной кости и центрами коленного и голеностопного суставов (НКА);
- угол между анатомической и механической осями бедра (FVA);
- дистально-бедренный угол (LDFA);
- проксимально-тибиальный угол (МРТА).



**Рис. 1.** Телерентгенограмма нижних конечностей: выравненная нейтральная ось правой конечности и остаточная варусная деформация  $4^\circ$  левой конечности относительно механической оси (а); b, c — компьютерные томограммы правой и левой нижних конечностей с 3D-реконструкцией после ТЭКС у того же пациента

**Fig. 1.** Teleroentgenogram of lower limbs: neutral alignment of the right leg and remaining  $4^\circ$  varus deformity of the left leg in relation to the mechanical axis (a); CT scans of lower limbs with 3D-reconstruction after TKA in the same patient (longitudonal green line indicates mechanical axis on both sides, red line — LDFA, transverse green line — MPTA) (b, c)

Мы также провели клиническую оценку результатов лечения и функционального состояния мышц (сгибателей и разгибателей голени) при помощи мультисуставного лечебно-диагностического комплекса Biodex Systems 4 Quik Set (США).

Количественные характеристики походки оценивали на программно-аппаратном комплексе DIERS 4D motion Lab (Германия).

Чтобы сделать группы пациентов более однородными, мы применили следующие критерии включения и исключения.

Критерии включения в исследование:

1) идиопатический двусторонний гонартроз 3 ст. по Н.С. Косинской с исходной варусной деформацией в пределах 5–18°;

2) средний либо пожилой возраст пациентов (от 44 до 75 лет согласно возрастной периодизации ВОЗ за 2016 г.);

3) нормальная масса тела либо ожирение 1 ст. (ИМТ от 18,5 до 35) [21];

4) эндопротез цементной фиксации с задним стабилизатором Stryker NRG PS (США) с единым радиусом бедренного компонента без замещения поверхности надколенника.

Критерии исключения из исследования:

– системные заболевания соединительной ткани, нарушения обмена веществ, остеопения или остеопороз (Т-критерий — 1,5 и менее [22]);

– послеоперационные осложнения: инфекционные, сосудистые и механические (перипротезные переломы в результате высокоэнергетической травмы);

– наличие в анамнезе переломов костей исследуемой нижней конечности;

– индекс коморбидности М.Е. Charlson более 3 баллов [23].

Пациенты были поделены на три группы:

– 1-я группа (асимметричная) — остаточная варусная деформация одной конечности при нейтрально выравненной другой конечности (10 пациентов);

– 2-я группа (симметричная) — двусторонняя остаточная варусная деформация (10 пациентов);

– 3-я группа (нейтральная) — нейтральная ось обеих нижних конечностей (НКА = 180°) после ТЭКС (12 пациентов).

Все пациенты были сопоставимы по полу, возрасту, ИМТ (табл. 1).

Корректность положения компонентов в горизонтальной и сагиттальной плоскостях у всех пациентов была подтверждена результатами компьютерной томографии с 3D-реконструкцией на аппарате Siemens Definition AS 64 согласно протоколу исследования коленного сустава после тотального эндопротезирования [24] (рис. 2).

Функциональные и рентгенологические результаты оценивали через 12–26 мес. после последней операции. Оценку качества жизни проводили с помощью опросника SF-36 [25].

Общая оценка функции коленного сустава осуществлялась по шкале опросника Knee Society Score (KSS) [26].

Динамометрическое исследование проводилось на лечебно-диагностическом комплексе Biodex System 4 Quik Set (США) в изокинетическом режиме со скоростью 180°/сек. [12, 27]. При динамометрии мы оценивали следующие параметры (в процентах):

– крутящий момент/масса тела — отношение максимального крутящего момента к массе тела обследуемого пациента (параметр характеризует силу мышц);

– усталость от работы — отношение между работой, выполненной в первом и третьем периодах исследования (параметр характеризует выносливость мышц);

– соотношение пикового крутящего момента мышц антагонистов (сгибателей/разгибателей голени).

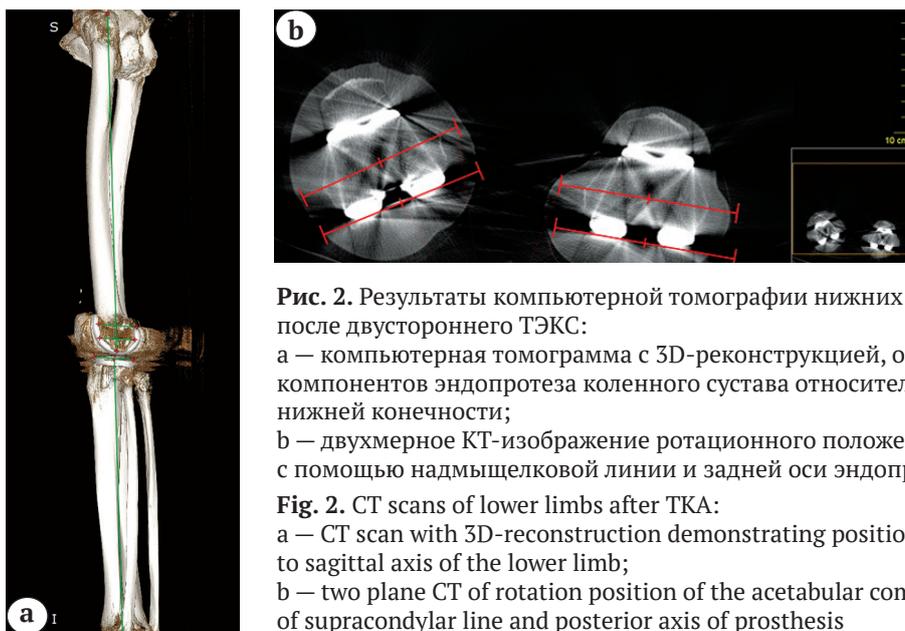
Походку оценивали методом динамической стабиллометрии с использованием программно-аппаратного комплекса DIERS 4D motion Lab (Германия).

Таблица 1/Table 1

**Сравнительная характеристика исследуемых групп пациентов**  
**Comparative criteria of study groups of patients**

Характеристика	Группа		
	1-я (асимметричная)	2-я (симметричная)	3-я (нейтральная)
Пол муж./жен.	2/8	1/9	2/10
Средний возраст, лет	65,2±6,3	64,8±4,3	64,3±4,1
Средний ИМТ	30,2±4,4	30,4±4,1	30,6±2,1

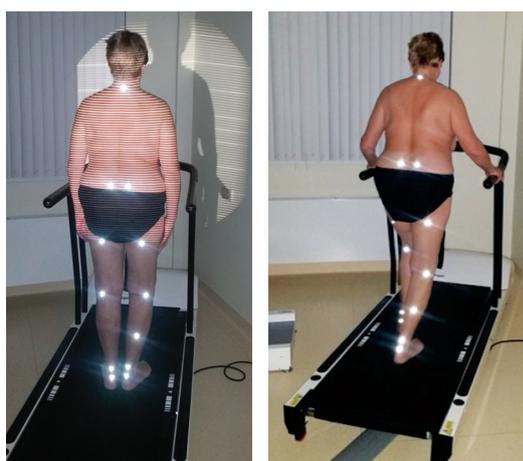
$p > 0,05$ .



**Рис. 2.** Результаты компьютерной томографии нижних конечностей после двустороннего ТЭКС:  
 а — компьютерная томограмма с 3D-реконструкцией, отражающая положение компонентов эндопротеза коленного сустава относительно сагиттальной оси нижней конечности;  
 б — двухмерное КТ-изображение ротационного положения бедренного компонента с помощью надмыщелковой линии и задней оси эндопротезов;  
**Fig. 2.** CT scans of lower limbs after TKA:  
 а — CT scan with 3D-reconstruction demonstrating positioning of components in relation to sagittal axis of the lower limb;  
 б — two plane CT of rotation position of the acetabular component with aid of supracondylar line and posterior axis of prosthesis

*Методика проведения исследования.* В беговую дорожку интегрирована измерительная платформа длиной 1 м с датчиками для точного определения значений давления. Согласно инструкции производителя, на тело пациента наклеивались светоотражающие маркеры, и пациент вставал на дорожку. Регистрацию осуществляли при скорости 2,5 км/ч, пройденная дистанция составляла 20 м (рис. 3).

*Статистический анализ.* Полученный цифровой материал подвергался статистической обработке с использованием критериев Фишера и Манна – Уитни с помощью статистического пакета StatSoft Statistica 6.0.



**Рис. 3.** Оценка походки с помощью программно-аппаратного комплекса DIERS 4D motion Lab

**Fig. 3.** Gait assessment using DIERS 4D motion Lab system

## Результаты

Анализ телерентгенограмм 466 пациентов показал, что до операции варусная деформация в среднем составляла  $10^\circ$  (от  $5^\circ$  до  $25^\circ$ ), исходный угол между анатомической и механической осями бедра (FVA) —  $6,7 \pm 2^\circ$  (от  $3^\circ$  до  $12^\circ$ ).

После ТЭКС нейтральная ось обеих нижних конечностей (НКА =  $180 \pm 0,5^\circ$ ) была получена у 99 (21,2%) пациентов. Остаточная деформация более  $3^\circ$  одной конечности при нейтрально выравненной оси контралатеральной конечности — у 44 (9,4%) пациентов, двусторонняя остаточная деформация обеих нижних конечностей более  $3^\circ$  — у 32 (6,9%) пациентов. У остальных 291 пациента отклонение от механической оси было в пределах от  $1^\circ$  до  $3^\circ$ . Угол остаточной деформации в среднем составил  $3,7^\circ$  (от  $3,2^\circ$  до  $5,1^\circ$ ).

В 1-й группе односторонняя деформация за счет варусного положения бедренного компонента (LDFA) была в 5 (50%) случаях. Комбинированная деформация за счет дистального бедренного и проксимального тиббиального углов (MPTA), то есть варусного положения обоих компонентов эндопротеза, суммарно более  $3^\circ$  отмечалась в 4 (40%) случаях. В одном случае (10%) отмечена изолированная остаточная деформация тиббиального компонента (MPTA).

Во 2-й группе односторонняя остаточная варусная деформация за счет дистального бедренного угла (LDFA) отмечалась в 7 (35%) случаях, комбинированная остаточная деформация в 10 (50%). У 3 (15%) пациентов остаточная деформация была обусловлена варусным положением тиббиального компонента эндопротеза. Анкетирование

пациентов с помощью опросника SF-36, то есть субъективная оценка как психологического, так и физического здоровья, не выявила статистически значимых различий между группами ( $p>0,05$ ) (табл. 2).

Оценка функции коленного сустава по шкале Knee Society Score (KSS): 1-я группа —  $90,5\pm 6,0$  баллов, 2-я группа —  $91,8\pm 8,4$ , 3-я группа —  $92,5\pm 7,6$  баллов ( $p>0,05$ ).

При исследовании функции сгибательно-разгибательного аппарата коленного сустава после двустороннего ТЭКС значимой разницы не выявлено. Как изометрические, так и изокинетические параметры во всех группах не имели статистически значимых различий ( $p>0,05$ ). Результаты оценки статико-динамической функции нижних конечностей на лечебно-диагностическом комплексе Biodex Systems 4 Quik Set после двустороннего ТЭКС представлены в таблице 3.

По данным двустороннего исследования походки, во 2-й и 3-й группах статистически значимых различий между показателями динамической стабиллометрии не отмечено ( $p>0,05$ ). При этом у пациентов 1-й группы отмечено статистически значимое увеличение периода одиночной опоры ( $35,1\pm 4,4$ ) и уменьшение периода переноса ( $30,4\pm 6,4$ ) на стороне с остаточной варусной деформацией по сравнению с контралатеральной конечностью (нейтрально выравненной, НКА =  $180^\circ$ ) —  $31,4\pm 6,2$  и  $36,9\pm 5,5$  соответственно

( $p<0,05$ ). Это может свидетельствовать о большей нагрузке на данную конечность во время ходьбы и, возможно, вести к более раннему износу компонентов эндопротеза, чем на контралатеральной конечности. Таким образом, у пациентов 1-й группы выявлены признаки так называемой скрытой хромоты, которые в ближайшем периоде не проявляются клинически (табл. 4).

### Обсуждение

Анализ телерентгенограмм показал, что угол между анатомической и механической осями бедра (FVA) до операции в среднем составил  $6,7\pm 2,0^\circ$  (от  $3$  до  $10^\circ$ ). При этом мы исследовали только пациентов с варусной деформацией.

По данным А.В. Mullaji с соавторами, как правило FVA  $>7^\circ$  встречается у 44,9% людей, а  $<5^\circ$  — у 10,9%. Следовательно, при использовании фиксированного угла FVA  $5^\circ$ ,  $6^\circ$  или  $7^\circ$  во время операции (без определения FVA по телерентгенограммам) отклонение от нейтральной оси  $>2^\circ$  составляет 45,1%, 28,2%, или 21,1% соответственно [28].

Отклонение от нейтральной оси при ТЭКС может наступить и в момент цементирования компонентов. Так, D.F. Howie с соавторами отметили, что с использованием компьютерной навигации при ТЭКС в 14% случаев происходит отклонение от нейтральной оси на  $2^\circ$  между измерениями на примерочных и окончательных компонентах [29].

Таблица 2/Table 2

Показатели качества жизни пациентов по SF-36, баллы  
SF-36 Quality of life assessment, scores

Подшкала SF-36	Группы		
	1-я (асимметричная)	2-я (симметричная)	3-я (нейтральная)
Физическое функционирование (PF)	$61,4\pm 12,6$	$63,8\pm 10,6$	$63,2\pm 9,4$
Ролевое (физическое) функционирование (RP)	$59,2\pm 6,9$	$57,4\pm 6,0$	$56,4\pm 7,7$
Боль (P)	$60,2\pm 10,1$	$64,2\pm 6,6$	$64,0\pm 12,8$
Общее здоровье (GH)	$76,0\pm 6,4$	$74,0\pm 10,1$	$76,3\pm 13,8$
Жизнеспособность (VT)	$62,6\pm 4,7$	$61,8\pm 8,4$	$63,9\pm 8,0$
Социальное функционирование (SF)	$78,2\pm 3,4$	$78,4\pm 9,2$	$78,5\pm 8,6$
Эмоциональное функционирование (RE)	$64,4\pm 4,8$	$62,1\pm 9,2$	$68,4\pm 5,5$
Психологическое здоровье (MH)	$78,6\pm 6,2$	$78,4\pm 6,0$	$80,4\pm 8,2$

$p>0,05$ .

Таблица 3/Table 3

**Результаты оценки статико-динамической функции нижней конечности на лечебно-диагностическом комплексе Biodex Systems 4 Quik Set**  
**Results of static and dynamic function assessment of the lower limb on Biodex Systems 4 Quik Set**

Параметр динамограммы		Группа			
		1-я (асимметричная)		2-я (симметричная)	3-я (нейтральная)
		ОВ	НО	ОВ	НО
Крутящий момент/масса тела, %	сгибание	84,6±6,9	81,4±11,6	<b>84,4±12,2</b> 84,8±10,1	<b>82,2±17,6</b> 80,8±12,3
	разгибание	64,6±18,1	62,6±14,4	<b>68,2±16,4</b> 72,4±8,1	<b>71,4±11,9</b> 74,6±8,8
Соотношение пикового крутящего момента мышц антагонистов		39,4±7,7	37,6±8,8	<b>39,2±7,0</b> 46,8±3,3	<b>37,4±7,0</b> 44,6±6,9
Усталость от работы, %	сгибание	20,2±4,0	21,4±9,2	<b>20,4±8,0</b> 20,4±8,1	<b>20,2±4,4</b> 18,4±10,9
	разгибание	22,2±6,1	21,0±6,6	<b>26,3±4,8</b> 23,6±2,9	<b>24,2±6,4</b> 22,4±6,3

ОВ — остаточный варус; НО — нейтральная ось.

Полужирным шрифтом указаны оценки функции конечности, прооперированной во вторую очередь.  
*p*>0,05.

Таблица 4/Table 4

**Результат динамической стабилеметрии в исследуемых группах пациентов**  
**Results of dynamic stabilometry**

Группа		Параметр						Время шага, сек.
		Период опоры, %	1-й период двойной опоры, %	Период одиночной опоры, %	2-й период двойной опоры, %	Период переноса, %	Период двойной опоры, %	
1-я (асимметричная)	НО	64,4±3,1	16,0±4,4	31,4±6,2*	15,1±3,8	36,9±5,5*	32,1±6,0	1,2±0,3
	ОВ	66,6±6,1	15,2±3,5	35,1±4,4*	15,0±3,4	30,4±6,4*	30,1±3,8	1,1±0,1
2-я (симметричная)		<b>65,8±3,8</b> 65,8±3,0	<b>16,1±3,2</b> 15,6±2,2	<b>34,0±3,1</b> 30,1±3,4	<b>15,0±2,2</b> 15,0±4,4	<b>34,6±4,9</b> 32,2±4,0	<b>34,0±3,1</b> 34,0±1,2	<b>1,1±0,1</b> 1,0±0,3
3-я (нейтральная)		<b>64,1±4,2</b> 64,2±4,7	<b>15,5±2,7</b> 16,1±1,8	<b>33,7±1,6</b> 34,5±2,0	<b>18,7±2,4</b> 16,7±3,4	<b>34,4±3,1</b> 33,1±2,7	<b>34,4±1,8</b> 36,1±0,4	<b>1,2±0,2</b> 1,2±0,4

ОВ — остаточный варус; НО — нейтральная ось.

Полужирным шрифтом указаны оценки функции конечности, прооперированной во вторую очередь.  
*p*>0,05.

G. Matziolis с соавторами сравнивали функциональное состояние коленного сустава с помощью шкал KSS, WOMAC и SF-36 у пациентов с нейтральной осью и остаточной варусной деформацией нижней конечности ( $\approx 6,3^\circ$ ) после ТЭКС и через 5 лет не нашли разницы в результатах [30]. М.М. Allen с соавторами также не выявили влияния остаточной варусной деформации на функциональный результат и выживаемость компонентов эндопротеза в течение 15 лет после операции [31]. Однако R.A. Magnussen с соавторами считают, что показатели KSS у пациентов с остаточной варусной деформацией лучше, чем у пациентов с нейтральной осью нижней конечности после ТЭКС [32]. J. Stucinskas с соавторами оценили результаты ТЭКС у пациентов с остаточной варусной и вальгусной деформацией через год с помощью стандартных методов, дополнив их динамометрией. Авторы не установили статистически значимых различий по сравнению с нейтрально выравненной (НКА —  $180 \pm 3^\circ$ ) конечностью [33]. Однако есть абсолютно противоположные мнения в отношении фронтального выравнивания [4, 5, 34].

Во всех этих работах отражены результаты одностороннего эндопротезирования коленного сустава. Мы отразили результаты двустороннего выравнивания оси нижней конечности у пациентов с гонартрозом. В нашем исследовании в 3-ю группу включали пациентов только с нейтральной осью нижней конечности (НКА =  $180^\circ$ ) с точностью до  $0,5^\circ$ . Однако, по данным литературы, допустимым значением является отклонение от оси не более  $3^\circ$  [3–5]. Поэтому в 1-ю и 2-ю группы мы включали пациентов с деформацией более  $3^\circ$ , считая это наличием остаточной деформации. Мы не выявили статистически значимых различий между остаточной деформацией и нейтральной осью после ТЭКС в ближайшем периоде при двустороннем эндопротезировании в симметричных группах. Однако у пациентов 1-й группы на стороне с остаточной деформацией отмечено увеличение периода опоры на 15% ( $p < 0,05$ ) и уменьшение периода переноса на 17% ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контралатеральной конечностью (нейтрально выравненной осью, НКА =  $180^\circ$ ). Пациенты 2-й и 3-й групп (с симметричной варусной деформацией и двусторонней нейтральной осью нижних конечностей после ТЭКС) в ближайшем периоде показали одинаковые клинические и функциональные результаты. Это позволяет предположить, что остаточная варусная деформация после ТЭКС не отражается на результатах, если она симметрична.

Формула успеха в эндопротезировании коленного сустава все еще не найдена. Большое количество пациентов с ТЭКС, выполненным по всем канонам, оценивают результаты вмешательства как спорные или неудовлетворитель-

ные. Это заставляет нас продолжать поиски решения проблемы.

Симметричная остаточная варусная деформация нижних конечностей в  $3,2\text{--}5,1^\circ$  не оказывает негативного влияния на краткосрочные клинико-функциональные результаты ТЭКС. Мышечная функция и качество походки у пациентов с нейтральной осью нижних конечностей и симметричной остаточной варусной деформацией через  $16,4 \pm 2,9$  мес. после ТЭКС одинаковы.

Асимметричная остаточная варусная деформация через  $16,4 \pm 2,9$  мес. после ТЭКС проявляется в увеличении периода опоры на 15% ( $p < 0,05$ ) и уменьшении периода переноса на 17% ( $p < 0,05$ ) на стороне с остаточной деформацией по сравнению с контралатеральной конечностью (нейтрально выравненной, НКА =  $180^\circ$ ).

Пациент дал добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

1. Abdel M.P., Oussedik S., Parrate S., Lustig S., Hadda F.S. Coronal alignment in total knee replacement: historical review, contemporary analysis, and future direction. *Bone Joint J.* 2014;96-B(7):857-862. DOI:10.1302/0301-620X.96B7.33946.
2. Bellemans J., Colyn W., Vandenuecker H., Victor J. The Chitranjan Ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(1):45-53. DOI: 10.1007/s11999-011-1936-5.
3. Berend M.E., Ritter M.A., Meding J.B., Faris P.M., Keating E.M., Redelman R. et al. Tibial component failure mechanisms in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(428):26-34.
4. Collier M.B., Engh G.A. Factors associated with the loss of thickness of polyethylene tibial bearings after knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(6):1306-1314.
5. Jeffery R.S., Morris R.W., Denham R.A. Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73:709-14.
6. Fang D.M., Ritter M.A., Davis K.E. Coronal alignment in total knee arthroplasty: just how important is it. *J Arthroplasty.* 2009;24(6):39-43. DOI: 10.1016/j.arth.2009.04.034.
7. Liu H.X., Shang P., Ying X.Z., Zhang Y. Shorter survival rate in varus-aligned knees after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(8):2663-2671. DOI: 10.1007/s00167-015-3781-7.
8. Manzotti A., Pullen C., Confalonieri N. Computer-assisted alignment system for tibial component placement in total knee replacement: a radiological study. *Chir Organi Mov.* 2008;91(1):7-11. DOI: 10.1007/s12306-007-0002-7.
9. Matziolis G., Lucke M., Perka C. Computer tomographically determined design parameters for

- optimized fit of an acetabular reconstruction cage. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2007;74(1):14-18.
10. Meneghini R.M., Grant T.W., Ishmael M.K., Ziemba-Davis M. Leaving Residual Varus Alignment After Total Knee Arthroplasty Does Not Improve Patient Outcomes. *J Arthroplasty.* 2017;32(9S):171-176. DOI: 10.1016/j.arth.2017.02.064.
  11. Teeter M.G., Naudie D.D., McCalden R.W., Yuan X., Holdsworth D.W., MacDonald S.J., Lanting B.A. Varus tibial alignment is associated with greater tibial baseplate migration at 10 years following total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Nov 16. DOI: 10.1007/s00167-017-4765-6.
  12. Зиновьев М.П., Пасков Р.В., Римашевский Д.В. Влияние остаточной варусной деформации на клинико-функциональные, рентгенологические и динамометрические результаты тотального эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2017;(1):108-116. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-208-116. Zinoviev M.P., Paskov R.V., Rimashevsky D.V. [Influence of residual varus deformity on clinical, functional, radiological and dynamometric outcomes of total knee arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;(1):108-116. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-108-116.
  13. Bellemans J. Neutral mechanical alignment: a requirement for successful TKA: opposes. *Orthopedics.* 2011;34(9):e507-509. DOI: 10.3928/01477447-20110714-41.
  14. Hatayama K., Terauchi M., Saito K., Higuchi H. Does residual varus alignment cause increasing varus laxity at a minimum of five years after total knee arthroplasty? *J Arthroplasty.* 2017;32(6):1808-1813. DOI: 10.1016/j.arth.2017.01.006.
  15. Song M.H., Yoo S.H., Kang S.W., Kim Y.J., Park G.T., Pyeon Y.S. Coronal Alignment of the Lower Limb and the Incidence of Constitutional Varus Knee in Korean Females. *Knee Surg Relat Res.* 2015;27(1):49-55. DOI: 10/5792/ksrr.2015.27.1.49.
  16. Luyckx T., Vanhoorebeeck F., Bellenans J. Should we aim at undercorrection when doing a total knee arthroplasty? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(6):1706-1712. DOI: 10.1007/s00167-014-3185-0.
  17. Yoon J.R., Han S.B., Jee M.K., Shin Y.S. Comparison of kinematic and mechanical alignment techniques in primary total knee arthroplasty: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(39):e8157. DOI: 10.1097/MD.00000000000008157.
  18. Berger R.A., Rubash H.E., Seel M.J., Thompson W.H., Crossett L.S. Determining the rotational alignment of the femoral component in total knee arthroplasty using the epicondylar axis. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(286):40-47.
  19. Hirschmann M.T., Konala P., Amsler F., Iranpour F., Friederich N.F., Cobb J.P. The position and orientation of total knee replacement components: a comparison of conventional radiographs, transverse 2D-CT slices and 3D-CT reconstruction. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(5):629-633. DOI: 10.1302/0301-620X.93B5.25895.
  20. Durandet A., Ricci P.-L., Saveh A.H., Vanat Q., Wang B., Esat I., Chizari M. Radiographic Analysis of lower limb axial alignments. Proceedings of the World Congress on Engineering. 2013;2. Available at: <http://www.iaeng.org/publication/WCE2013/>.
  21. Дедов И. И., Мельниченко Г.А., Романцова Т.И. Стратегия управления ожирением: итоги Всероссийской наблюдательной программы «ПримаВера». Ожирение и метаболизм. 2016;13(1):36-44. DOI: 10.14341/OMET2016136-44.
  22. Dedov I.I., Troshina E.A., Mazurina N.V., Galieva M.O., Logvinova O.V. [The role of neurotransmitters in regulation of energy homeostasis and possibility of drug correction of its disturbances in obesity]. *Ozhirenie i metabolizm* [Obesity and Metabolism]. 2016;13(1):36-44. (in Russian). DOI: 10.14341/OMET2016136-44.
  23. Верткин А.Л., Наумов А.В., Шакирова С.Р., Зайченко Д.М. Остеопороз в практике врача. *Современная ревматология.* 2011;(2):64-71. DOI: 10.14412/1996-7012-2011-672. Vertkin A.L., Naumov A.V., Shakirova S.R., Zaichenko D.M. [Osteoporosis in a physician's practice]. *Sovremennaya revmatologiya* [Modern Rheumatology Journal]. 2011;(2):64-71. (in Russian). DOI:10.14412/1996-7012-2011-672.
  24. Charlson M.E., Pompei P., Ales K.L., McKenzie C.R. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chron Dis.* 1987;40(5):373-383.
  25. Henckel J., Richards R., Lozhkin K., Harris S., Rodriguez y Baena F.M., Barret A.R., Cobb J.P. Very low-dose computed tomography for planning and outcome measurement in knee replacement. The imperial knee protocol. *J Bone Jt Surg Br.* 2006;88(11):1513-1518. DOI: 10.1302/0301-620X.88B11.17986.
  26. Цапина Т.Н., Слизкова К.Ш., Эрдес Ш.Ф. Качество жизни больных остеоартрозом. *Научно-практическая ревматология.* 2004;(2):4. Tsapina T.N., Sliskova K.Sh., Erdes Sh. F. [Quality of life of pts with osteoarthritis]. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya* [Rheumatology Science and Practice]. 2004;(2):4. (in Russian).
  27. Insall J.N., Dorr L.D., Scott R.D., Scott W.N. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(248):13-14.
  28. Lienhard K., Laueremann S.P., Schneider D., Item-Glatthorn J.F., Casartelli N.C., Maffiuletti N.A. Validity and reliability of isometric, isokinetic, and isoneutral modalities for the assessment of quadriceps muscle strength in patients with total knee arthroplasty. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(6):2663-2671. DOI: 10/1016/j.jelekin.2013.09.004.
  29. Mullagi A.B., Shetty G.M., Kanna R., Vadapalli R.C. The influence of preoperative deformity on valgus correction angle: an analysis of 503 total knee arthroplasties. *J Arthroplasty.* 2013;28(1):20-27. DOI: 10.1016/j.arth.2012.04.014.
  30. Howie D.F., Love G.J., Deakin A.H., Kinninmonth A.W. Intra-operative deviation in limb alignment occurring at implantation in total knee arthroplasty. *Knee.* 2015;22(1):47-50. DOI: 10/1016/j.knee.2014.11.005.
  31. Matziolis G., Adam J., Perka C. Varus malalignment has no influence on clinical outcome in midterm follow-up after total knee replacement. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130(12):1487-1491. DOI: 10/1007/s00402-010-1064-9.
  32. Allen M.M., Pagnano M.W. Neutral mechanical alignment is it necessary? *Bone Joint J.* 2016;98-B (1 Suppl.A):81-83. DOI: 10.1302/0301-620X.98B1.36403.
  33. Magnussen R.A., Weppe F., Demey G., Servien E., Lustig S. Residual varus alignment does not compromise results of TKAs in patients with preoperative varus. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(12):3343-3350. DOI: 10.1007/s11999-01101988-6.

33. Stucinskas J., Robertsson O., Sirka A., Lebedev A., Wingstrand H., Tarasevicius S. Moderate varus/valgus malalignment after total knee arthroplasty has little effect on knee function or muscle strength 91 patients assessed after 1 year. *Acta Orthop.* 2015;86(6):728-733. DOI: 10.3109/17453674.2015.1059689.
34. Green G.V., Berend K.R., Berend M.E., Glisson R.R., Vail T.P. The effects of varus tibial alignment on proximal tibial surface strain in total knee arthroplasty: the posteromedial hot spot. *J Arthroplasty.* 2002;17(8):1033-1039. DOI: 10.1054/arth.2002.35796.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Зиновьев Максим Павлович* — врач ортопед-травматолог ортопедического отделения № 1, ООО «Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр», Нижний Тагил

*Паськов Роман Владимирович* — д-р мед. наук, главный врач, ООО «Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр», Нижний Тагил

*Сергеев Константин Сергеевич* — д-р мед. наук, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии с курсом детской травматологии, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, Тюмень

*Римашевский Денис Владимирович* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России, Москва

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Maxim P. Zinoviev* — orthopedic surgeon, Orthopedic Department N 1, Ural Clinical Medical and Rehabilitation Center, Nizhny Tagil, Russian Federation

*Roman V. Paskov* — Dr. Sci. (Med.), head doctor, Ural Clinical Medical and Rehabilitation Center, Nizhny Tagil, Russian Federation

*Konstantin S. Sergeev* — Dr. Sci. (Med.), professor, Orthopedic Department, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

*Denis V. Rimashevsky* — Cand. Sci. (Med.), associate professor, Orthopedic Department, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

# Articulation and Backside Wear Analysis after Long-Term *in vitro* Wear Simulation of Vitamin E Stabilized Polyethylene Acetabular Liners with a Press-Fit Locking Mechanism

A.L. Puente Reyna<sup>1,2</sup>, M. Holderied<sup>1</sup>, M. Jäger<sup>3</sup>, C. Schilling<sup>1</sup>, T.M. Grupp<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Aesculap AG, Research & Development, 78532 Tuttlingen, Germany

<sup>2</sup> Ludwig Maximilians University Munich, Department of Orthopaedic Surgery, Physical Medicine & Rehabilitation, Campus Grosshadern Munich, 81377 Munich, Germany

<sup>3</sup> Department of Orthopaedics and Trauma Surgery, University of Duisburg-Essen, 45147 Essen, Germany

## Abstract

A previous retrieval study analyzed the backside wear of short-term implanted liners against *in vitro* tested liners of similar life in service and showed comparable results among both groups, with no significant backside wear due to micro-motion.

*The purpose* — to obtain a picture of the overall wear (articulation and backside surfaces) of 0.1% vitamin E blended polyethylene liners, with a locking mechanism based on a press-fit cone in combination with a rough titanium conical inner surface in the fixation area, under a 20 million cycles hip wear simulation.

*Materials and Methods.* A semi-quantitative method was used in order to assess the damage on the backside of the liners and a 3D measuring machine to assess the creep and wear at the articulation surface.

*Results.* The total average backside wear score was  $22.00 \pm 2.59$  from a maximum total score of 147 after 5 million cycles (mc), increased to  $31.92 \pm 5.57$  after 10 mc, but showed no further increment after 15 and 20 mc. The reference liners (subjected only to axial load) showed similar wear scores and modes as the liners under wear simulation (axial load and movement). Small scratches produced during insertion and removal were clearly seen at the rim (fixation) area and no considerable abrasion was observed. The machining marks on the convex surface were always visible. Regarding the articulation surface, a steady state wear rate of  $7 \mu\text{m}/\text{year}$  was measured.

*Conclusion.* These results determined that most of the backside wear produced on the liners occurred during their insertion and removal rather than during their life in service. Moreover, the wear at the articulation surface was similar to that seen *in vivo* at short- and mid-term on highly cross-linked polyethylene liners with and without vitamin E content.

**Keywords:** total hip arthroplasty, wear simulation, vitamin E, backside wear.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-29-40

 **Cite as:** Puente Reyna A.L., Holderied M., Jäger M., Schilling C., Grupp T.M. Articulation and Backside Wear Analysis after Long-Term *in vitro* Wear Simulation of Vitamin E Stabilized Polyethylene Acetabular Liners with a Press-Fit Locking Mechanism. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):29-40. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-29-40.

 *Ana Laura Puente Reyna.* 78532 Tuttlingen, Germany; e-mail: ana\_laura.puente\_reyna@aesculap.de

Received: 21.03.2018. Accepted for publication: 14.05.2018.

# Анализ износа артикулирующей и тыльной поверхностей после долгосрочного *in vitro* моделирования износа стабилизированных витамином Е полиэтиленовых вкладышей с пресс-фит блокированием

A.L. Puente Reyna<sup>1,2</sup>, M. Holderied<sup>1</sup>, M. Jäger<sup>3</sup>, C. Schilling<sup>1</sup>, T.M. Grupp<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Aescular AG, Research & Development, 78532, Туттлинген, Германия

<sup>2</sup> Университет им. Людвиг Максимилиана, 81377, Мюнхен, Германия

<sup>3</sup> Университет Дуйсбург-Эссен, 45147, Эссен, Германия

## Реферат

Предыдущие исследования были посвящены износу тыльной поверхности кратковременно имплантированных вкладышей в сравнении со вкладышами, тестируемыми *in vitro*, в течение равного количества времени. В результате были продемонстрированы сравнимые результаты в обеих группах, при этом не было отмечено существенного износа тыльной поверхности вследствие микроподвижности.

**Цель исследования** — получить данные об общем износе (артикулирующей поверхности и тыльной поверхности) полиэтиленовых вкладышей, стабилизированных 0,1% витамином Е, которые блокировали за счет пресс-фит посадки в шероховатой титановой внутренней поверхности чашки. Условия моделирования износа составляли 200 миллионов циклов движений тазобедренного сустава.

**Материал и методы.** Для оценки степени повреждения тыльной поверхности вкладышей использовали полуколичественный метод. Степень износа сочленяющихся поверхностей определяли с использованием 3D координатно-измерительного прибора.

**Результаты.** Общий средний показатель износа тыльной поверхности вкладышей составил  $22,00 \pm 2,59$ , максимальный общий показатель составил 147 после 5 млн циклов. Авторы наблюдали увеличение среднего показателя до  $31,92 \pm 5,57$  через 10 млн циклов, при этом, дальнейшего увеличения показателей через 15 и 20 млн циклом не отмечали. Контрольные вкладыши (подверженные только аксиальной нагрузке) продемонстрировали схожие показатели и модели износа как вкладыши, подверженные моделированию износа (аксиальная нагрузка и движение). Небольшие царапины, нанесенные во время установки и удаления вкладышей, были четко видны в области фиксации, при этом значимого абразивного истирания не было отмечено. Всегда были видны риски на выпуклой поверхности вкладышей. Скорость износа сочленяющихся поверхностей составила 7 мкм/год.

**Выводы.** Результаты исследования продемонстрировали, что основной объем износа тыльной стороны вкладышей происходит в процессе их установки и удаления, нежели в период функционирования протеза. Более того, объем износа артикулирующей поверхности был идентичен объему износа, который отмечали *in vivo* при кратко- и среднесрочной имплантации вкладышей из кросс-линк полиэтилена с высокими поперечными связями без или с добавлением витамина Е.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, моделирование износа, витамин Е, износ тыльной стороны вкладыша.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-29-40

## Introduction

Aseptic loosening as a consequence of wear generated particulate debris remains the principal reason for revision in total hip arthroplasty at the long-term [1]. The main source of particulate debris, and thus the most studied, is at the articulation surface. However, the wear produced at the interface between the liner and the metallic acetabular component, known as backside wear, gained importance after high revision rates due to retroacetabular osteolysis were seen on retrieved liners showing high backside wear [2–6]. When there is an unstable locking mechanism and a poor conformity between the liner and the acetabular shell, wear is produced at this non-articulating surface as a result of micro-motions between both components [7–9]. Therefore, a secure locking mechanism

should be able to decrease the backside wear to values that do not substantially contribute to the overall wear rate of polyethylene liners [9, 10].

A previous retrieval study analyzed the backside wear of acetabular liners with a locking mechanism based on a press-fit cone with a large surface area in combination with a grit blasted rough titanium inner surface along the rim of the acetabular shell [11]. In the study, the backside wear of short-term retrievals made out of conventional standard polyethylene (CPE), highly cross-linked polyethylene (XLPE) and highly cross-linked and vitamin E (0.1%) blended polyethylene was analyzed and compared with their corresponding *in vitro* tested liners of equivalent life in service, showing similar results among both groups and no significant backside wear due to micro-motion.

A limitation of the study was that the analyzed retrieved liners were only for an average of 13.1 months *in situ* and the *in vitro* test simulated approximately 2.9 years of *in vivo* service life. As retrieval studies from other acetabular cup designs have demonstrated a significant correlation between backside damage and age *in vivo* for CPE and XLPE liners [12, 13], it is important to investigate if the backside wear increases on vitamin E blended polyethylene liners with the mentioned locking mechanism through time. To date, no long-term retrievals of vitamin E blended polyethylene are available, therefore, only *in vitro* studies can provide information regarding their performance at the long-term.

### Objectives

The purpose of our study was to obtain a picture of the overall wear (articulation and backside surfaces) of 0.1% vitamin E blended polyethylene liners with a press-fit locking mechanism under a 20 million cycles hip wear simulation, equivalent to approximately 11.4 years *in vivo* service [14]. More specifically, our purposes were to analyze the backside wear of the liners, which wear modes can be expected and if this type of wear increases with time.

### Materials and Methods

#### *In vitro* wear simulation

*In vitro* wear simulation was performed on a customized 6 + 2 (reference) stations servohydraulic hip simulator (EndoLab GmbH, Thansau, Germany) with kinematic and load patterns according to ISO 14242-1:2014(E). Acetabular cups (Plasmafit® Poly Cup, size 50, Aesculap AG, Tuttlingen, Germany) made out of Ti6Al4V alloy and without screw drill holes were used in combination with highly cross-linked (electron beam, 80 kGy), vitamin E (0.1%) blended and EO sterilized polyethylene liners (Plasmafit® Poly Insert, size 36 mm, Aesculap AG, Tuttlingen, Germany). Modular heads of 36 mm (taper 12/14) made out of zirconia toughened alumina ceramic (BIOLOX® delta, Aesculap AG, Tuttlingen, Germany) were used for the articulation.

Prior wear simulation, all the polyethylene liners were subjected to artificial aging according to ASTM F2003-02 in a heat-conditioning chamber at 70°C in pure oxygen and at 5 bar for two weeks (BM400, Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, Germany). Afterwards, the polyethylene liners were soaked in serum-based test medium until the incremental mass change over 24 hours was less than 10% of the previous cumulative mass change (34 days) in order to allow for saturated fluid absorption according to ISO 14242-2:2016(E).

Wear simulation was performed for 20 million cycles at a frequency of 1 Hz in a test medium at 37°C consisting of newborn calf serum (Biowest SAS, Nuaille, France) diluted with deionized water in order

to achieve a protein concentration of 30 g/l. Ethylene diamine tetraacetic acid and Amphotericin B were added to the test medium in order to stabilize the pH and prevent fungal decay, respectively. The test medium was replaced at 0.5 million cycles intervals and all the components were cleaned with deionized water and mild soap without removing the polyethylene liners from the acetabular cup in order to reduce potential backside wear produced by the constant removing and insertion of the liner. Only every 5 million cycles the polyethylene liners were removed from the acetabular cups and cleaned according to ISO 14242-2:2016(E). After every 0.5 million cycles, the component sets were rotated across stations to minimize the effect of inter-station kinematic variability. For the different analysis, two groups were defined: "Reference" liners (n = 2) subjected only to axial load; and "Wear simulated" liners (n = 6) subjected to axial load and movement.

#### *Wear at the articulation surface and geometrical changes*

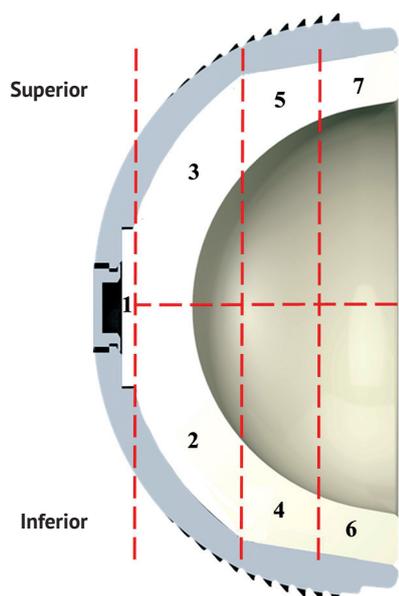
Optical analysis of the articulation surface of the polyethylene liners was performed after 5, 10, 15 and 20 million cycles using a digital microscope (VHX-5000, Keyence Corporation, Osaka, Japan) with a 30- and 50-fold magnification. Plastic deformation due to creep and wear was assessed by means of a three-dimensional measuring machine (UMM850, Carl Zeiss AG, Oberkochen, Germany) in a tactile measuring mode (1500 points per scan). The geometrical changes were displayed vertically to the transversal plane of the polyethylene liners with a pseudo-color mode.

#### *Optical backside wear analysis*

Optical analysis of the backside surface of the polyethylene liners was performed after 5, 10, 15 and 20 million cycles using the digital microscope previously mentioned with a 50-fold magnification. A semi-quantitative method developed by Hood et al. [15] and modified for hip implants was used to assess the damage on the backside of the liners. The detailed description of the modified method is given in the previously performed study [11] and will be briefly summarized in the following. On basis of its *in situ* orientation, the backside section was divided by a superior / inferior line and 7 different sections were determined (Figure 1).

For each section, a score between 0 and 3 was given for each of the seven different wear modes (deformation, pitting, embedded particles, scratching, burnishing, abrasion and delamination), giving a maximum possible damage score of 21 per section. A score of 0 meant no damage; a score of 1 meant damage to less than 10% of the surface area, 2 meant damage to 10 –

50% of the surface area and 3 meant that more than 50% of the area had been damaged. Each component was given a total damage score based on the sum of the scores from all its seven sections. The maximum possible damage score was 147.



**Fig. 1.** Sketch from a cross-section of a Plasmakit® liner with its titanium alloy shell and the corresponding sections for backside wear analysis [11]

The optical analysis was performed by two of the authors (ALPR, MH) and their scores were averaged. Both observers were blinded to previous results at the time of new scoring and to the results of the other observer. The inter-observer reliability of this method was “substantial”, with kappa measures ranging between 0.62 and 0.72.

### Statistics

To differentiate the average total backside wear scores after 5, 10, 15 and 20 million cycles of the “Wear simulated” and “Reference” liners, an analysis of variance was carried out ( $p = 0.05$ ) followed by a post hoc test (Scheffe  $p = 0.05$ ). To differentiate between the “Wear simulated” and “Reference” liners at 5, 10, 15 and 20 million cycles, an analysis of variance ( $p = 0.05$ ) was carried out followed by a post hoc test (HSD Test for unequal N,  $p = 0.05$ ). Prior to analysis, the normal distribution ( $p$ - $p$  plots) and the homogeneity of variance (Levene Test) were verified (Dell Statistica R13, Dell Inc., Hamburg, Germany). A  $p$  value less than 0.05 was considered as significant.

### Results

#### *Wear at the articulation surface and geometrical changes*

Optical analysis of the wear patterns at the articulation surface of the “Wear simulated” liners showed an increment in the total wear area through the

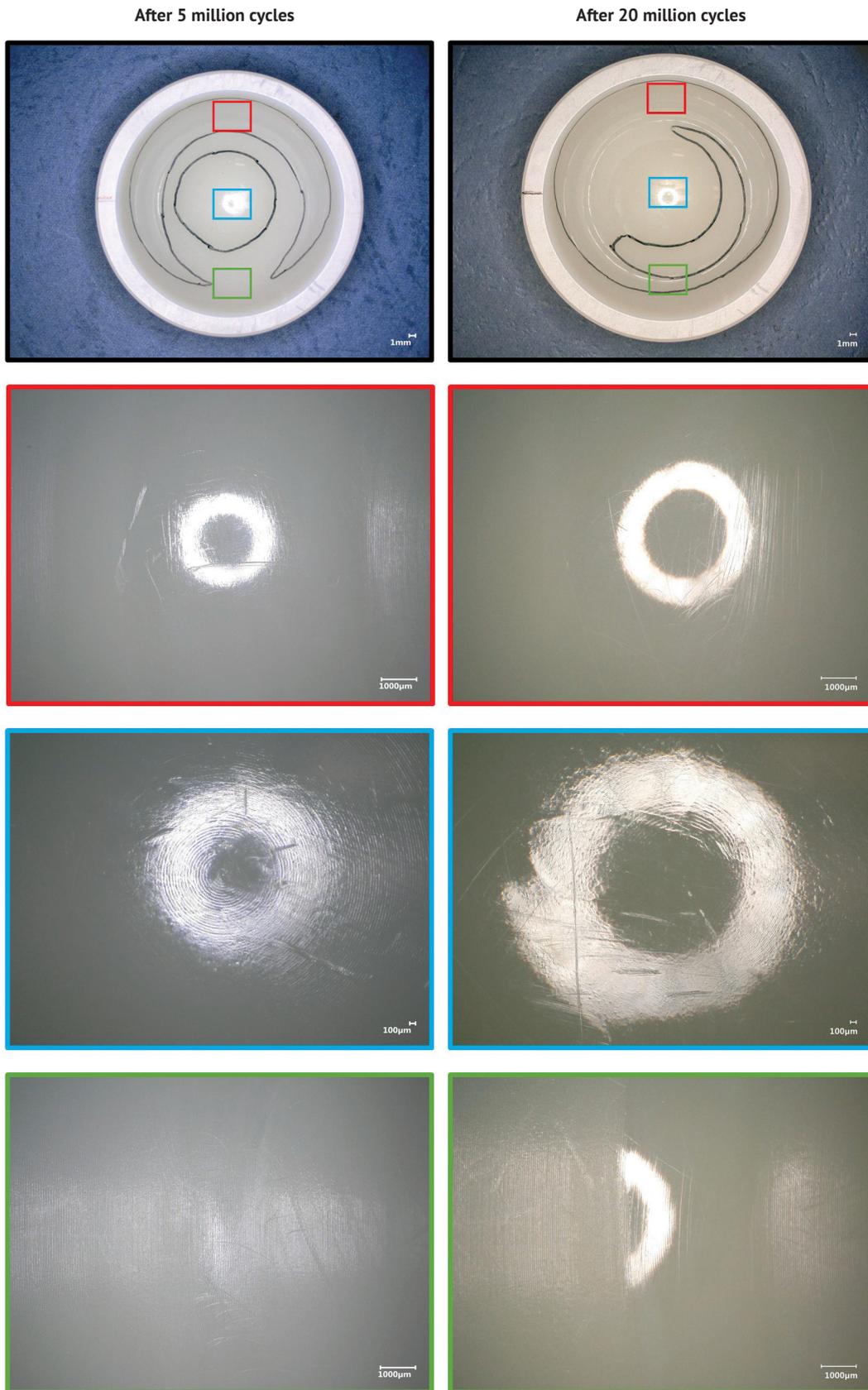
20 million cycles (Figure 2). The wear modes seen at the articulation area during the whole test were burnishing and slight scratches. After the first 5 million cycles, even though there was burnishing of the surface, the machining marks at the pole of the articulation surface could still be slightly seen. However, these were erased through the rest of the wear simulation and were not seen at the end of the test. The superior side of the liner showed high burnishing since the first 5 million cycles, whereas the inferior side showed practically no wear marks after the first 5 million cycles, but showed burnishing of the surface through time. Regarding the “Reference” liners that underwent just to axial load, no burnishing nor scratches were seen through the entire simulation, as the machining marks were always clearly visible (Figure 3).

The 3D analysis performed on the “Wear simulated” liners after 20 million cycles showed a total head penetration generated by creep and wear of  $107.4 \pm 31.0 \mu\text{m}$ , whereas the “Reference” liners had a total head penetration only by creep of  $33.4 \pm 7.8 \mu\text{m}$  (Figure 4). Hence, approximately one third of the total head penetration of the “Wear simulated” liners was a result of plastic deformation.

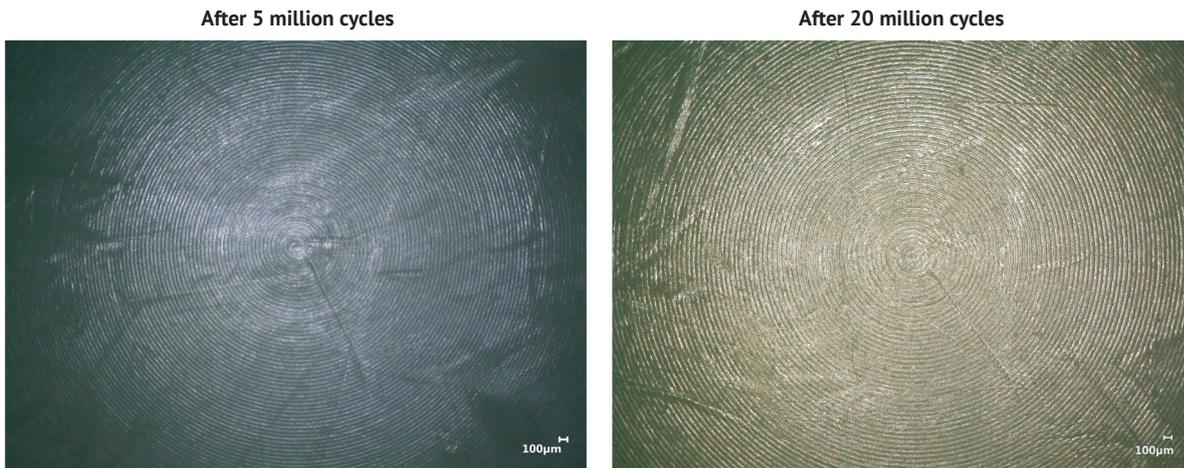
#### *Optical backside wear analysis*

After 5 million cycles, the “Wear simulated” liners had a total average backside wear score of  $22.00 \pm 2.59$  (from a maximum total score of 147), which was statistically lower than the scores at 10 million cycles ( $31.92 \pm 5.57$ ,  $p < 0.001$ ), 15 million cycles ( $27.50 \pm 2.58$ ,  $p = 0.005$ ), and 20 million cycles ( $30.00 \pm 2.52$ ,  $p < 0.001$ ). Moreover, there was a statistical decrease in the total average backside wear score from 10 to 15 million cycles ( $p = 0.04$ ), but there was no statistical change from 15 to 20 million cycles ( $p = 0.41$ ). The reason for the decrease in the total average backside wear score will be discussed in the following section.

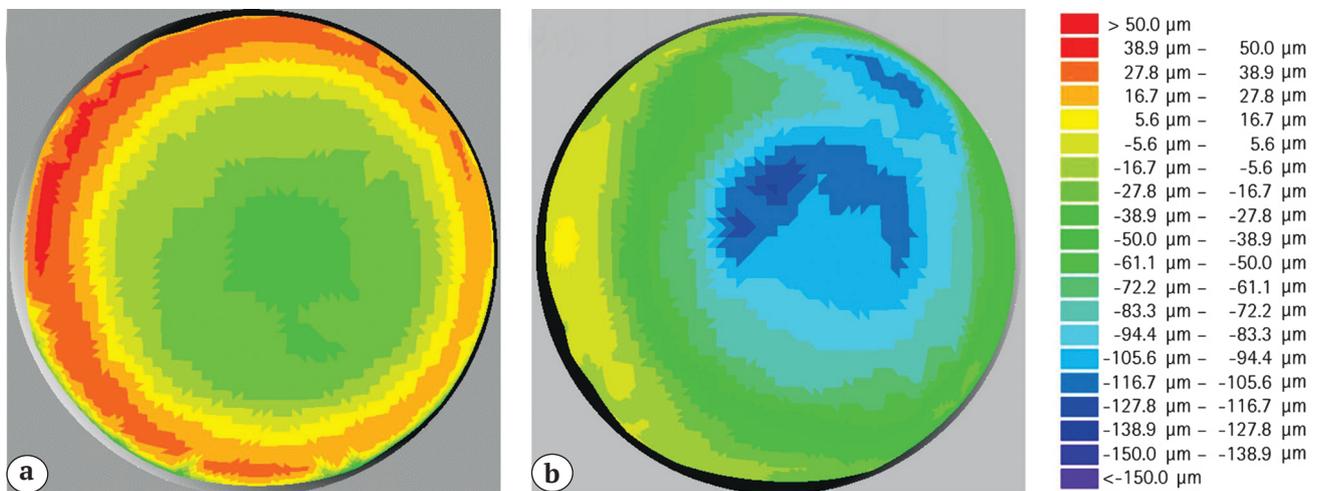
On the other hand, the “Reference” liners subjected only to axial load had a total average backside wear score of  $16.50 \pm 2.52$  after 5 million cycles, which was also statistically lower than the scores at 10 million cycles ( $26.75 \pm 2.63$ ,  $p < 0.001$ ), 15 million cycles ( $27.25 \pm 1.26$ ,  $p < 0.001$ ), and 20 million cycles ( $24.00 \pm 1.41$ ,  $p = 0.002$ ). They did not have any significant change from 10 to 15 million cycles ( $p = 0.99$ ) nor from 15 to 20 million cycles ( $p = 0.23$ ). Finally, there was a statistical difference between the total backside wear score of the “Wear simulated” liners and the “Reference” at 5 and 20 million cycles ( $p = 0.009$  and  $p = 0.003$ , respectively), but not at 10 and 15 million cycles ( $p = 0.17$  and  $p = 0.88$ , respectively) (Figure 5).



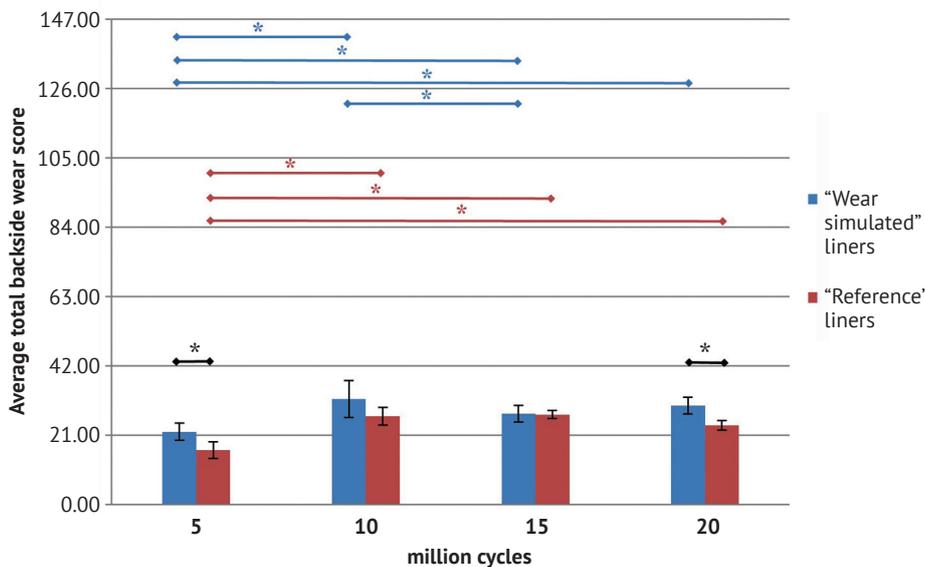
**Fig. 2.** Wear patterns at the articulation surface of a “Wear simulated” liner (subjected to axial load and movement) after 5 and 20 million cycles showing polishing and slight scratches. Black: overview of the wear areas; red: superior side of the liner in anatomical position; blue: wear at the pole; green: wear at the inferior side



**Fig. 3.** Articulation surface of a “Reference” liner subjected just to axial load after 5 (left) and 20 (right) million cycles with machining marks still visible



**Fig. 4.** Geometrical changes after 20 million cycles of a “Reference” liner subjected only to axial load (creep) (a) and a “Wear simulated” liner subjected to axial load and movement (creep and wear) (b)



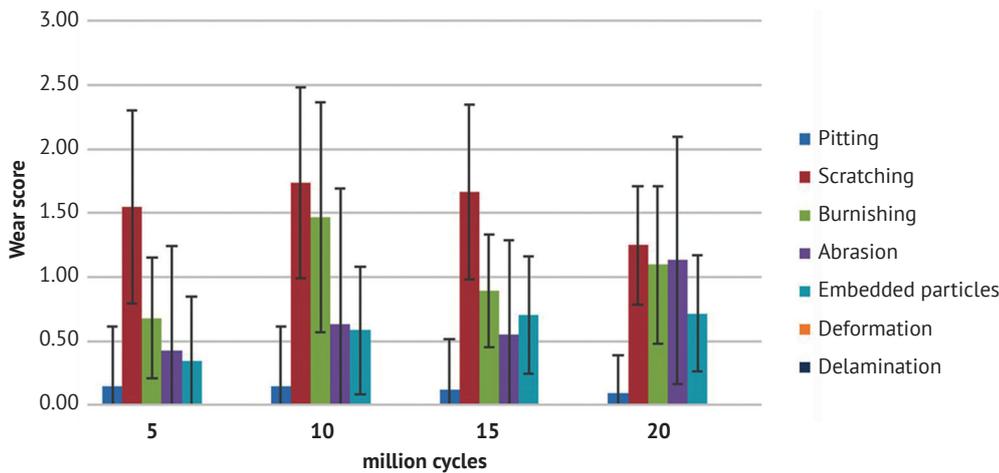
**Fig. 5.** Average total backside wear score of the “Wear simulated” liners (subjected to axial load and movement) and “Reference” liners (only axial load) after 5, 10, 15 and 20 million cycles. Maximum total backside wear score possible = 147. \* Indicates statistical difference (p < 0.05)

The most common wear mode overall seen after 5, 10 and 15 million cycles was scratching, followed by burnishing. However, after 20 million cycles, scratching, burnishing and abrasion had approximately the same weight regarding their wear score. Moreover, the number of embedded particles increased through the wear simulation (Figure 6).

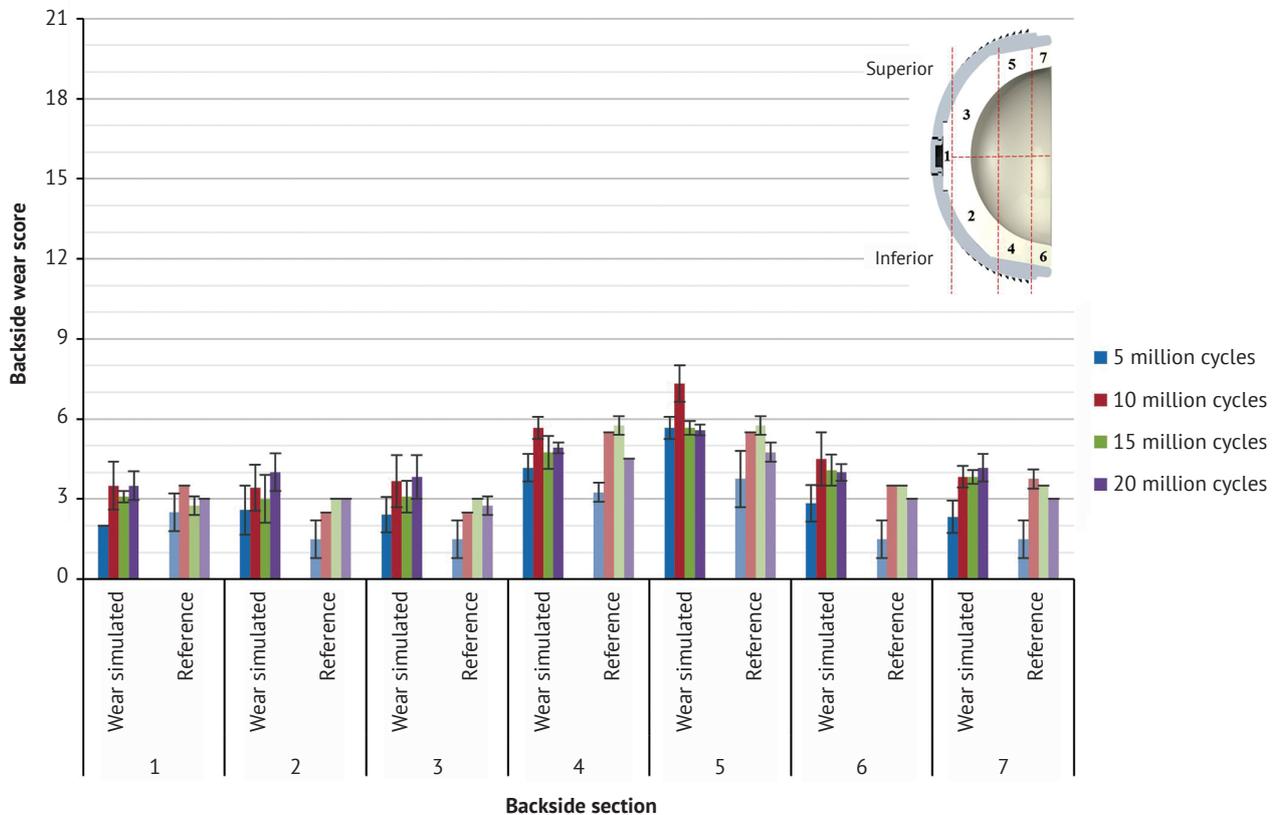
When analyzing the wear per sections, those in contact with the milled-drilled smooth acetabular inner surface (sections 1 to 3) had the lowest backside wear score (between  $2.00 \pm 0.00$  and  $4.00 \pm 0.71$  from a maximum score of 21) (Figure 7). In these sections,

the main wear mode seen was slight burnishing, as the machining marks appeared flattened. After every 5 million cycles, the machining marks appeared to be more flattened, but were still clearly visible after 20 million cycles. Same tendency was seen on the "Reference" liners (Figure 8).

Regarding the rim of the liners, the highest wear scores were seen in sections 4 and 5, with values ranging from  $4.17 \pm 0.52$  to  $7.33 \pm 0.68$ . In these sections, the most observed wear mode were small scratches. However, as the test went on, the number of scratches increased and the surface showed abrasion marks.

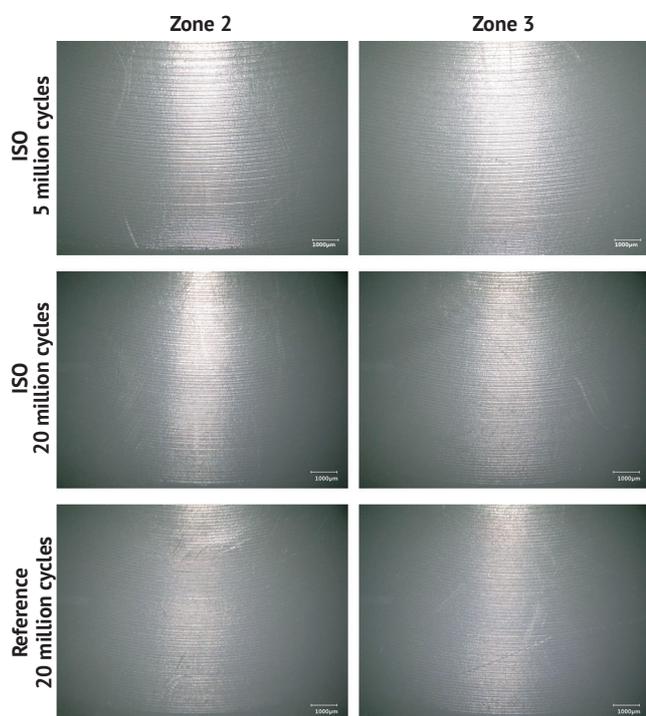


**Fig. 6.** Average score per wear mode of all backside sections of the "Wear simulated" liners after 5, 10, 15 and 20 million cycles. Maximum possible score per wear mode = 3

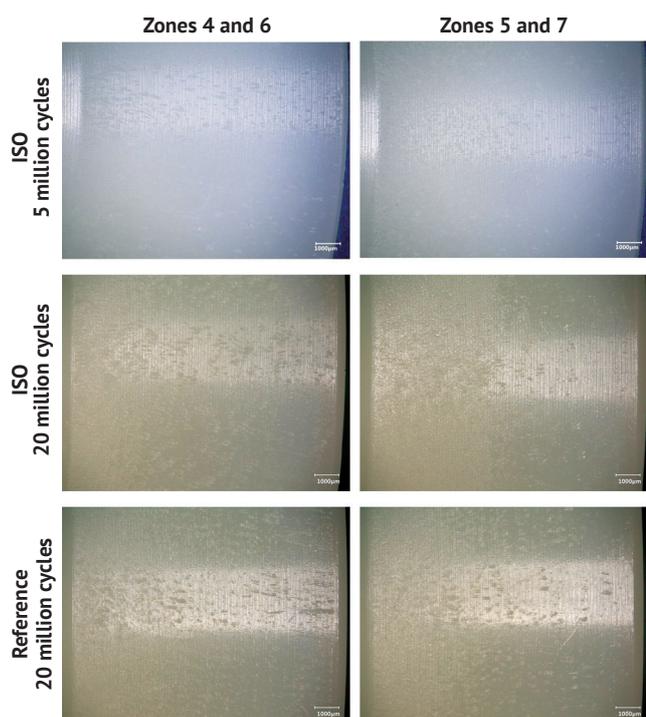


**Fig. 7.** Backside wear score per backside section for the "Wear simulated" (axial load and movement) and "Reference" liners (only axial load) after 5, 10, 15 and 20 million cycles. Maximum backside wear score per zone = 21

In sections 6 and 7, the surface also showed mainly small scratches and their number also increased through the test, but no abrasion in these zones was seen. The same tendency was seen in the “Reference” liners (Figure 9).



**Fig. 8.** Representative images of backside zones 2 and 3 of a “Wear simulated” liner after 5 and 20 million cycles (axial load and movement) and a “Reference” liner after 20 million cycles (only axial load). Machining marks were always visible



## Discussion

The purpose of our study was to obtain a picture of the overall wear (articulation and backside surfaces) of 0.1% vitamin E blended polyethylene liners with a press-fit locking mechanism under a 20 million cycles hip wear simulation, equivalent to approximately 11.4 years *in vivo* service [14]. More specifically, our purposes were to analyze the backside wear of the liners, which wear modes can be expected and if this type of wear increases with time. To the authors knowledge, this is the first study to analyze the backside wear of vitamin E liners in a long-term *in vitro* wear simulation.

As highly cross-linked polyethylene with vitamin E content (either blended or diffused) is a relatively new material, there are currently no long-term follow-up studies available to compare the results obtained in the current *in vitro* study. Nevertheless, short-term follow-up studies have shown a similar performance between XLPE liners with and without vitamin E content [16, 17]. Vitamin E does not provide additional wear resistance to the polyethylene after highly cross-linking, but prevents its oxidation, and thus it is expected to maintain its excellent wear characteristics through time. For this reason, *in vivo* results of XLPE liners can be used as a reference to compare the vitamin E liner results of the present *in vitro* study.

During its *in vivo* service time, the most common method to measure the wear of polyethylene liners is through measurement of the femoral head penetration by means of x-ray images. The highest head penetration occurs during the first year after surgery and is mainly due to creep, which then decreases through time. Follow-up studies have shown an average head penetration between 30 and 50  $\mu\text{m}$  on XLPE liners during the first year after surgery [18, 19]. The reference liners subjected just to axial load of the current *in vitro* study showed a total head penetration similar to those values. Taking into account an average of 1.76 million gait cycles per year for hip and knee arthroplasty patients [14], and that after approximately one year of implantation there is no considerable creep of the liner, the steady state wear rate of the vitamin E liners from our study was approximately 7  $\mu\text{m}/\text{year}$ . This wear rate is similar to that found in several mid- and long-term follow-up (7 to 13 years) studies of XLPE

**Fig. 9.** Representative images of backside zones 4 to 7 of a “Wear simulated” liner after 5 and 20 million cycles (axial load and movement) and a “Reference” liner after 20 million cycles (only axial load). Small scratches in the direction of insertion and removal were clearly seen. Even though the images correspond to the same “Wear simulated” liner, the color difference was due to a different white balance configuration of the microscope

liners, where steady state wear rates between 1 and 10  $\mu\text{m}/\text{year}$  have been found [19–22], and is considerably below the osteolysis threshold wear rate of 100  $\mu\text{m}/\text{year}$  [23]. Short-term follow-up studies of XLPE liners with vitamin E content also show similar wear rates as those from XLPE previously mentioned [16, 17, 24, 25]. However, this excellent wear characteristics of the XLPE at the long-term are in question, as studies have demonstrated *in vivo* oxidation of annealed XLPE by means of cyclic fatigue loading and fluid absorption, whereas remelting of XLPE leads to a reduction of its mechanical properties [26–30]. Deterioration of the wear properties of vitamin E blended highly cross-linked polyethylene liners as a consequence of material oxidation is not expected to occur in the long-term, as previous *in vitro* studies have demonstrated oxidation resistance of this material even after severe artificial aging [31, 32].

Regarding the backside wear of our *in vitro* study, a total average backside wear score of 22 from a maximum of 147 was seen after the first 5 million cycles. After this time, small scratches were seen at the rim of the liner, which were produced during its insertion and removal from the acetabular shell. Nevertheless, the machining lines of the liners were still clearly visible in the rim areas without scratches as well as below the milled-drill smooth surface of the acetabular shell. This demonstrated that there was no micromotion of the liner that could produce burnishing or abrasion on it. The significant increment in the backside wear score seen after 10 million cycles was because of the second insertion and removal of the liner, as this produced more scratches and embedded particles from the rough titanium shell. However, there was no further significant increment in the total average backside wear scores after 15 and 20 million cycles. Furthermore, the machining lines in the rest of the liner just appeared to be more flattened through the test, but were still clearly visible.

Even though a structured method was applied, the visual analysis is based on appreciation and thus, changes in the type of microscope, light, magnification, observer and time lapse between scoring can influence the results. The facts that the observers were blinded to the previous results and that the time lapse between measuring points was approximately 3 months might be the reasons for the statistical drop in total backside wear scores registered from the 10 to 15 million cycles measuring points. The observers did not see a clear change in the type and degree of wear as from the 5 to 10 million cycles analysis, but they did not have the previous results to influence their scoring. Regardless of the scores, the same wear modes and patterns were seen in the current *in vitro* study and in our previous retrieval study [11]. A previous study from Pang et al. [33] showed that visual backside damage scoring may not completely correspond with true

volumetric wear, as no difference in damage scores were seen between XLPE and CPE liners, but there was three times more penetration in the CPE liners than in the XLPE liners.

Despite the limitations of the visual analysis because of its subjective nature, it was effective to describe the extent of the backside wear and how it developed through time. For example, it was seen that the superior sections of the liner had higher backside wear scores as their counterpart, which correlates to the direction of the joint forces and might also be the reason why the “Wear simulated” liners (subjected to axial load and movement in anatomical position) had a statistical difference with the “Reference” liners (subjected only to axial load), as in the later ones the force was equally distributed. Besides, it was the only tool available in order to measure the backside wear of the liners in a semi-quantitative manner. For instance, it was also pursued to measure the geometrical changes at the backside of the inserts with the 3D measuring machine used for the measurement at the articulation surface, but the backside wear was so low, that no quantitative results could be obtained with such method.

Proven that there is a secure locking mechanism and that there is no severe backside wear, it has been shown that this type of wear does not induce acetabular osteolysis. A retrieval study from Yamaguchi et al. [34] found no correlation between backside deformation and acetabular osteolysis, but a significant association between pelvic or femoral osteolysis and linear wear at the articulation surface. On the other hand, Akbari et al. [12] found no backside wear on CPE liners retrieved due to osteolysis, only partial flattening of the machining marks as in our current *in vitro* study. Furthermore, all the osteolytic cysts found at surgery were peripheral. Moreover, Bali et al. [13] suggested that XLPE is more resistant to backside damage than CPE, as a similar backside damage score was found on XLPE liners with different locking mechanism, contrary to the CPE, which had different scorings depending on the locking mechanism.

Studies have already shown that backside wear is considerable low compared with the wear at the articulation surface. For instance, Kurtz et al. [9] demonstrated that the backside linear and volumetric wear rates were three orders of magnitude less than wear estimates at the articulating surface, which was attributed to the difference in maximum sliding distances at the articulating surface (measured in mm) versus the back surface (measured in  $\mu\text{m}$ ). Moreover, Krieg et al. [35] showed that the rate of backside volumetric change (predominantly creep) was only 2.8% of the rate of volumetric articular wear. Although some data suggest that a functional locking mechanism at the acetabular shell-liner interface is a major factor to reduce backside wear, other aspects concerning the

acetabular socket design have to be considered when evaluating the properties of an implant for clinical application [13]. It is evident that the clinical outcome is not only dependent on the amount of backside wear but also on the amount and type of wear particles which migrate behind the acetabular shell through the screw holes inducing aseptic loosening. Here, the significance of micro-pumping mechanisms and the application of screw holes promoting osteolysis in cementless cups is controversially discussed in the literature and needs to be investigated in the future [36–38]. The acetabular socket design of the present study lacks of screw hole drills, and thus reduces the potential migration of backside wear particles behind the acetabular shell through these screw holes.

In summary, two facts from the present study demonstrated that wear occurred predominantly at the articulation surface in the long-term *in vitro* wear simulation. First, there was increased burnishing through the test at the articulation area of the “Wear simulated” liners (subjected to axial load and movement), whereas the “Reference” liners (subjected just to axial load) showed no wear at all. Second, the backside wear of the “Wear simulated” liners, even though it was statistically different at 5 and 20 million cycles, was similar to that of the “Reference” liners, demonstrating that most of the backside wear was produced during their insertion and removal from the acetabular shell. As the wear rate found at the articulation surface of the *in vitro* tested vitamin E liners is one to two orders of magnitude lower than the osteolysis threshold, no acetabular osteolysis as a consequence of backside wear can be expected. Regarding its clinical performance at the long-term, the Danish Hip Arthroplasty Register from 2014 [39] reported a survival rate of 94.1% at 10 years for all reasons of cup revision and 99.3% at 10 years with aseptic loosening as endpoint for the previous model of the acetabular system here described, which has the same locking mechanism as the one in the present study. Long-term retrievals or follow-up studies will be needed in order to validate the current *in vitro* results.

## Conclusions

The present study showed that wear at the articulation surface was far below the osteolysis threshold on highly cross-linked and 0.1% vitamin E blended polyethylene liners and confirmed that there was little to no micro-motion at its interface between the acetabular shell in a long-term hip wear simulation. Furthermore, it was demonstrated that most of the backside wear produced on the liners occurred during their insertion and removal rather than during their life in service and that there was no significant increment of this type of wear through time. Finally, long-term retrieval analysis will be needed in order to validate this *in vitro* results.

## Declaration

Competing interests: Four of the authors (ALPR, MH, CS, TMG) are employees of Aesculap AG Tuttlingen, a manufacturer of orthopaedic implants. One of the authors (MJ) is an advising surgeon of Aesculap R&D projects and is receiving institutional research funding in correlation with Aesculap R&D projects.

**Funding:** none.

**Ethical approval:** not required.

**Acknowledgements:** none.

## References

1. Sadoghi P., Liebensteiner M., Agreiter M., Leithner A., Böhler N., Labek G. Revision surgery after total joint arthroplasty: a complication-based analysis using worldwide arthroplasty registers. *J Arthroplasty*. 2013;28(8):1329-1332. DOI: 10.1016/j.arth.2013.01.012.
2. Nieuwenhuis J.J., Malefijt J. de W., Hendriks J.C., Gosens T., Bonnet M. Unsatisfactory results with the cementless Omnifit acetabular component due to polyethylene and severe osteolysis. *Acta Orthop Belg*. 2005;71(3):294-302.
3. Noble P.C., Durrani S.K., Usrey M.M., Mathis K.B., Bardakos N.V. Constrained cups appear incapable of meeting the demands of revision THA. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(7):1907-1916. DOI: 10.1007/s11999-011-2212-4.
4. Powers C.C., Ho H., Beykirch S.E., Huynh C., Hopper R.H. Jr., Engh C.A. Jr., Engh C.A. A comparison of a second- and a third-generation modular cup design: is new improved? *J Arthroplasty*. 2010;25(4):514-521. DOI: 10.1016/j.arth.2009.02.018.
5. Wasielewski R.C., Jacobs J.J., Arthurs B., Rubash H.E. The acetabular insert-metal backing interface: an additional source of polyethylene wear debris. *J Arthroplasty*. 2005;20(7):914-922. DOI: 10.1016/j.arth.2005.04.033.
6. Kawaji H., Koistinen A., Korhonen R., Lappalainen R., Lohman M., Soininen A. et al. Back-side wear in HexLoc cups clinico-radiological, immunohistopathological, finite element, and retrieval analysis studies. *J Long Term Eff Med Implants*. 2014;24(4):319-331.
7. Kurtz S.M., Ochoa J.A., White C.V., Srivastav S., Cournoyer J. Backside nonconformity and locking restraints affect liner/shell load transfer mechanisms and relative motion in modular acetabular components for total hip replacement. *J Biomech*. 1998;31(5):431-437.
8. Kligman M., Furman B.D., Padgett D.E., Wright T.M. Impingement contributes to backside wear and screw-metallic shell fretting in modular acetabular cups. *J Arthroplasty*. 2007;22(2):258-264. DOI: 10.1016/j.arth.2005.01.025.
9. Kurtz S.M., Ochoa J.A., Hovey C.B., White C.V. Simulation of initial frontside and backside wear rates in a modular acetabular component with multiple screw holes. *J Biomech*. 1999;32(9):967-976.
10. Khalily C., Tanner M.G., Williams V.G., Whiteside L.A. Effect of locking mechanism on fluid and particle flow through modular acetabular components. *J Arthroplasty*. 1998;13(3):254-258.
11. Puente Reyna A.L., Jäger M., Floerkemeier T., Frecher S., Delank K.S., Schilling C., Grupp T.M. Backside wear analysis of retrieved acetabular liners with a press-

- fit locking mechanism in comparison to wear simulation in vitro. *Biomed Res Int.* 2016;2016:8687131. DOI: 10.1155/2016/8687131.
12. Akbari A., Roy M.E., Whiteside L.A., Katerberg B.J., Schnettgoecke D.J. Minimal backside surface changes observed in retrieved acetabular liners. *J Arthroplasty.* 2011;26(5):686-692. DOI: 10.1016/j.arth.2010.07.012.
  13. Bali K., McCalden R.W., Naudie D.D., MacDonald S.J., Teeter M.G. Backside Wear Is Not Dependent on the Acetabular Socket Design in Crosslinked Polyethylene Liners. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(2):374-382. DOI: 10.1007/s11999-015-4471-y.
  14. Schwiesau J., Schilling C., Kaddick C., Utzschneider S., Jansson V., Fritz B. et al. Definition and evaluation of testing scenarios for knee wear simulation under conditions of highly demanding daily activities. *Med Eng Phys.* 2013;35(5):591-600. DOI: 10.1016/j.medengphy.2012.07.003.
  15. Hood R.W., Wright T.M., Burstein A.H. Retrieval analysis of total knee prostheses: a method and its application to 48 total condylar prostheses. *J Biomed Mater Res.* 1983;17(5):829-842. DOI: 10.1002/jbm.820170510.
  16. Nebergall A.K., Greene M.E., Laursen M.B., Nielsen P.T., Malchau H., Troelsen A. Vitamin E diffused highly cross-linked polyethylene in total hip arthroplasty at five years: a randomised controlled trial using radiostereometric analysis. *Bone Joint J.* 2017;99-B(5):577-584. DOI: 10.1302/0301-620X.99B5.37521.
  17. Sillesen N.H., Greene M.E., Nebergall A.K., Huddleston J.I., Emerson R., Gebuhr P. et al. 3-year follow-up of a long-term registry-based multicentre study on vitamin E diffused polyethylene in total hip replacement. *Hip Int.* 2016;26(1):97-103. DOI: 10.5301/hipint.5000297.
  18. Hagio K., Saito M., Okawa T., Moriyama S., Nakamura Y., Naito M. Polyethylene wear associated with 26- and 32-mm heads in total hip arthroplasty: a multicenter, prospective study. *J Arthroplasty.* 2016;31(12):2805-2809. DOI: 10.1016/j.arth.2016.05.063.
  19. Nebergall A.K., Greene M.E., Rubash H., Malchau H., Troelsen A., Rolfson O. Thirteen-year evaluation of highly cross-linked polyethylene articulating with either 28-mm or 36-mm femoral heads using radiostereometric analysis and computerized tomography. *J Arthroplasty.* 2016;31(9 Suppl):269-276. DOI: 10.1016/j.arth.2016.02.076.
  20. Lee J.H., Lee B.W., Lee B.J., Kim S.Y. Midterm results of primary total hip arthroplasty using highly cross-linked polyethylene: minimum 7-year follow-up study. *J Arthroplasty.* 2011;26(7):1014-1049. DOI: 10.1016/j.arth.2011.03.015.
  21. Glyn-Jones S., Thomas G.E., Garfjeld-Roberts P., Gundle R., Taylor A., McLardy-Smith P., Murray D.W. The John Charnley Award: Highly crosslinked polyethylene in total hip arthroplasty decreases long-term wear: a double-blind randomized trial. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(2):432-438. DOI: 10.1007/s11999-014-3735-2.
  22. Johanson P.E., Digas G., Herberts P., Thanner J., Kärrholm J. Highly crosslinked polyethylene does not reduce aseptic loosening in cemented THA 10-year findings of a randomized study. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(11):3083-3093. DOI: 10.1007/s11999-012-2400-x.
  23. Dumbleton J.H., Manley M.T., Edidin A.A. A literature review of the association between wear rate and osteolysis in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2002;17(5):649-661.
  24. Shareghi B., Johanson P.E., Kärrholm J. Wear of Vitamin E-Infused Highly Cross-Linked Polyethylene at Five Years. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(17):1447-1452. DOI: 10.2106/JBJS.16.00691.
  25. Scemama C., Anract P., Dumaine V., Babinet A., Courpied J.P., Hamadouche M. Does vitamin E-blended polyethylene reduce wear in primary total hip arthroplasty: a blinded randomised clinical trial. *Int Orthop.* 2017 Jun;41(6):1113-1118. DOI: 10.1007/s00264-016-3320-2.
  26. Oral E., Wannomae K.K., Hawkins N., Harris W.H., Muratoglu O.K. Alpha-tocopherol-doped irradiated UHMWPE for high fatigue resistance and low wear. *Biomaterials.* 2004;25(24):5515-5522. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2003.12.048.
  27. Oral E., Muratoglu O.K. Vitamin E diffused, highly crosslinked UHMWPE: a review. *Int Orthop.* 2011; 35(2):215-223. DOI: 10.1007/s00264-010-1161-y.
  28. Muratoglu O.K., Wannomae K.K., Rowell S.L., Micheli B.R., Malchau H. Ex vivo stability loss of irradiated and melted ultra-high molecular weight polyethylene. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(17):2809-2816. DOI: 10.2106/JBJS.I.01017.
  29. Kurtz S.M., Hozack W.J., Purtill J.J., Marcolongo M., Kraay M.J., Goldberg V.M. et al. 2006 Otto Aufranc Award Paper: significance of in vivo degradation for polyethylene in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;453: 47-57. DOI: 10.1097/01.blo.0000246547.18187.0b.
  30. Wannomae K.K., Bhattacharyya S., Freiberg A., Estok D., Harris W.H., Muratoglu O. In vivo oxidation of retrieved cross-linked ultra-high-molecular-weight polyethylene acetabular components with residual free radicals. *J Arthroplasty.* 2006;21(7):1005-1011.
  31. Grupp T.M., Holderied M., Mulliez M.A., Streller R., Jäger M., Blömer W., Utzschneider S. Biotribology of a vitamin E-stabilized polyethylene for hip arthroplasty - Influence of artificial ageing and third-body particles on wear. *Acta Biomater.* 2014;10(7):3068-3078. DOI: 10.1016/j.actbio.2014.02.052.
  32. Popoola O.O., Mimnaugh K., Orozco-Villasenor D.A., Peiserich M. Vitamin E-grafted crosslinked ultrahigh-molecular weight polyethylene (VE-HXPE) inhibits fluid absorption and has long term oxidative stability. *Biotribology.* 2015;4:12-17. DOI: 10.1016/j.biotri.2015.09.006.
  33. Pang H.N., Naudie D.D., McCalden R.W., MacDonald S.J., Teeter M.G. Highly crosslinked polyethylene improves wear but not surface damage in retrieved acetabular liners. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(2):463-468. DOI: 10.1007/s11999-014-3858-5.
  34. Yamaguchi M., Bauer T.W., Hashimoto Y. Deformation of the acetabular polyethylene liner and the backside gap. *J Arthroplasty.* 1999;14(4):464-469.
  35. Krieg A.H., Speth B.M., Ochsner P.E. Backside volumetric change in the polyethylene of uncemented acetabular components. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91(8):1037-1043. DOI: 10.1302/0301-620X.91B8.21850.
  36. Taniguchi N., Jinno T., Takada R., Koga D., Ando T., Okawa A., Haro H. Do screws and screw holes affect osteolysis in cementless cups using highly crosslinked polyethylene? A 7 to 10-year follow-up case-control study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018 Jan 30. pii: S1877-0568(18)30023-9. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.12.009.
  37. Urban R.M., Hall D.J., Della Valle C., Wimmer M.A., Jacobs J.J., Galante J.O. Successful long-term fixation and progression of osteolysis associated with first-generation cementless acetabular components retrieved post mortem. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(20):1877-1885. DOI: 10.2106/JBJS.J.01507.

38. Schmalzried T.P., Brown I.C., Amstutz H.C., Engh C.A., Harris W.H. The role of acetabular component screw holes and/or screws in the development of pelvic osteolysis. *Proc Inst Mech Eng H*. 1999;213(2): 147-153.
39. Dansk Hoftealloplastik Register: National Årsrapport 2014 [Danish Hip Arthroplasty Register: National Annual Report 2014]. Available at: <http://danskhoftealloplastikregister.dk/wp-content/uploads/2015/11/DHR-årsrapport-2014.pdf>. (in Danish).

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Ana Laura Puente Reyna* — Research Engineer, Aesculap AG, Tuttlingen; PhD Student (Ludwig Maximilians University), Munich, Germany

*Melanie Holderied* — Research Engineer, Aesculap AG, Tuttlingen, Germany

*Marcus Jäger* — Dr. med., Univ.-Prof., Clinic Director University of Duisburg-Essen Department of Orthopaedics and Trauma Surgery, Essen, Germany

*Christoph Schilling* — Dr. rer. medic. Dipl.-Ing., Expert Engineer, Aesculap AG, Tuttlingen, Germany

*Thomas M. Grupp* — Dr. med., Principal Expert Engineer, Aesculap AG, Tuttlingen; Associate Professor of Experimental Orthopaedics and Biomechanics, Ludwig Maximilians University, Munich, Germany

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Ana Laura Puente Reyna* — инженер-исследователь, Aesculap AG, Тутлинген; аспирант, Университет им. Людвиг Максимилиана, Мюнхен, Германия

*Melanie Holderied* — инженер-исследователь, Aesculap AG, Тутлинген, Германия

*Marcus Jäger* — д-р медицины, профессор университета, клинический директор, отделение травматологии и ортопедии, Университет Дуйсбург-Эссен, Эссен, Германия

*Christoph Schilling* — д-р медицины, инженер-эксперт, Aesculap AG, Тутлинген, Германия

*Thomas M. Grupp* — д-р медицины, главный инженер-эксперт, Aesculap AG, Тутлинген; доцент кафедры экспериментальной ортопедии и биомеханики, Университет им. Людвиг Максимилиана, Мюнхен, Германия

# Особенности лучевой картины у детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков

С.В. Виссарионов<sup>1,2</sup>, А.Г. Баиндурашвили<sup>1,2</sup>, Н.О. Хусаинов<sup>1</sup>, Д.Н. Кокушин<sup>1</sup>,  
В.А. Барт<sup>3</sup>, А.В. Белецкий<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России  
Парковая ул., д. 64–68, 196603, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»  
Минздрава России. Ул. Кирочная, д. 41, 191015, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»  
Университетская набережная д. 7–9, 199034, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии» Минздрава Республики Беларусь.  
ул. Лейтенанта Кижеватова, д. 60, корп. 4, 220024, г. Минск, Республика Беларусь

## Реферат

**Цель исследования** — изучение изменений костных структур при врожденной деформации грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков в результате патологических процессов в процессе роста ребенка и выявление корреляционной зависимости этих изменений.

**Материал и методы.** В исследование вошло 30 пациентов с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков. Возраст пациентов варьировал от 3 до 10 лет (в среднем 7 лет). Распределение по полу — 19 девочек, 11 мальчиков. Всем пациентам проведено лучевое обследование, включающее выполнение рентгенограмм позвоночника в двух стандартных проекциях в положении ребенка лежа, компьютерную томографию позвоночника.

**Результаты.** Величина сколиотической дуги деформации составила 67° (45–88°), величина патологического грудного лордоза — 23° (18–27°). Количество заблокированных позвоночно-двигательных сегментов, входящих в основную дугу деформации, — 6 (3–8). Расстояние между контуром боковой поверхности тела и латеральным контуром проекционного изображения корня дуги апикального позвонка на выпуклой стороне деформации (АВ) — 6 мм (4–10 мм). Результаты корреляционного анализа показали, что расстояние АВ в наибольшей степени зависело от количества позвоночно-двигательных сегментов, входящих в блок на протяжении несегментированного стержня: коэффициент корреляции Пирсона составил 0.67. На основании данных КТ исследования позвоночника отмечено отсутствие ротационного компонента деформации тел позвонков на протяжении несегментированного стержня.

**Заключение.** У детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков имеет место патологический лордоз в зоне порока. Изменения костных структур обусловлены асимметричным ростом половины тела позвонка на уровне несегментированного стержня. Выраженность асимметрии находится в сильной корреляционной зависимости от количества тел позвонков, входящих в блок на протяжении несегментированного стержня.

**Ключевые слова:** врожденный сколиоз, нарушение сегментации, грудной отдел позвоночника.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-41-48

Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Хусаинов Н.О., Кокушин Д.Н., Барт В.А., Белецкий А.В. Особенности лучевой картины у детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):41-48. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-41-48.

**Cite as:** Vissarionov S.V., Baidurashvili A.G., Khusainov N.O., Kokushin D.N., Bart V.A., Beletsky A.V. [Features of Imaging Findings in Children with Congenital Thoracic Spine Deformity on the Background of Malsegmentation of Vertebrae Lateral Surface]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2): 41-48. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-41-48.

Виссарионов Сергей Валентинович. Парковая ул., д. 64–68, 196603, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия / Sergei V. Vissarionov. Parkovaya ul., 64–68, 196603 Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: vissarionovs@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 23.04.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 29.05.2018.

# Features of Imaging Findings in Children with Congenital Thoracic Spine Deformity on the Background of Malsegmentation of Vertebrae Lateral Surface

S.V. Vissarionov<sup>1,2</sup>, A.G. Baindurashvili<sup>1,2</sup>, N.O. Khusainov<sup>1</sup>, D.N. Kokushin<sup>1</sup>, V.A. Bart<sup>3</sup>, A.V. Beletsky<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics  
Parkovaya ul., 6468, 196603, Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Mechnikov North-Western State Medical University  
41, Kirochnaya ul., 191015, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> St. Petersburg State University  
7–9, Universitetskaya nab., 199034, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>4</sup> Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopaedics under the Health Ministry of Belarus Republic  
60, build. 4, ul. Lt. Kizhevatova, 220024, Minsk, Republic of Belarus

## Abstract

**Purpose** — to study alterations in the bony structures in cases of congenital deformity of the thoracic spine combined with malsegmentation of lateral surfaces of vertebrae due to pathological processes during growth period of children and to find correlation with above alterations.

**Material and Methods.** The study included 30 patients with congenital deformity of thoracic spine combined with malsegmentation of lateral surfaces of vertebrae. Age of patients ranged from 3 to 10 years (mean of 7 years). Gender distribution — 19 female and 11 male patients. All patients underwent imaging examination including spine roentgenography in two standard views in prone position as well as computer tomography.

**Results.** Magnitude of deformity scoliotic curve was 67° (45–88°) and of pathological thoracic lordosis — 23° (18–27°). Mean number of block vertebral motion segments included into the main deformity curve was 6 (3–8). Mean distance between the outline of lateral vertebral surface and lateral outline of projection of curve root of apical vertebra on convex side of deformity (AB) was 6 mm (4–10 mm). Correlation analysis demonstrated that AB distance mostly depended on the number of vertebral motion segments included into the block along non-segmental area: Pearson coefficient 0.67. Based on CT scans the authors observed no rotation component of bodies' deformity along the non-segmental area.

**Conclusion.** Children with congenital thoracic spine deformity along with malsegmentation of lateral surfaces of vertebrae feature pathological lordosis in affected zone. Alterations in the bony structures result from asymmetric growth of one half of the vertebral body at the level of non-segmentation. Asymmetry severity has a strong correlation dependency from the number of vertebral bodies included in the block along the non-segmental area.

**Keywords:** congenital scoliosis, malsegmentation, thoracic spine.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-41-48

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the study was carried out according to the program of the Union State «Development of new spinal systems using prototyping technologies in the surgical treatment of children with severe spine congenital deformities and injuries».

## Введение

Хирургическому лечению детей с врожденной деформацией позвоночника различного генеза посвящено достаточное количество исследований как в отечественной, так и в зарубежной литературе. Одни авторы предлагают одномоментные оперативные вмешательства с радикальной коррекцией врожденного искривления [1, 2], другие рекомендуют этапное хирургическое лечение, направленное на исправление имеющегося искривления в процессе роста и развития ребенка [3–5]. Безусловно, эти работы важны с точки зрения оценки полученных результатов хирургического

лечения, а также прогноза развития позвоночного столба в процессе жизни пациента. Значительно меньше в литературе работ, в которых анализируется естественное течение и темпы прогрессирования врожденной деформации позвоночника различного характера. Основная часть этих исследований посвящена наиболее часто встречающимся вариантам аномалий развития позвонков — нарушению формирования [6, 7]. В них отражены величины сколиотического и кифотического компонентов деформации и локализация аномальных позвонков, характеризующие стабильный характер течения врожденного искривления на фоне

нарушения формирования позвонков, а также величины и признаки, способствующие прогрессированию врожденной деформации.

Однако мы не встретили исследований, позволяющих оценить состояние позвоночного столба у пациентов с врожденной деформацией позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков, а также патологических процессов и структурных изменений костных элементов тел позвонков, входящих в основную дугу искривления. Кроме того, в доступной литературе не освещены вопросы корреляционной зависимости изменений костных структур, происходящих в основной дуге деформации в ходе патологического процесса.

**Цель исследования** — изучить изменения костных структур у детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков в результате патологических процессов в процессе роста и выявить корреляционную зависимость этих изменений.

### Материал и методы

Под нашим наблюдением находилось 30 пациентов в возрасте от 3 до 10 лет с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне изолированного нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков. Всем пациентам проводили лучевое обследование, включающее выполнение рентгенограмм позвоночника в двух стандартных проекциях в положении ребенка лежа и компьютерную томографию (КТ) грудного отдела позвоночника. На основании полученных данных определяли количество блоки-

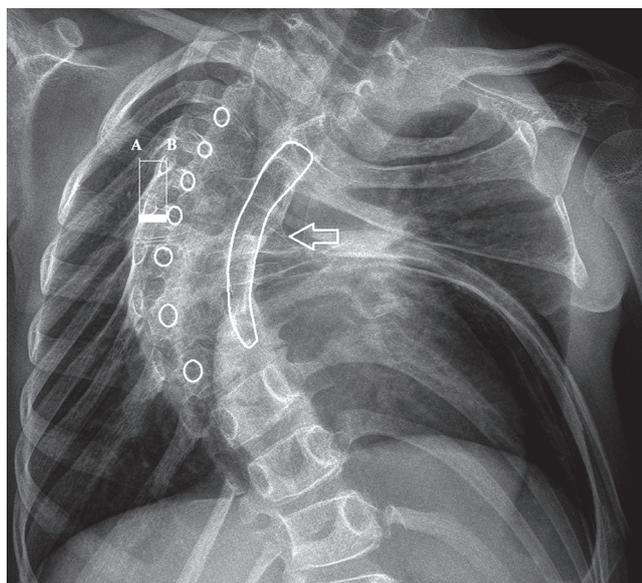
рованных позвоночно-двигательных сегментов, входящих в основную дугу деформации, а также величину дуги искривления в передне-задней и боковой проекциях позвоночника. Кроме того, по данным спондилограмм, выполненных в передне-задней проекции, измеряли расстояние между контуром боковой поверхности тела и латеральным контуром проекционного изображения корня дуги апикального позвонка на выпуклой стороне деформации (рис. 1).

По данным КТ определяли и оценивали ротационные изменения тел позвонков, входящих в основную дугу искривления. У детей с наличием бокового блокирования тел позвонков в грудном отделе позвоночника определяли выраженность асимметричного роста тела позвонка с целью изучения особенностей врожденной деформации позвоночника. На основании полученных данных выявляли особенности формирования и развития костных структур позвонков в зоне порока.

*Статистический анализ* проводился в программе Statistica 10. Проверка нормальности распределения полученных значений выполнена с помощью метода описательной статистики (гистограммный анализ), данные описывали как Me (min-max) (медиана, минимум-максимум). Для выявления закономерностей особенностей развития костных структур тел позвонков с наличием бокового блокирования у детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника использовали корреляционный анализ (коэффициент Пирсона  $r$ ) с построением корреляционных матриц и оценкой частных корреляций.

### Результаты

Величина сколиотической деформации у пациентов, несмотря на небольшой возраст детей, колебалась от 45 до 88°. Величина искривления измерялась с учетом всех позвонков, вовлеченных в дугу деформации, а не только позвонков, входящих в блок (табл. 1).



**Рис. 1.** Измерение расстояния (AB) между контуром боковой поверхности тела и латеральным контуром проекционного изображения корня дуги апикального позвонка на выпуклой стороне деформации на рентгенограмме в передне-задней проекции. Стрелкой указана зона бокового блокирования тел позвонков

**Fig. 1.** Measuring of distance (AB) between the outline of lateral vertebral surface and lateral outline of projection of curve root of apical vertebra on convex side of deformity upon AP x-ray. Arrow marks the area of posterior block of vertebral bodies

**Характеристика параметров костных структур основной дуги искривления**  
**Characteristics of bony structures of the main deformity curve**

Пациенты (n = 30)	Пол	Возраст, лет	Кол-во заблокированных тел позвонков/ локализация основной дуги деформации	АВ*, мм	Величина сколиотической дуги деформации, град.	Величина патологического грудного лордоза, град.
1	м	7,0	7/Th4-Th10	10	75	25
2	м	6,0	5/Th6-Th11	4	55	24
3	ж	7,0	5/Th4-Th8	4	57	22
4	м	7,0	6/Th5-Th10	7	68	24
5	ж	5,0	4/Th7-Th10	4	57	20
6	м	8,0	5/Th5-Th10	5	64	22
7	ж	7,0	7/Th3-Th9	7	80	24
8	ж	4,0	3/Th5-Th7	4	45	18
9	ж	7,0	6/Th4-Th9	5	69	20
10	м	7,5	6/Th5-Th10	7	65	22
11	м	9,0	7/Th3-Th9	8	86	25
12	ж	7,0	8/Th4-Th11	10	80	23
13	ж	3,0	3/Th4-Th6	4	53	18
14	м	5,0	5/Th4-Th9	5	63	21
15	ж	5,5	4/Th4-Th7	5	52	20
16	ж	10,0	7/Th3-Th9	8	82	25
17	ж	7,0	6/Th6-Th11	6	67	24
18	ж	7,0	6/Th4-Th9	6	81	27
19	м	5,0	6/Th4-Th9	6	62	24
20	ж	8,0	7/Th3-Th9	8	88	26
21	ж	5,0	6/Th1-Th6	7	68	22
22	м	7,0	7/Th6-Th12	8	78	23
23	м	6,0	6/Th5-Th10	8	67	20
24	м	5,0	8/Th2-Th9	9	76	22
25	ж	8,0	7/Th3-Th9	9	80	26
26	ж	4,0	6/Th6-Th11	4	59	23
27	ж	5,0	4/Th10-Th13	4	60	24
28	ж	5,5	5/Th10-Th14	4	57	19
29	ж	8,0	6/Th4-Th9	6	71	24
30	ж	5,0	5/Th4-Th8	4	57	22
Me (min-max)		7 (3–10)	6 (3–8)	6 (4–10)	67 (45–88)	23 (18–27)

\* — расстояние между контуром боковой поверхности тела и латеральным контуром проекционного изображения корня дуги апикального позвонка на выпуклой стороне деформации.

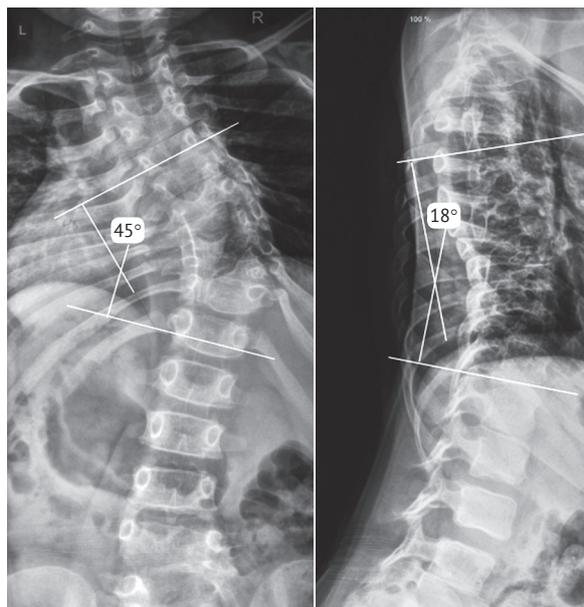
У всех детей на рентгенограммах отмечалась лордотическая деформация позвоночного столба на всем протяжении несегментированного стержня, а в клинической картине имела место плоская спина. Отметим, что у этой категории пациентов отсутствовал как физиологический кифоз в грудном отделе позвоночника, так и патологический кифотический компонент деформации (рис. 2).

Кроме того, при этом варианте врожденной деформации у тел позвонков, расположенных на вершине основной дуги искривления, на стороне противоположной несегментированному стержню оценивали расстояние АВ между контуром боковой поверхности тела и латеральным контуром проекционного изображения корня дуги. На основании проведенного анализа отмечено, что чем большее количество позвонков вовлечено в формирование блока несегментированного стержня, тем больше расстояние АВ. Согласно данным, представленным в таблице 1, при наличии трех позвонков, участвующих в формировании блока, величина расстояния соответствовала 4 мм, а при восьми заблокированных позвонках — достигала 10 мм. Однако на основании данных КТ у этой категории пациентов отмечено отсутствие ротационного компонента деформации тел позвонков на протяжении несегментированного стержня (рис. 3).

Кроме того, у пациентов анализировали взаимосвязь следующих параметров: возраста, величины сколиотической дуги деформации, количества заблокированных тел позвонков и величины расстояния АВ. Установлено, что значение величины расстояния АВ в наибольшей степени зависело от количества позвоночно-двигательных сегментов, входящих в блок на протяжении несегментированного стержня; коэффициент корреляции Пирсона составил 0,67 (табл. 2).

Для определения степени влияния каждого из признаков на величину корреляционной связи был проведен анализ частных корреляций, подтвердивший наибольшее значение признака «костный блок», характеризующего количество входящих в блок позвоночно-двигательных сегментов (табл. 3).

При анализе частных корреляций с элиминацией признака «костный блок» продемонстрировано значимое ослабление корреляционной связи между изучаемыми параметрами, что доказывает наиболее выраженное влияние количества включенных в костный блок позвонков на величину расстояния АВ. Таким образом, выраженность асимметрии роста позвонков зависит в большей степени от количества заблокированных сегментов.

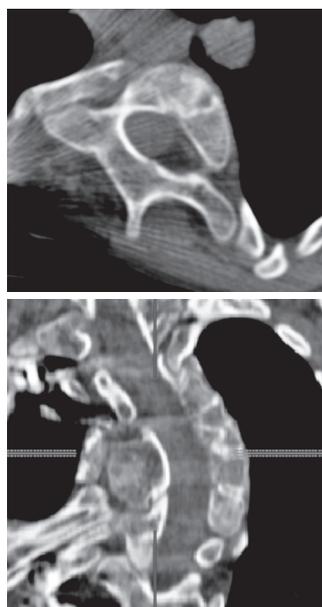


**Рис. 2.** Рентгенограммы пациента С. 4 лет с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков Th6-Th11(S) и одностороннего синostoza ребер.

Величина патологического грудного лордоза — 18°

**Fig. 2.** X-rays of patient S., 4 years old, with congenital thoracic spine deformity with malsegmentation of lateral surface of vertebral bodies Th6-Th11(S) and unilateral ribs synostosis.

Magnitude of pathological lordosis is 18°



**Рис. 3.** КТ грудного отдела позвоночника пациента К.

5 лет с врожденным нарушением сегментации боковых поверхностей тел позвонков

**Fig. 3.** CT scan of thoracic spine of patient K., 5 years old, with congenital malsegmentation of lateral surfaces of vertebral bodies

Таблица 2/Table 2

**Корреляционная зависимость показателей возраста, количества заблокированных позвонков, значение расстояния АВ и величины сколиоза у детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков**  
**Correlation dependency between age, number of block vertebrae, AB distance value and scoliosis magnitude in children with congenital deformity of thoracic spine and malsegmentation of lateral surfaces of vertebral bodies**

Параметры	Возраст	Количество заблокированных позвонков	4RT АВ*	Величина сколиотической деформации
Возраст	1,00	0,15	0,22	0,43
Количество заблокированных позвонков	0,15	1,00	0,67	0,64
4 RT АВ*	0,22	0,67	1,00	0,54
Величина сколиотической деформации	0,43	0,64	0,54	1,00

4 RT АВ\* — корень 4-й степени из величины АВ (расстояние между контуром боковой поверхности тела и латеральным контуром проекционного изображения корня дуги апикального позвонка на выпуклой стороне деформации).

Таблица 3/Table 3

**Анализ частных корреляций с элиминацией признака «костный блок»**  
**Analysis of partial correlations with elimination of “bone block” sign**

Показатели	Возраст	4 RT АВ*	Величина сколиоза
Возраст	1,00	0,20	0,23
4 RT АВ*	0,20	1,00	0,03
Величина сколиоза	0,23	0,03	1,00

\* См. таблицу 2.

### Обсуждение

Пациенты детского возраста с врожденной деформацией позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков грудной локализации представляют сложную проблему с диагностической и клинической точки зрения. Вопрос о хирургических подходах и тактике лечения таких пациентов остается нерешенным до настоящего времени [8–10]. Понимание развития патологических процессов и происходящих в результате их изменений костных структур тел позвонков, формирующих основную дугу деформации, лежит в основе выработки подхода к хирургической коррекции искривления.

Имеющиеся исследования посвящены частоте встречаемости врожденных деформаций позвоночника и характеру динамики искривления при различных аномалиях позвонков [11]. А.И. Tsirikos с соавторами отмечают, что сколиотическая деформация встречается примерно у 80% пациентов с врожденной деформацией позвоночника, кифосколиотическая — у 14%, кифотическая — у 6% [12].

В работе R.V. Winter с соавторами на примере 234 пациентов показано, что врожденные деформации, склонные к прогрессирующему течению, локализируются в грудном отделе и зоне груднопоясничного перехода [13]. По данным М.]. McMaster с соавторами, основанных на наблюдениях за 216 пациентами с врожденной деформацией позвоночника в течение 5 лет, прогрессирование деформации не отмечалось только у 11% пациентов, у 14% пациентов искривление прогрессировало незначительно, у 75% наблюдалось бурное прогрессирование деформации [14]. Согласно исследованию S. Vatra с соавторами, наблюдавшими прогрессирование врожденной деформации у 73% своих пациентов, максимальные темпы были присущи деформациям 4 типа по классификации Nasca (сочетание полупозвонка и контралатерального бокового блокирования тел) [15]. Врожденные искривления позвоночного столба, обусловленные нарушением сегментации боковых поверхностей тел позвонков, относятся к наиболее злокачественно протекающим деформациям, склонным

к неуклонному прогрессированию. Наибольшую скорость увеличения деформации отмечают в течение первых 5 лет жизни и в интервале между 10 и 14 годами [15, 16].

Таким образом, имеющиеся в литературе исследования носят описательный характер, посвящены течению врожденной деформации и темпам прогрессирувания в зависимости от варианта порока и его локализации. Однако в этих исследованиях досконально не анализируются патологические изменения тел позвонков в основной дуге искривления у детей с врожденным нарушением сегментации боковых поверхностей тел позвонков, и не изучается корреляционная зависимость этих изменений друг от друга.

На основании клинических и лучевых данных обследования у детей с врожденной деформацией позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков было установлено отсутствие кифотического компонента деформации в зоне порока. Вместо кифоза в грудном отделе позвоночника отмечался патологический лордоз на уровне порока. Наличие расстояния между контуром боковой поверхности тела и латеральным контуром проекционного изображения корня дуги апикального позвонка на выпуклой стороне деформации, которое традиционно интерпретировали как ротацию апикального позвонка, по данным рентгенограммы позвоночника, выполненной в передне-задней проекции, с учетом имеющегося лордоза в грудном отделе, не является таковым. Выявленное у всех детей отсутствие физиологического и патологического кифоза в грудном отделе позвоночного столба и одновременно с этим отсутствие ротационного компонента деформации тел апикальных позвонков при данной патологии было подтверждено при помощи КТ позвоночника. Мы полагаем, что наличие расстояния АВ на уровне апикального позвонка было обусловлено асимметричным ростом и развитием тел заблокированных позвонков. С вогнутой стороны деформации они были ограничены в развитии за счет несегментированного стержня, формирующего единый костный блок, а с противоположной стороны сохранившаяся половина тела позвонка продолжала расти и развиваться.

Таким образом, наличие расстояния между латеральным краем основания дуги вершинного позвонка и краем его тела обусловлено не ротационным компонентом деформации, которое традиционно интерпретировали по прямой рентгенограмме позвоночника, а асимметричным ростом сохранившейся половины тела позвонка. Этот факт и объясняет имеющуюся лордотическую деформацию на уровне несегментированного стержня у всех пациентов. Выявлена сильная корреляционная связь между количеством заблокированных по-

звонков (протяженностью несегментированного стержня) и выраженностью асимметричного роста тела апикального позвонка. Установлено, что чем больше тел позвонков участвовало в формировании бокового блокирования с одной стороны, тем больше было расстояние между латеральным краем основания дуги вершинного позвонка и краем его тела, а, следовательно, и асимметрия роста тела с противоположной стороны.

### Заключение

В ходе исследования установлено, что у детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков имеет место патологический лордоз в зоне порока. Имеющиеся изменения костных структур обусловлены асимметричным ростом половины тела позвонка на уровне несегментированного стержня. Выраженность асимметрии находится в сильной корреляционной зависимости от количества тел позвонков, входящих в блок на протяжении несегментированного стержня.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** работа выполнена в рамках программы Союзного государства «Разработка новых спинальных систем с использованием технологий прототипирования в хирургическом лечении детей с тяжелыми врожденными деформациями и повреждениями позвоночника».

### Литература [References]

1. Виссарионов С.В., Картавенко К.А., Кокушин Д.Н., Ефремов А.М. Хирургическое лечение детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения формирования позвонков. *Хирургия позвоночника*. 2013;(2):32-37. DOI: 10.14531/ss2013.2.32-37. Vissarionov S.V., Kartavenko K.A., Kokushin D.N., Efremov A.M. [Surgical treatment of children with congenital thoracic spine deformity associated with vertebral malformation]. *Hirurgiya pozvonochnika* [Journal of Spine Surgery]. 2013;(2):32-37. (in Russian). DOI: 10.14531/ss2013.2.32-37.
2. Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Картавенко К.А., Ефремов А.М. Хирургическое лечение детей с врожденной деформацией поясничного и пояснично-крестцового отделов позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2012;(3):33-37. DOI: 10.14531/ss2012.3.33-37. Vissarionov S.V., Kokushin D.N., Kartavenko K.A., Efremov A.M. [Surgical treatment of children with congenital deformity of the lumbar and lumbosacral spine]. *Hirurgiya pozvonochnika* [Journal of Spine Surgery]. 2012;(3):33-37. (in Russian). DOI: 10.14531/ss2012.3.33-37.
3. Михайловский М.В., Суздалов В.А. Синдром торакальной недостаточности при инфантильном врожденном сколиозе. *Хирургия позвоночника*. 2010;(3):20-28. DOI: 10.14531/ss2010.3.20-28. Mihajlovskij M.V., Suzdalov V.A. [Thoracic insufficiency syndrome in infantile congenital scoliosis]. *Hirurgiya pozvonochnika* [Journal of Spine Surgery]. 2010;(3):20-28. (in Russian). DOI: 10.14531/ss2010.3.20-28.

4. El-Hawary R., Kadhim M., Vitale M., Smith J., Samdani A., Flynn J.M.; Children's Spine Study Group. VEPTR implantation to treat children with early-onset scoliosis without rib abnormalities: early results from a prospective multicenter study. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(8):e599-e605. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000943.
5. Emans J.B., Caubet J.F., Ordonez C.L., Lee E.Y., Ciarlo M. The treatment of spine and chest wall deformities with fused ribs by expansion thoracostomy and insertion of vertical expandable prosthetic titanium rib: growth of thoracic spine and improvement of lung volumes. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(17 Suppl):S58-68. DOI: 10.1097/01.brs.0000175194.31986.2f.
6. Виссарионов С.В., Картавенко К.А., Кокушин Д.Н. Естественное течение врожденной деформации позвоночника у детей с нарушением формирования позвонка в поясничном отделе. *Хирургия позвоночника*. 2018;15(1):6-17. DOI: 10.14531/ss2018.1.6-17. Vissarionov S.V., Kartavenko K.A., Kokushin D.N. [The natural course of congenital spinal deformity in children with isolated vertebral body malformation in the lumbar spine]. *Hirurgiya pozvonochnika* [Journal of Spine Surgery]. 2018;(1):156-17. (in Russian). DOI: 10.14531/ss2018.1.6-17.
7. Birnbaum K., Weber M., Lorani A., Leiser-Neef U., Niethard F.U. Prognostic significance of the Nasca classification for the long-term course of congenital scoliosis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2002;122(7):383-389. DOI: 10.1007/s00402-002-0401-z.
8. Chan G., Dormans J.P. Update on congenital spinal deformities: preoperative evaluation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(17):1766-1774. DOI: 10.1097/brs.0b013e3181ab62d8.
9. Kaspiris A., Grivas T., Weiss H., Turnbull D. Surgical and conservative treatment of patients with congenital scoliosis:  $\alpha$  search for long-term results. *Scoliosis*. 2011;6:12. DOI: 10.1186/1748-7161-6-12.
10. Kawakami N., Tsuji T., Imagama S., Lenke L.G., Puno R.M., Kuklo T.R.; Spinal Deformity Study Group. Classification of congenital scoliosis and kyphosis: a new approach to the three-dimensional classification for progressive vertebral anomalies requiring operative treatment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(17):1756-1765. DOI: 10.1097/brs.0b013e3181ac0045.
11. Goldstein I., Makhoul I.R., Weissman A. Hemivertebra: prenatal diagnosis, incidence and characteristics. *Fetal Diagn Ther*. 2005;20(2):121-126. DOI: 10.1159/000082435.
12. Tsirikos A.I., McMaster M.J. Congenital anomalies of the ribs and chest wall associated with congenital deformities of the spine. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;87(11):2523-2536. DOI 10.2106/jbjs.d.02654.
13. Winter R.B., Moe J.H., Eilers V.E. Congenital scoliosis a study of 234 patients treated and untreated. Part I: natural history. *J Bone Joint Surg Am*. 1968;50(issue 1):15-47. DOI: 10.2106/00004623-196850010-00002.
14. McMaster M.J., Ohtsuka K. The natural history of congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1982;64(8):1128-1147. DOI: 10.2106/00004623-198264080-00003.
15. Batra S., Ahuja S. Congenital scoliosis: management and future directions. *Acta Orthop Belg*. 2008;74(2):147-160.
16. Goldberg C.J., Moore D.P., Fogarty E.E., F.E. Dowling. The natural history of early onset scoliosis. *Stud Health Technol Inform*. 2002;91:68-70. DOI: 10.1097/01.brs.0000085367.24266.ca.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*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; профессор кафедры детской травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Баиндурашвили Алексей Георгиевич* — д-р мед. наук, профессор, академик РАН, директор ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России; заведующий кафедрой детской травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Хусаинов Никита Олегович* — научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Кокушин Дмитрий Николаевич* — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Виктор Александрович Барт* — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры общей математики и информатики, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург

*Белецкий Александр Валентинович* — д-р мед. наук, профессор, академик НАН Беларуси, директор ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии» Минздрава Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Sergei V. Vissarionov* — Dr. Sci. (Med.), professor, deputy director for science, head of the Department of Spinal Pathology and Neurosurgery, Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics; professor of Traumatology and Orthopaedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexey G. Baindurashvili* — Dr. Sci. (Med.), professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics; head of Traumatology and Orthopaedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Nikita O. Khusainov* — research associate of the Department Spinal Pathology and Neurosurgery, Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Dmitry N. Kokushin* — Cand. Sci. (Med.), research associate, Department of Spinal Pathology and Neurosurgery, Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Victor A. Bart* — Cand. Sci. (Phys.-Math.), associate professor, Chair of General Mathematics and Informatics, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexander V. Beletsky* — Dr. Sci. (Med.), professor, director of Belarus Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Minsk, Republic of Belarus

# Сравнительный анализ эффективности холодноплазменной нуклеопластики и радиочастотной аннулопластики при лечении дискогенных болевых синдромов

И.В. Волков<sup>1,2</sup>, И.Ш. Карабаев<sup>2</sup>, Д.А. Пташников<sup>1,4</sup>, Н.А. Коновалов<sup>3</sup>, К.А. Поярков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России. Ул. Акад. Лебедева, д. 4/2, 194044, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГАУ «Национальный научно-практический центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. 4-я Тверская-Ямская ул., д. 16, 125047, Москва, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России. Ул. Кирочная, д. 41, 191015, Санкт-Петербург, Россия

## Реферат

**Актуальность.** Межпозвоночный диск (МПД) считается основным источником болевого синдрома при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника (ДДЗП). Методы лазерной, механической, холодноплазменной нуклеотомии широко используются в России и включены в систему оказания высокотехнологичной помощи. Наиболее перспективные методы аннулопластики известны гораздо хуже и не так давно появились в отечественной практике. Критерии отбора пациентов и выбор метода четко не определены, информация об аннулопластике в отечественной литературе практически не представлена.

**Цель исследования** — оценить эффективность пункционной холодноплазменной нуклеопластики в сравнении с пункционной радиочастотной нуклеопластикой, а также определить факторы, влияющих на исходы вмешательства.

**Материал и методы.** Проведено ретроспективное когортное исследование. Пациенты были поделены на две группы: 107 пациентам выполнена холодноплазменная нуклеопластика (ХПНП), 72 пациентам — радиочастотная аннулопластика (РЧАП) на одном или нескольких уровнях. По цифровой шкале боли NRS-11 и индексу Освестри (ODI) положительным результатом считалось снижение индекса NRS-11 на 50% (или NRC-11 <4 баллов) и ODI на 20% от исходного (или ODI <20%) с сохранением эффекта в течение 6 мес. и более. Для поиска факторов, влияющих на исход, перед вмешательством оценивались особенности клинической картины (острый, хронический или рецидивирующий болевой синдром), выраженность и распространенность дегенерации МПД на уровне вмешательства и в смежных сегментах, использование других интервенционных методов диагностики для исключения иных источников болевого синдрома.

**Результаты.** В результате вмешательства произошло снижение показателей в обеих группах ( $p < 0,001$ ) при отсутствии значимых различий между ними ( $p = 0,672$ ). Однако количество положительных результатов в группе РЧАП было выше, чем в группе ХПНП — 49 (68,1%) и 55 (51,4%) соответственно. Прогностически значимыми факторами в группе ХПНП являлись: острый характер болевого синдрома (Спирмен  $\rho = 0,252$ ,  $p = 0,014$ ), меньшее количество оперированных уровней ( $\rho = -0,304$ ,  $p < 0,001$ ); в обеих группах: неэффективность других вмешательств (ХПНП  $\rho = 0,413$ ,  $p < 0,001$ ; РЧАП  $\rho = 0,464$ ,  $p < 0,001$ ) и степень дегенерации МПД смежных сегментов (ХПНП  $\rho = -0,387$ ,  $p < 0,001$ ; РЧАП  $\rho = -0,297$ ,  $p < 0,001$ ). При регрессионном анализе факторов риска наилучшие результаты получены для показателя «неэффективность других интервенций» и при ХПНП (ОШ 0,77 при 95% ДИ (0,682–0,857)), и при РЧАП (ОШ 0,81 при 95% ДИ (0,701–0,924)).

Волков И.В., Карабаев И.Ш., Пташников Д.А., Коновалов Н.А., Поярков К.А. Сравнительный анализ результатов холодноплазменной нуклеопластики и радиочастотной аннулопластики. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):49-58. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-49-58.

**Cite as:** Volkov I.V., Karabaev I.Sh., Ptashnikov D.A., Konovalov N.A., Poyarkov K.A. [Cold Plasma Nucleoplasty Versus Radiofrequency Annuloplasty for Discogenic Pain Syndrome: Comparative Analysis of Efficacy]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2): 49-58. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-49-58.

Волков Иван Викторович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия / Ivan V. Volkov. 8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: ivanvolkov@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 25.12.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 26.02.2018.

**Выводы.** Методы холодноплазменной нуклеопластики и радиочастотной аннулопластики демонстрируют положительные и сходные результаты при условии правильного определения дискогенного характера болевого синдрома. Наиболее значимым является исключение других источников боли методами диагностических блокад, особенно в условии хронического болевого синдрома и многоуровневого поражения МПД.

**Ключевые слова:** дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника, дискогенный болевой синдром, грыжа диска, интервенционное лечение боли, нуклеопластика, аннулопластика.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-49-58

## Cold Plasma Nucleoplasty Versus Radiofrequency Annuloplasty for Discogenic Pain Syndrome: Comparative Analysis of Efficacy

I.V. Volkov<sup>1,2</sup>, I.Sh. Karabaev<sup>2</sup>, D.A. Ptashnikov<sup>1,4</sup>, N.A. Konovalov<sup>3</sup>, K.A. Poyarkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Nikiforov National Center for Emergency and Radiation Medicine  
4/2, ul. Akad. Lebedeva, 194044, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Burdenko National Scientific Practical Center of Neurosurgery  
16, Tverskaya-Yamskaya ul., 125047, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> Mechnikov North-Western State Medical University  
41, Kirochnaya ul., 191015, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Introduction.** The intervertebral disc is considered the main source of pain syndrome in degenerative diseases of the spine. The methods of laser, mechanical and cold plasma nucleotomy are widely used in Russia and are included into the system of high-tech medical care. The most promising annuloplasty methods are less known and have only recently been introduced into the national surgical practice. Patients' selection criteria and surgical procedure choice are not clearly defined and the information about annuloplasty in the national literature is practically not presented.

**Purpose** — to conduct the comparative analysis for efficiency of paracentetic nucleoplasty and radiofrequency annuloplasty for discogenic pain and to identify the factors determining the surgery outcomes.

**Materials and Methods.** The authors performed a retrospective cohort study. Patients were divided into two groups: 107 patients underwent cold plasma nucleoplasty (NP), 72 patients received radiofrequency annuloplasty (RFAP) at one or several levels. Evaluation of outcomes was based on the dynamics of the NRS-11 digital pain scale and the Oswestry index (ODI). Positive results were recognized with decrease of NRS-11 index by 50% (or NRC-11 <4) and ODI by 20% from the original (or ODI <20%) when the outcome was preserved for 6 or more months postoperatively. To identify the factors influencing the outcome the authors assessed the following criteria prior to surgery: clinical findings (acute, chronic or recurrent pain syndrome), severity and prevalence of disc degeneration at the level of intervention and in adjacent segments, the use of other interventional diagnostic methods for excluding other sources of pain.

**Results.** In results of the procedures the authors reported a decrease of indices in both groups ( $p < 0.001$ ) in the absence of significant differences between the groups ( $p = 0.672$ ). However, but the number of positive outcomes in the RFAP group was higher than in the NP group — 49 (68.1%) and 55 (51.4%) respectively. Significant prognostic factors in the NP group were acute character of the pain syndrome (Spearman  $\rho = 0.252$ ,  $p = 0.014$ ), fewer operated levels ( $\rho = -0.304$ ,  $p < 0.001$ ); in both groups such factors were failure of other procedures (NP  $\rho = 0.413$ ,  $p < 0.001$ ; RFAP  $\rho = 0.464$ ,  $p < 0.001$ ) and the degree of disc degeneration of adjacent segments (NP  $\rho = -0.387$ ,  $p < 0.001$ ; RFAP  $\rho = -0.297$ ,  $p < 0.001$ ). With regression analysis the best results were observed under the criteria “failure of other procedures”, for NP (OR 0.77 at 95% CI (0.682-0.857) and for RFAP (OR 0.81, 95% CI (0.701-0.924)).

**Conclusion.** Both methods of cold plasma nucleoplasty and radiofrequency annuloplasty demonstrate positive and similar outcomes provided the discogenic character of the pain syndrome has been defined correctly. The most significant is the exclusion of other sources of pain by diagnostic blockades, especially for patients with chronic pain syndrome and advanced multi-level lesion of the spine segments.

**Keywords:** degenerative disc disease, discogenic pain, disc herniation, interventional pain treatment, nucleoplasty, annuloplasty.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-49-58

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Межпозвоночный диск (МПД) традиционно считается основным источником болевого синдрома при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника (ДДЗП). Развитие современных хирургических и интервенционных (пункционных) методов лечения началось именно с вмешательств на дисках [1, 2]. Операции на пояснично-крестцовом отделе позвоночника по поводу дискогенной радикулопатии, включая микрохирургические и эндоскопические методы дискэктомии, демонстрируют значимо лучшие результаты по сравнению с консервативным лечением [3–7].

История внутридисковых пункционных вмешательств началась в 1948 г. с появлением диагностической дискографии [8]. В 1956 г. были опубликованы результаты введения гидрокортизона в диск [9], а в 1964 г. — результаты использования химопапаина [10].

В настоящее время существует большое количество интервенций на МПД, принципиально различающихся в зависимости от основной мишени вмешательства (пульпозное ядро или фиброзное кольцо) и патологического процесса, на который они нацелены. Чрескожная нуклеотомия приводит к уменьшению внутридискового давления и ускорению процессов фиброобразования вследствие удаления части ядра за счет химического (химопапаин, спирт, метиленовый синий, озон), физического (лазер, холодная плазма, высокая температура) или механического воздействия. Методы широко распространены и описаны, в том числе в отечественных источниках [11–18].

Микроразрывы фиброзного кольца и прорастание рецепторов через его задние отделы считаются одним из значимых факторов патогенеза дискогенной боли. Методы радиочастотной аннулопластики направлены на коагуляцию коллагена и стабилизацию стенки диска, термоабляцию нервных окончаний с денервацией диска [19]. В России до недавнего времени расходные материалы для выполнения аннулопластики были недоступны, а публикации на эту тему представлены литературными обзорами [20, 21]. Эффективность внутридисковых методик по сравнению с консервативным лечением неоднозначна, подтверждена работами II–III класса доказательности с уровнем рекомендации В-С. Основным показанием к выполнению вмешательств является дискогенный болевой синдром, обусловленный протрузией диска, и/или подтвержденный при провокационной дискографии [2, 19, 22]. Различия в эффективности между вмешательствами, а также критерии выбора и отбора пациентов для их выполнения остаются неуточненными.

**Цель исследования** — оценить эффективность пункционной холодноплазменной нуклеопластики в сравнении с пункционной радиочастотной нуклеопластикой, а также определить факторы, влияющих на исходы вмешательств.

## Материал и методы

*Дизайн исследования.* Выполнено одноцентровое ретроспективное когортное исследование.

*Условия и сроки проведения.* Исследование проводилось в период с 2012 по 2016 г. Включены данные ретроспективного анализа историй болезни и лучевого обследования 179 пациентов, разделенных на две группы: 107 пациентам выполнена пункционная ХПНП, 72 — пункционная РЧАП в пояснично-крестцовом отделе (ПКО) на одном или нескольких уровнях.

*Критерии соответствия.* В исследование включались пациенты с ДДЗП пояснично-крестцового отдела позвоночника, сопровождающимся дискогенным болевым синдромом, устойчивым к консервативному лечению, с уровнем боли 4 и более баллов по цифровой шкале боли NRS-11 и/или нарушением жизнедеятельности из-за боли в спине 20% и более по индексу Освестри (ODI). Методом лучевой диагностики являлась магнитно-резонансная томография (МРТ).

Болевой синдром считался дискогенным в следующих ситуациях:

1. Дискогенная радикулопатия, обусловленная протрузией МПД на соответствующем уровне (не более трех) со степенью компрессии корешка II и более по С.W. Pfirmman с соавторами [23] и при II–IV степенях дегенерации МПД по С.W. Pfirmman с соавторами [24]. Согласно рекомендациям Американской ассоциации нейро-радиологов, протрузия МПД определялась в тех случаях, когда ширина основания грыжи и в аксиальной, и в сагиттальной проекциях МРТ превышала ее другие линейные размеры в этих же проекциях [25].

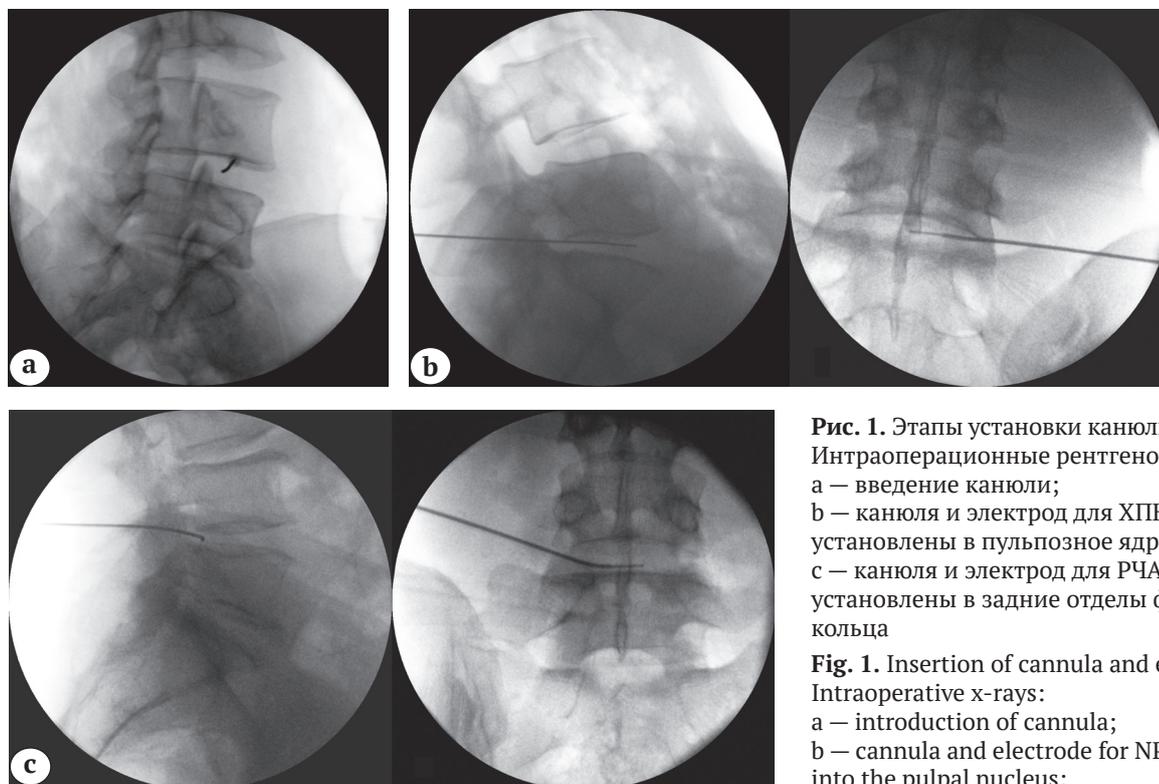
2. Острый, рецидивирующий или хронический болевой синдром (при NRS-11  $\geq 4$ , ODI  $\geq 20\%$ ) в пояснично-крестцовом отделе позвоночника без радикулопатии при наличии признаков II–IV степени дегенерации МПД по С.W. Pfirmman с соавторами не более чем на трех уровнях. Острый болевой синдром признавался в случае первого эпизода или при отсутствии у пациента болевого синдрома между обострениями (NRS-11  $< 4$ , ODI  $< 20\%$ ); рецидивирующий — при количестве обострений три и более раз в год; хронический — при наличии постоянного болевого синдрома в течение последних 3 мес. У части пациентов проводились другие лечебно-диагностические интервенции (селективные блокады или радиочастотная денервация межпозвоночных суставов (МПС), крестцово-подвздошных

сочленений (КПС), эпидуральное введение глюкокортикостероидов, блокады соединительных ветвей симпатического ствола на уровне L<sub>2</sub> позвонка), что позволяло исключить другие источники боли.

**Критерии исключения:** наличие деформации позвоночника, изменения Modic I и II типов, спондилолиза, спондилолистеза, дегенеративного стеноза позвоночного канала, предшествующие вмешательства на МПД на уровне планируемой внутрискривной процедуры, дегенеративные изменения более чем в 3 сегментах, снижение высоты целевого диска более чем на 30%, одновременное выполнение других интервенционных процедур (радиочастотная абляция, эпидуральное введение стероидов).

**Описание медицинского вмешательства.** Все вмешательства проводились одним исследователем в условиях операционной, в положении пациента лежа на животе, под местной анестезией, с мониторингом витальных функций. Введение канюли производилось под флюороскопическим контролем в косой проекции при условии отсутствия двойного контура замыкательных пластин смежных позвонков целевого диска и проецирования суставной щели на середину МПД (рис. 1 а). При контакте канюли с диском дальнейшее позиционирование производилось под контролем прямой и боковой флюороскопии. Для ХПНП использовался набор PERC DLR с прямой канюлей 17G (Arthrocare). Канюля

и электрод устанавливались по направлению к центру МПД в пределах пульпозного ядра со стороны латерализации протрузии МПД или корешковой боли при ее наличии (рис. 1 б). Процедура кобляции проводилась при помощи аппарата System 2000 (Arthrocare) путем последовательного проведения изогнутого электрода в пульпозном ядре в различных направлениях, избегая контакта с телами позвонков. Для РЧАП использовался электрод Flextrode с изогнутой канюлей 17G (Cosman Medical), которые устанавливались в задние отделы фиброзного кольца со стороны латерализации протрузии МПД или корешкового болевого синдрома при его наличии (рис. 1 с). Процедура аннулопластики выполнялась при помощи аппарата G4 (Cosman Medical), производился контролируемый нагрев ткани диска до 80°C в течение 4 мин. Пациенты выписывались в день вмешательства, двигательный режим ограничивался на уровне повседневной активности на месяц с исключением значительных физических нагрузок (тяжелый труд, спорт), ношением поясничного корсета при физической активности. Медикаментозное лечение (нестероидные противовоспалительные препараты и анальгетики) назначалось при необходимости, но не ранее чем через 7 дней после процедуры. Другие интервенционные вмешательства проводились не ранее чем через месяц при сохранении/возобновлении болевого синдрома.



**Рис. 1.** Этапы установки канюли и электрода. Интраоперационные рентгенограммы: а — введение канюли; б — канюля и электрод для ХПНП установлены в пульпозное ядро; с — канюля и электрод для РЧАП установлены в задние отделы фиброзного кольца

**Fig. 1.** Insertion of cannula and electrode. Intraoperative x-rays: а — introduction of cannula; б — cannula and electrode for NP inserted into the pulpal nucleus; с — cannula and electrode for RFAP inserted into the posterior aspects of fibrous ring

**Основные исходы исследования.** Оценка исходов выполненных вмешательств производилась на основе анализа динамики болевого синдрома и нарушений жизнедеятельности по индексам NRS-11 и ODI до и через 6 мес. после процедуры. Положительным результатом считалось снижение индекса NRS-11 на 50% (или если NRS-11 <4 баллов) и ODI на 20% от исходного (или если ODI <20%) с сохранением эффекта в течение 6 и более мес.

**Дополнительные исходы исследования.** Учитывалось изменение характера болевого синдрома после вмешательства. Для поиска факторов, влияющих на исход интервенций, по данным истории болезни и дооперационных МРТ анализировались следующие факторы: возраст, характер болевого синдрома (дискогенная радикулопатия и/или острый, рецидивирующий или хронический болевой синдром в ПКО), уровень вмешательства, степень дегенерации МПД на уровне вмешательства и в смежных сегментах по С.W. Pfirman с соавторами, применение и эффективность других лечебно-диагностических интервенционных процедур.

**Статистическая обработка данных.** Проверка соответствия эмпирических законов распределения исследуемых показателей выявила значимое отличие большинства из них от теоретического закона нормального распределения по критерию Шапиро – Уилка ( $p < 0,05$ ). В соответствии с этим для статистического описания показателей использовались медиана и межквартильный интервал (Me [25%;75%]), а для проверки статистических гипотез — непараметрические методы анализа. Оценка значимости различий количественных и качественных показателей между группами проводилась по критериям U Манна – Уитни и  $\chi^2$  Пирсона. При малом количестве ожидаемых значений в таблице сопряженности использовался точный тест Фишера. Оценка значимости различий количественных и качественных показателей до и после лечения внутри групп — по Т-критерию Уилкоксона и тесту Мак-Немара. Для выявления статистической связи между показателями проводился корреляционный анализ с использованием коэффициента ранговой корреляции  $r$  Спирмена. Для выявления предикторов исхода проводился бинарный логистический анализ с определением отношения шансов (ОШ) с 95% доверительным интервалом (ДИ).

**Этическая экспертиза.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациенты, включенные в исследование, дали письменное информированное согласие.

## Результаты

В таблице представлено распределение выделенных групп пациентов перед интервенционным вмешательством по исследуемым клиническим

и лучевым факторам. Значимых различий в медианах возраста и характеристик болевого синдрома перед вмешательством не выявлено.

Основные различия между группами были в распределении пациентов по характеру болевого синдрома. В группе ХПНП острый болевой синдром встречался значительно чаще, чем в группе РЧАП (33,6% и 13,9% соответственно), рецидивирующий болевой синдром превалировал в группе РЧАП (45,8% и 63,9%). Стоит отметить малое количество пациентов с дискогенной радикулопатией, что обусловлено выбранными критериями включения в исследование. Степень дегенерации смежных сегментов также различалась — в группе РЧАП изменения были более выраженными. В группе ХПНП только в 34,6% случаев диагноз дискогенного болевого синдрома ставился после исключения других источников боли на основании лечебно-диагностических блокад, в остальных случаях — только на основании данных клинического и лучевого обследований. В группе РЧАП диагностические интервенции проводились более чем в 50% случаев. Девять (8,4%) пациентов из группы ХПНП и 5 (6,9%) из РЧАП имели в анамнезе открытые оперативные вмешательства на других уровнях. Решение о выполнении внутрисклоновой процедуры принималось только после исключения других возможных источников боли.

После интервенционного вмешательства произошло значимое уменьшение исследуемых показателей боли и нарушений жизнедеятельности. В группе ХПНП индекс NRS-11 составил 3 [2;3] ( $p < 0,001$ ), индекс ODI — 21 [13;25] ( $p < 0,001$ ). В группе РЧАП — 3 [1;4] ( $p < 0,001$ ), ODI — 17 [14;23] ( $p < 0,001$ ) соответственно. Значимых различий между группами не выявлено ( $p = 0,672$ ). При этом, исходя из выбранных критериев оценки, положительные результаты были достигнуты у 49 (68,1%) пациентов в группе РЧАП и только у 55 (51,4%) — в группе ХПНП. При прослеживании катанеза выявлено, что 10 (9,3%) пациентов из группы ХПНП и 3 (4,1%) из группы РЧАП в дальнейшем были прооперированы на уровне интервенции.

Осложнения вмешательств в виде асептического дисцита, проявляющегося усилением болевого синдрома, и появления изменений Modic I типа на МРТ были зарегистрированы у 4 (3,7%) пациентов в группе ХПНП, в одном случае потребовавших декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства. В группе РЧАП у одного пациента развился гнойный спондилодисцит с дебютом через 3 мес. после процедуры и положительным эффектом на фоне консервативного лечения. В группе РЧАП также наблюдалась транзиторная дизестезия в соответствующих дерматомах у 3 (4,2%) пациентов.

Характеристики групп пациентов перед вмешательством  
Criteria of patients groups prior to surgery

Признак		ХПНП (n = 107)	РЧАП (n = 72)	p*
Возраст, лет Ме [25%;75%]		40 [35;45]	37 [32;46]	0,383
Мужской пол		64 (58,9%)	37 (51,4%)	0,265
NRS-11, Ме [25%;75%]		7 [3;8]	6 [4;7]	0,541
ODI, Ме [25%;75%]		40 [33;46]	35 [29;40]	0,432
Дискогенная радикулопатия		6 (5,6%)	3 (4,2%)	0,474
Острый болевой синдром		36 (33,6%)	10 (13,9%)	0,003
Рецидивирующий болевой синдром		59 (55,1%)	46 (63,9%)	0,244
Хронический болевой синдром		22 (20,6%)	16 (22,2%)	0,79
Неэффективность других интервенций		37 (34,6%)	38 (52,8%)	0,016
Количество оперированных уровней	1	76 (71,1%)	44 (61,1%)	0,009
	2	24 (22,4%)	28 (38,9%)	
	3	7 (6,5%)	—	
Степень дегенерации МПД на уровне вмешательства**	II	36 (33,6%)	28 (38,9%)	0,540
	III	25 (23,3%)	19 (26,4%)	
	IV	46 (43,0%)	25 (34,7%)	
Степень дегенерации МПД смежных сегментов**	I	43 (40,2%)	19 (26,4%)	0,001
	II	45 (42,1%)	22 (30,6%)	
	III	16 (14,9%)	17 (23,6%)	
	IV	3 (2,8%)	12 (16,7%)	
	V	—	2 (2,8%)	
Количество дегенерированных МПД смежных сегментов	1	34 (31,8%)	36 (50%)	0,014
	≥2	30 (28%)	21 (27,6%)	0,870

\* — уровень значимости различий между группами; \*\* — сегмент с наибольшей степенью дегенерации.

Анализ зависимости между исследуемыми факторами и исходами показал, что на положительные результаты ХПНП оказывали влияние: характер болевого синдрома ( $\rho = 0,252$ ,  $p = 0,014$ ), количество оперированных уровней ( $\rho = -0,304$ ,  $p < 0,001$ ), неэффективность других интервенций ( $\rho = 0,413$ ,  $p < 0,001$ ), степень дегенерации МПД смежных сегментов ( $\rho = -0,387$ ,  $p < 0,001$ ). На положительные результаты РЧАП оказывали влияние неэффективность других интервенций ( $\rho = 0,464$ ,  $p < 0,001$ ) и степень дегенерации МПД смежных сегментов ( $\rho = -0,297$ ,  $p < 0,001$ ). При регрессионном анализе факторов риска наилучшие результаты получены для показателя «неэффективность других интервенций» при ХПНП (ОШ 0,77 при 95% ДИ

(0,682–0,857)) и при РЧАП (ОШ 0,81 при 95% ДИ (0,701–0,924)).

### Обсуждение

Внутридисковые вмешательства выполняются уже более 10 лет и сопровождаются большим количеством исследований с противоречивыми результатами. Метаанализ работ, посвященных ХПНП [26], выявил одно рандомизированное и 14 обсервационных исследований с разбросом количества положительных результатов от 54 до 88%. Авторы оценивают доказательства эффективности ХПНП как удовлетворительные. Для различных вариантов аннулопластики результаты еще более вариабельны: от признания

неэффективности до исследований I класса доказательности, однозначно свидетельствующих о положительном эффекте [19]. Такие различия в результатах обусловлены, возможно, критериями отбора пациентов. В исследованиях, посвященных пациентам с острым болевым синдромом, грыжами дисков и дискогенной радикулопатией исходы в целом лучше, чем у пациентов с хроническим болевым синдромом в спине, устойчивым к длительному консервативному лечению. Использование только клинических и лучевых данных при принятии решения ставит вопрос о количестве ложноположительных результатов, особенно с учетом обычного характера течения ДДЗП с эпизодами обострений и ремиссий на фоне неспецифического лечения. Усложнение критериев включения с обязательным выполнением диагностических интервенций для определения потенциального источника боли увеличивает точность исследований, но, по мнению S.P. Cohen с соавторами [27], приводит к снижению общей эффективности процедур за счет уменьшения плацебо-эффекта и увеличения ложноотрицательных результатов. «Золотым стандартом» в диагностике дискогенной боли является провокационная дискография с обязательным контролем внутридискосового давления. В метаанализе L. Manchikanti с соавторами диагностическая ценность дискографии оценена достаточно высоко на основании трех работ высокого уровня доказательности для определения причины боли в спине без радикулопатии, в отличие от клинических и лучевых методов [28]. Чувствительность и специфичность метода составили 81% и 64% соответственно при средней частоте ложноположительных результатов в 6%. Частота встречаемости дискогенной боли без значимой грыжи диска и радикулопатии составила 26% случаев. Показана положительная связь между конкордантным болевым синдромом и эффективностью внутридискосовых процедур. Одним из основных недостатков процедуры является ее инвазивность с потенциальным риском воспалительных осложнений и ускорения дегенерации МПД. Кроме того, в России отсутствуют сертифицированные аппараты для контролируемого введения жидкости в МПД.

Ввиду сложностей определения показаний для выполнения внутридискосовых вмешательств и отсутствия технической возможности рутинного выполнения провокационной дискографии в настоящее исследование включались пациенты, у которых дискогенный характер боли признавался на основе клинических и рентгенологических данных, а также после исключения других механизмов болевого синдрома методом диагностических блокад. Исследуемые показатели болевого синдрома и нарушений жизнедеятельности пока-

зали значимую положительную динамику при отсутствии различий между исследуемыми группами. Тем не менее, число положительных исходов в группе РЧАП было выше, чем в группе ХПНП (68,1% и 51,4% соответственно). Объяснить такие различия позволяет анализ связи исходов лечения и исследуемых клинических и лучевых факторов. В группе ХПНП исходы коррелировали с клиническими данными, и лучшие результаты были при остром болевом синдроме. Возможно, это связано со снижением внутридискосового давления как одного из механизмов формирования болевого синдрома на ранних стадиях дегенерации МПД за счет частичной нуклеотомии при ХПНП [29, 30]. Основным источником дискогенной боли считается воспалительный процесс в зоне микроразрывов фиброзного кольца с формированием грануляционной ткани и сенситизацией нервных окончаний [31, 32]. Аблиция этих нервных окончаний при различных вариантах аннулопластики обуславливает терапевтический эффект. В настоящем исследовании эффективность РЧАП не зависела от характера болевого синдрома перед вмешательством.

Низкая специфичность клинической картины и данных лучевой диагностики в определении причин, источника и уровня болевого синдрома при отсутствии радикулопатии при ДДЗП отмечается во многих исследованиях, дегенеративные изменения с большой частотой встречаются в асимптомной популяции [33–35]. При многоуровневом поражении диагностика становится еще более затруднительной. Как следствие — усложняется выбор метода лечения и ухудшаются результаты. В настоящем исследовании исходы вмешательств для обеих групп коррелировали с выраженностью дегенерации смежных уровней, а для групп ХПНП — с количеством оперированных уровней. Интервенционные методы диагностики показывают лучшую специфичность. Помимо дискографии, значимо высокая диагностическая ценность продемонстрирована для тестовых блокад МПС, крестцово-подвздошных сочленений и возвратных ветвей симпатического ствола [22, 36, 37]. В нашем исследовании пациенты с отрицательными результатами других лечебных и диагностических интервенций, то есть после исключения других источников боли, демонстрируют значимо лучшие результаты, и прогностическая сила этого фактора оказалась наибольшей. В группе РЧАП таких пациентов было значительно больше, чем в группе ХПНП; лучшее качество отбора пациентов, очевидно, определяет и лучшие результаты в группе РЧАП.

Проведенное исследование демонстрирует важность определения показаний и отбора пациентов для эффективности лечения. При внутридискосовых интервенциях использование только клинических и лучевых факторов оправдано в случае одноуров-

невой патологии при минимальной смежной дегенерации, типичной клинической картины обострения. Во всех других случаях при хронической боли и многоуровневой патологии следует проводить дифференциальную диагностику с использованием диагностических блокад, перемещая более инвазивные внутривагальные вмешательства в конец диагностической цепочки.

### Ограничения исследования

Основными ограничениями исследования являются ретроспективный дизайн, некоторая разнородность групп по исследуемым факторам, короткий период прослеживания результатов, использование для подтверждения дискогенного характера болевого синдрома только косвенных методов, а не провокационной дискографии, признанной «золотым стандартом».

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

- Postacchini F., Postacchini R. Operative management of lumbar disc herniation: the evolution of knowledge and surgical techniques in the last century. *Acta Neurochir Suppl.* 2011;108:17-21. DOI: 10.1007/978-3-211-99370-5\_4.
- Patel V.B., Wasserman R., Imani F. Interventional Therapies for Chronic Low Back Pain: A Focused Review (Efficacy and Outcomes). *Anesth Pain Med.* 2015;5(4):e29716. DOI: 10.5812/aapm.29716.
- Weinstein J.N., Lurie J.D., Tosteson T.D., Tosteson A.N., Blood E.A., Abdu W.A. et al. Surgical versus nonoperative treatment for lumbar disc herniation: four-year results for the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33(25):2789-2800. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31818ed8f4.
- Jacobs W.C.H., van Tulder M., Arts M., Rubinstein S.M., van Middelkoop M., Ostelo R. et al. Surgery versus conservative management of sciatica due to a lumbar herniated disc: A systematic review. *Eur Spine J.* 2011;20(4):513-522. DOI: 10.1007/s00586-010-1603-7.
- Birkenmaier C., Komp M., Leu H.F., Wegener B., Ruetten S. The current state of endoscopic disc surgery: review of controlled studies comparing full-endoscopic procedures for disc herniations to standard procedures. *Pain Physician.* 2013;16(4):335-344. DOI: 10.15674/0030-59872014241-50.
- Smith N., Masters J., Jensen C., Khan A., Sprowson A. Systematic review of microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation. *Eur Spine J.* 2013;22(11):2458-2465. DOI: 10.1007/s00586-013-2848-8.
- Kreiner D.S., Hwang S.W., Easa J.E., Resnick D.K., Baisden J.L., Bess S. et al. North American Spine Society. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. *Spine J.* 2014;14(1):180-191. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.08.003.
- Lindblom K. Diagnostic disc puncture of intervertebral discs in sciatica. *Acta Orthop Scandinav.* 1948; 17(3-4):231-239.
- Feffer H.L. Treatment of low-back and sciatic pain by the injection of hydrocortisone into degenerated intervertebral discs. *J Bone Joint Surg Am.* 1956;38(suppl A):585-590.
- Smith L. Enzyme dissolution of the nucleus pulposus in humans. *JAMA.* 1964;187:137-140.
- Knezevic N.N., Mandalia S., Raasch J., Knezevic I., Candido K.D. Treatment of chronic low back pain — new approaches on the horizon. *J Pain Res.* 2017;10: 1111-1123. DOI: 10.2147/JPR.S132769.
- Giurazza F., Guarnieri G., Murphy K.J., Muto M. Intradiscal O2O3: rationale, injection technique, short- and long-term outcomes for the treatment of low back pain due to disc herniation. *Can Assoc Radiol J.* 2017;68(2):171-177. DOI: 10.1016/j.carj.2016.12.007.
- Lu Y., Guzman J.Z., Purmessur D., Iatridis J.C., Hecht A.C., Qureshi S.A., Cho S.K. Nonoperative management of discogenic back pain: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(16):1314-1324. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000401.
- Щедренко В.В., Себелев К.И., Иваненко А.В., Могучая О.В. Результаты пункционных методов лечения остеохондроза позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2010;(1):46-48. DOI: 10.14531/ss2010.1.46-48. Shchedryonok V.V., Sebelev K.I., Ivanenko A.V., Moguchaya O.V. [Outcomes of puncture methods for treatment of spinal osteochondrosis]. *Hirurgia pozvonocnika [Journal of Spine Surgery].* 2010;(1):46-48. DOI: 10.14531/ss2010.1.46-48. (in Russian). DOI: 10.14531/ss2010.1.46-48.
- Крутько А.В., Кудратов А.Н., Евсюков А.В. Дископункционное лечение рефлекторно-болевого синдрома шейного остеохондроза методами коблации и химической денерации межпозвоночных дисков. *Травматология и ортопедия России.* 2011;(2):76-81. Krut'ko A.V., Kudratov A.N., Evsyukov A.V. Disc puncture for reflex pain syndrome of cervical osteochondrosis using coblation and chemical denervation of the intervertebral disc. *Travmatologiya i ortopediya Rossii [Traumatology and Orthopedics of Russia].* 2011;(2): 76-81. (in Russian).
- Закиров А.А., Древалъ О.Н., Чагава Д.А., Рынков И.П., Кузнецов А.В. Лечение спондилоартроза и дискоза поясничного отдела позвоночника комбинированными малоинвазивными методами. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко.* 2012;(2):17-22. Zakirov A.A., Dreval' O.N., Chagava D.A., Rynkov I.P., Kuznetsov A.V. Treatment of spondyloarthrosis and lumbar discopathy by combined minimally invasive techniques. *Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko.* 2012;(2):17-22. (in Russian).
- Михайлов Д.А., Усиков В.Д., Пташников Д.А. Результаты использования механического декомпрессора в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника. *Травматология и ортопедия России.* 2010;(3):35-40. Mikhailov D.A., Usikov V.D., Ptashnikov D.A. [Results of the treatment of degenerative dystrophic spine lumbar disease using mechanical decompressor]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii [Traumatology and Orthopedics of Russia].* 2010;(3):35-40. (in Russian).
- Борщенко И.А., Борщенко Я.А., Басков А.В. Алгоритм выбора метода минимально-инвазивного хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника на основе современных методов математического интеллектуального анализа данных. *Нейрохирургия.* 2013;(2):49-58.

- Borshchenko I.A., Borshchenko Ya.A., Baskov A.V. [Algorithm of minimally invasive surgical treatment option choice at patients with degenerative disease of lumbar spine based on current methods of mathematic database mining analysis]. *Neirokhirurgiya* [Russian Journal of Neurosurgery]. 2013;(2):49-58. (in Russian).
19. Helm I S., Simopoulos T.T., Stojanovic M., Abdi S., El Terany M.A. Effectiveness of thermal annular procedures in treating discogenic low back pain. *Pain Physician*. 2017;20(6):E447-470.
  20. Анохин М.А., Спиринов Н.Н., Иванов А.О. Пункционное электротермическое лечение дискогенных болевых синдромов (IDET). *Российский журнал боли*. 2010;3-4(28-29):44-48.  
Anokhin M.A., Spirin N.N., Ivanov A.O. [Intradiscal electrothermal coagulation therapy (IDET) of pain syndroms]. *Rossiiskii zhurnal boli* [Russian Journal of Pain]. 2010;3-4(28-29):44-48. (in Russian).
  21. Исайкин А.И., Кузнецов И.В., Иванова М.А., Кавелина А.В. Дискогенные боли в пояснице. Современные концепции патогенеза, дифференциальной диагностики и тактики лечения. *Эффективная фармакотерапия*. 2015;40:6-16.  
Isaikin A.I., Kuznetsov I.V., Ivanova M.A., Kavelina A.V. [Discogenic Lumbar Pain. Current Concept of Pathogenesis, Differential Diagnostics and Therapeutic Strategy]. *Effektivnaya farmakoterapiya* [Effective Pharmacotherapy]. 2015;40:6-16. (in Russian).
  22. Manchikanti L., Abdi S., Atluri S., Benyamin R.M., Boswell M.V., Buenaventura R.M., Bryce D.A. et al. An update of comprehensive evidence-based guidelines for interventional techniques in chronic spinal pain. Part II: guidance and recommendations. *Pain Physician*. 2013;16(2 Suppl):S49-283.
  23. Pfirrmann C.W., Dora C., Schmid M.R., Zanetti M., Hodler J., Boos N. MR image-based grading of lumbar nerve root compromise due to disk herniation: reliability study with surgical correlation. *Radiology*. 2004;230(2):583-588.  
DOI: 10.1148/radiol.2302021289.
  24. Pfirrmann C.W. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2001;26(17):1873-1878.  
DOI: 10.1097/00007632-200109010-00011.
  25. Milette P.C. Reporting lumbar disk abnormalities: at last, consensus! *AJNR Am J Neuroradiol*. 2001;22(3):429-430.
  26. Manchikanti L., Falco F.J., Benyamin R.M., Caraway D.L., Deer T.R., Singh V., Hameed H., Hirsch J.A. An update of the systematic assessment of mechanical lumbar disc decompression with nucleoplasty. *Pain Physician*. 2013;16(2 Suppl):SE25-54.
  27. Cohen S.P., Huang J.H., Brummett C. Facet joint pain-advances in patient selection and treatment. *Nat Rev Rheumatol*. 2013;9(2):101-116.  
DOI: 10.1038/nrrheum.2012.198
  28. Manchikanti L., Benyamin R.M., Singh V., Falco F.J., Hameed H., Derby R. et al. An update of the systematic appraisal of the accuracy and utility of lumbar discography in chronic low back pain. *Pain Physician*. 2013;16(2 Suppl):SE55-95.
  29. Chen Y.C., Lee S.H., Chen D. Intradiscal pressure study of percutaneous disc decompression with nucleoplasty in human cadavers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(7):661-665.  
DOI: 10.1097/01.BRS.0000051920.45671.88.
  30. Singh V., Derby R. Percutaneous lumbar disc decompression. *Pain Physician*. 2006;9(2):139-146.
  31. Malik K.M., Cohen S.P., Walega D.R., Benzon H.T. Diagnostic criteria and treatment of discogenic pain: a systematic review of recent clinical literature. *Spine J*. 2013;13(11):1675-1689.  
DOI: 10.1016/j.spinee.2013.06.063.
  32. Peng B.-G. Pathophysiology, diagnosis, and treatment of discogenic low back pain. *World J Orthop*. 2013;4(2):42-52.  
DOI: 10.5312/wjo.v4.i2.42.
  33. Shambrook J., McNeer P., Harris E.C., Kim M., Sampson M., Palmer K.T., Coggon D. Clinical presentation of low back pain and association with risk factors according to findings on magnetic resonance imaging. *Pain*. 2011;152:1659-1665.  
DOI: 10.1016/j.pain.2011.03.011.
  34. McNeer P., Shambrook J., Harris E.C., Kim M., Sampson M., Palmer K.T., Coggon D. Predictors of long-term pain and disability in patients with low back pain investigated by magnetic resonance imaging: A longitudinal study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011;12:234.  
DOI: 10.1186/1471-2474-12-234.
  35. Chou R., Qaseem A., Owens D.K., Shekelle P. Clinical Guidelines Committee of the American College of Physicians. Diagnostic imaging for low back pain: Advice for high-value health care from the American College of Physicians. *Ann Intern Med*. 2011;154:181-189.  
DOI: 10.7326/0003-4819-154-3-201102010-00008.
  36. Da Rocha I.D., Cristante A.F., Marcon R.M., Oliveira R.P., Letaif O.B., de Barros Filho T.E.P. Controlled medial branch anesthetic block in the diagnosis of chronic lumbar facet joint pain: the value of a three-month follow-up. *Clinics*. 2014;69(8):529-534.  
DOI: 10.6061/clinics/2014(08)05.
  37. van Tilburg C.W., Stronks D.L., Groeneweg J.G., Huygen F.J.P.M. Randomized sham-controlled, double-blind, multicenter clinical trial on the effect of percutaneous radiofrequency at the ramus communicans for lumbar disc pain. *Eur J Pain*. 2017;21(3):520-529.  
DOI: 10.1002/ejp.945.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Волков Иван Викторович — канд. мед. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; врач-нейрохирург, ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, Санкт-Петербург

Карбаев Игорь Шамансурович — канд. мед. наук, доцент, заведующий нейрохирургическим отделением, ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Ivan V. Volkov — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Neurosurgeon, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

Igor' Sh. Karabaev — Cand. Sci. (Med.), Associate professor, head of Neurosurgical Department, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

*Пташников Дмитрий Александрович* — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением патологии позвоночника и костной онкологии, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ВПХ с курсом стоматологии, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Коновалов Николай Александрович* — д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий отделением спинальной нейрохирургии, ФГАУ «Национальный научно-практический центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва

*Поярков Константин Александрович* — врач-нейрохирург, ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, Санкт-Петербург

*Dmitry A. Ptashnikov* — Dr. Sci. (Med.), professor, head of Spinal Surgery and Oncology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; head of Traumatology and Orthopedic Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Nikolai A. Kononov* — Dr. Sci. (Med.), professor, corresponding Member of RAS, head of Spinal Department, Burdenko National Scientific and Practical Center for Neurosurgery, Moscow, Russian Federation

*Konstantin A. Poyarkov* — Neurosurgeon, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

# Застарелые разрывы ахиллова сухожилия — как их лечить и возможно ли спонтанное сращение? Результаты укорачивающей тенопластики

А.П. Середа

Федеральное медико-биологическое агентство России  
Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 1, 23182, Москва, Россия

## Реферат

Статья посвящена случаям спонтанного сращения ахиллова сухожилия с элонгацией. При этом состоянии нет пальпируемого дефекта сухожилия, сохраняется активная плантарная флексия, а пациенты жалуются на снижение силы.

**Цель** — изучить особенности спонтанного сращения ахиллова сухожилия с элонгацией и провести анализ укорачивающей тенопластики, как операции, в первую очередь направленной на восстановление силы икроножно-камбаловидного комплекса.

**Материал и методы.** Описаны особенности и результаты хирургического лечения 25 пациентов, которым была выполнена укорачивающая тенопластика различными способами: гофрирующая (3 пациента), Z-образная (2 пациента), косая (1 пациент) и поперечная (19 пациентов).

**Результаты.** Ни у одного из пациентов не возникло реруптур и других серьезных хирургических осложнений. Результаты лечения по шкале Leppilahti через 304,7±8,9 суток после операции оказались статистически значимо лучше по сравнению с предоперационным статусом: 82,4±5,6 vs 62,2±7,7 баллов ( $p<0,0001$ ).

**Заключение.** При спонтанном сращении ахиллова сухожилия с элонгацией показана укорачивающая тенопластика. На относительно ранних сроках, когда рубец еще пластичен, тенопластику можно выполнять по типу гофрирования. На более поздних сроках требуется резекционная укорачивающая тенопластика, которую мы рекомендуем выполнять через минидоступ, а само сухожилие резецировать поперечно, удаляя сегмент рубцового моноблока.

**Ключевые слова:** застарелый разрыв ахиллова сухожилия, тенопластика, спонтанное сращение.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-59-69

☞ Середа А.П. Застарелые разрывы ахиллова сухожилия — как их лечить и возможно ли спонтанное сращение? Результаты укорачивающей тенопластики. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):59-69. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-59-69.

**Cite as:** Sereda A.P. [Treatment Options for Neglected Achilles Tendon Ruptured: Wether Spontaneous Healing is Possible?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):59-69. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-59-69.

✉ *Середа Андрей Петрович*. Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 1, 23182, Москва, Россия / *Andrey P. Sereda*. 30, Volokolamskoye shosse, 23182, Moscow, Russian Federation; e-mail: drsereda@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 24.04.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 22.05.2018.

# Treatment Options for Neglected Achilles Tendon Ruptured: Wether Spontaneous Healing is Possible?

A.P. Sereda

Federal Medical Biological Agency  
30, Volokolamskoye shosse, 23182, Moscow, Russian Federation

## Abstract

The paper considers cases of spontaneous healing of Achilles tendon with elongation. In such condition the tendon defect is not palpable, active plantar flexion is preserved and patients are complaining for strength diminution.

*Purpose* — to study features of spontaneous Achilles tendon healing with elongation and to analyze the shortening tenoplasty option as a procedure primarily aimed at restoration of strength for gastrocnemius-soleus complex.

*Material and Methods.* The paper presents features and outcomes of surgical treatment of 25 patients who underwent a shortening tenoplasty of various types: crimping (3 patients), Z-type (2 patients), oblique (1 patient) and transverse (19 patients).

*Results.* No re-ruptures or other serious complications were observed in the patients of the present study. Treatment outcomes were evaluated by J. Leppilahti scale in 304,7±8,9 days after the procedure. Postoperative Leppilahti scores were statistically significantly better than prior to surgery — 82,4±5,6 and 62,2±7,7, respectively, ( $p < 0,0001$ ).

*Conclusion.* Shortening tenoplasty can be indicated in cases of spontaneous Achilles tendon healing with elongation. At relatively early stages of the injury with rather elastic scars the crimping tenoplasty can be applied. At later stages a resection shortening tenoplasty is recommended through a minimal incision with transverse resection of tendon and removal of scar block.

**Keywords:** neglected Achilles tendon rupture, tenoplasty, spontaneous healing.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-59-69

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Частота разрывов ахиллова сухожилия варьирует по разным данным от 5,5 [1] до 18 [2] случаев на 100 тыс. населения в год, при этом имеет место повышение этого показателя в течение последних десятилетий [3].

Соотношение разрывов у мужчин и женщин составляет от 1,7:1,0 до 12,0:1,0 [4, 5], что, вероятно, обусловлено большей спортивной активностью мужчин. В нашей стране это соотношение составляет 1,3:1,0, что значительно отличается от данных зарубежных исследователей. При этом средний возраст женщин (38,7±9,72 лет) несколько больше возраста мужчин (35,2±8,2 лет) [6]. Чаще происходит разрыв левого ахиллова сухожилия [7–9]. Обычно разрыв происходит у мужчин, занимающихся спортом время от времени, на третьем-четвертом десятке жизни [7, 10].

Считается, что диагностика разрыва ахиллова сухожилия не представляет проблем [11], однако даже во многих крупных больницах диагноз разрыва зачастую не устанавливается [10, 12]. По данным А.Е. Inglis, частота неправильной диагностики составляет 22% [13], а З.С. Миронова с соавторами сообщают о 40% несвоевременной диагностики [14].

Проблема диагностики разрывов ахиллова сухожилия сохраняется и в наши дни [6, 15].

В первой половине XX века консервативный способ лечения разрывов ахиллова сухожилия, изначально являвшийся «абсолютным монополистом», был потеснен оперативным методом. Однако в связи с высокой частотой осложнений после операции в 1960–70-х годах вновь возник интерес к консервативному лечению. R.B. Lea и L. Smith в 1968 и 1972 гг. сообщили о благоприятных результатах иммобилизации конечности в положении «свободно свисающей стопы» в течение 8 нед. и последующей ходьбе с приподнятой пяткой на каблучке еще в течение 4 нед. [16, 17]. Дальнейшее развитие эта методика получила в Северной Америке, Англии и скандинавских странах [8, 18–20]. Некоторые авторы, получив примерно равные функциональные результаты, назвали консервативное лечение методом выбора. Измеряя изокинетическую силу трехглавой мышцы, они не получили значимых различий в обеих группах [18, 20, 21], хотя D.G. Garden с соавторами показали, что хорошие результаты наблюдались только, если метод применялся в первые 48 ч после травмы [22]. Однако исследования силы изометри-

ческих сокращений, выносливости и мышечной массы обнаружили значительное ухудшение этих показателей при консервативном лечении [23, 24]. По данным А.Е. Inglis и Т.Р. Sculco, у консервативно пролеченных пациентов сила мышцы составляла только 62%, а выносливость — 64% от нормы, по сравнению с 88% и 91% соответственно у больных после оперативного лечения [25].

Эти результаты частично объясняются сращением сухожилия с удлинением, влекущим за собой ослабление мышцы. Частота повторных разрывов после консервативного лечения колеблется от 13 до 30% и в среднем составляет 17,7% против 1,5–2% у прооперированных пациентов [26–29]. Отечественные специалисты практически единодушно предпочитают оперативное лечение, предпочитая консервативный метод лишь при мышечно-сухожильных разрывах в ранние сроки [30, 31].

Ренессанс консервативного лечения, особенно в скандинавских странах, продолжается. Например, в Финляндии оперируют только 42% разрывов у мужчин и 55% — у женщин. При этом частота хирургической активности нарастала с 1987 г., достигнув максимума в 2007–2008 гг., а затем начала снижаться. Общее число операций при этом выросло почти в два раза за счет значительного роста числа самих разрывов: частота операций у мужчин в 1987 г. составила 11,1, а у женщин — 2,5 на 100 тыс. населения в год. В 2011 г. показатели выросли до 20,5 и 4,2 на 100 тыс. соответственно [32].

В зависимости от сроков, прошедших с момента разрыва, выделяют свежие и застарелые разрывы ахиллова сухожилия. N. Maffulli считает, что к застарелым относятся разрывы давностью 4–6 нед. [33], а А.П. Трачук полагает, что критерием следует считать давность в 3 нед. [34]. В англоязычной литературе для описания этих двух состояний используют термины «acute» (острый разрыв) и «chronic» (хронический разрыв). Достаточно часто в англоязычной литературе встречается и термин «neglected» (запущенный разрыв). В силу быстроты дегенеративных процессов в разорванном ахилловом сухожилии некоторые авторы считают также целесообразным выделять еще и несвежие разрывы, давность которых превышает 72 ч [33]. Однако существует мнение, что несвежие разрывы имеют давность от 10 суток до 3–4 нед. [35].

Как правило, причинами возникновения застарелого разрыва являются недиагностированные или неправильно диагностированные свежие разрывы либо обращение пациента за медицинской помощью [6].

Большинство хирургов считают необходимой операцией при застарелом разрыве, однако единодушие на этом заканчивается, и в вопросе метода операции никакого единства нет [12], что обусловлено малым числом соответствующих публикаций

и некоторой догматичностью. На практике приходится встречаться с тремя основными утверждениями коллег [36–39]:

1. Застарелый разрыв оперировать очень сложно, и не стоит браться за разрывы давностью более трех недель.

2. Застарелые разрывы требуют пластики. Восстановление сухожилия по типу «конец-в-конец» возможно при длине диастаза менее 2,5 см или, максимум, 3–4 см.

3. Разорванное сухожилие не срастается самостоятельно.

Конечно же, по сравнению со свежими разрывами ахиллова сухожилия застарелые случаи связаны с более высоким риском инфекционных осложнений и с более длительным восстановлением [6, 15, 40, 41]. Но никоим образом это не означает, что нельзя оперировать пациента с застарелым разрывом. Более того, мы считаем, что застарелые разрывы вполне можно оперировать малоинвазивно, а сама тяжесть лечения слегка переоценена.

В классических работах указывается, что при застарелом разрыве ахиллова сухожилия паратенон истончается и спаивается с ретрактированными концами разорванного сухожилия, а в области диастаза имеется минимальное количество репаративной ткани [42–44]. Наши наблюдения позволяют нам высказать несколько иную точку зрения, чему, в частности, и посвящена эта статья.

Начиная с 1959 г. в редких публикациях можно увидеть упоминания о том, что при застарелом разрыве диастаз заполняется утолщенной рубцовой тканью [43, 45–47]. Эта псевдосухожильная ткань не является такой же прочной, как интактное сухожилие, и она имеет тенденцию к элонгации [43, 48]. Этот процесс является попыткой организма восстановить разорванное сухожилие, то есть спонтанным сращением, и степень снижения силы плантарной флексии в застарелых случаях очевидно связана с тем, насколько удлинилось ахиллово сухожилие за счет рубца.

Идея о том, что для лечения спонтанно сросшегося разрыва нужно выполнять укорачивающую тенопластику, впервые высказана Т. Yasuda и соавторами в 2007 г. [49]. Они прооперировали шесть пациентов (пять случаев нелеченных и один недиагностированный своевременно) со средней давностью разрыва в 22 нед. Всем пациентам в предоперационном периоде выполнялась магнитно-резонансная томография. В исследование авторы включали только тех пациентов, у которых имело место утолщенное сухожилие с диффузным сигналом высокой интенсивности в T2 режиме. Считается, что такая картина соответствует активному формированию рубца и заживлению с большим количеством коллагеновых волокон и пролиферативных фибробластов и со-

судов. Авторы выполняли резекцию рубцовой ткани между двумя концами сухожилия, которые затем сшивали друг с другом швом Krackow, проходящим минимум на протяжении 2 см внутри нативного сухожилия. Гистологическое исследование резецированной рубцовой ткани показало наличие густой сети коллагеновых волокон и кровеносных сосудов без признаков дегенерации. В двух образцах эти волокна располагались параллельно продольной оси сухожилия, и имелись ряды фибробластов, лежащих между ними. В оставшихся 4 образцах густая сеть коллагеновых волокон не имела строгой ориентации вдоль продольной оси сухожилия, однако визуализировалась высококлеточная фибрососудистая ткань. После хирургического вмешательства ни один из пациентов не предъявлял жалоб на затруднения при подъеме по лестнице, и все они могли встать на носок пострадавшей ноги. Среднее значение по шкале «голеностоп-стопа» AOFAS составило 88,2 баллов до операции и 98,3 баллов в среднем через 31 мес. после операции.

Годом позже, в 2008 г., N. Maffulli и A. Ajis также описали один случай укорачивающей Z-образной тенопластики через очень обширный доступ от пяточной кости до головок икроножной мышцы и даже выше. Авторы рекомендовали степень укорочения выбирать таким образом, чтобы эквинус был чуть больше, чем на контралатеральной конечности [15].

T. Yasuda с соавторами продолжили свою работу и в 2016 г. опубликовали результаты лечения уже 30 пациентов со средним сроком наблюдения 33 мес. [50]. По шкале AOFAS предоперационные результаты составили 82,8 баллов, а послеоперационные — 98,1 баллов.

Нам удалось обнаружить еще одну работу 2018 г., в которой авторы описывают один случай укорачивающей тенопластики [51].

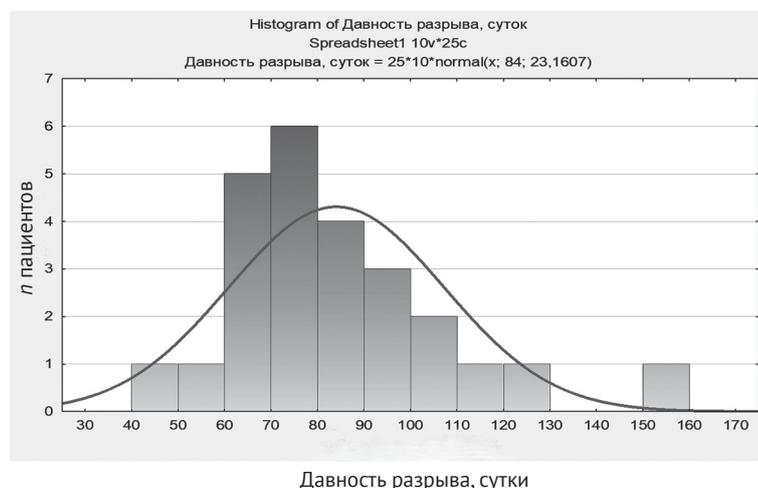
## Материал и методы

Всего мы имеем опыт лечения 388 пациентов с различными вариантами разрывов ахиллова сухожилия, проходивших лечение с сентября 2004 г. по август 2010 г. в травматологическом отделении ФГУ «32 Центральный военно-морской клинический госпиталь» Минобороны России и с сентября 2010 г. по январь 2015 г. в клинике травматологии, ортопедии и патологии суставов ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России. Некоторые пациенты оперировались в других больницах, где авторы были приглашенными хирургами.

В эту часть исследования включали пациентов со спонтанным сращением ахиллова сухожилия с элонгацией, которым выполняли различные варианты укорачивающей тенопластики для восстановления нормальной длины сухожильного комплекса и силы. Всего таких пациентов было 25 (23 мужчины, 2 женщины, средний возраст  $36,3 \pm 5,7$  лет). Давность разрыва составила  $84,0 \pm 23,1$  суток (рис. 1).

Одиннадцати (44%) пациентам диагноз был не установлен своевременно, и они лечились от «растяжений», ушибов, тромбозов вен голени и т.д.; 14 пациентов не обращались за медицинской помощью, так как либо недооценивали повреждение, либо не имели возможности оторваться от своего бизнеса либо иной ответственной работы. При этом все пациенты имели высокий интеллектуальный статус. Отметим, что не всегда после полного разрыва пропадает активная плантарная флексия — она возможна за счет синергистов (*mm. tibialis posterior, flexor hallucis longus, flexor digitorum longus* и малоберцовые мышцы).

Все пациентам после клинического обследования выполнялась МРТ.



**Рис. 1.** Распределение пациентов, которым выполнена укорачивающая тенопластика, по давности разрыва

**Fig. 1.** Distribution of patients who underwent shortening tenoplasty by duration of injury

Для операций на ахилловом сухожилии, на наш взгляд, нужны современные шовные материалы с показателем USP (United States Pharmacopeias) 3 и более или с метрическим номером Metric по Европейской фармакопее 7 и более. Среди таких нитей мы использовали безыгольные лигатуры Ethibond Excel 1 mm (EH381E) компании Ethicon (20 пациентов) и игольные полурассасывающиеся нити Orthocord комплекта Fastin RC DePuy Mitek (Johnson&Johnson) (5 пациентов). Гистологическое исследование проводили в 3 случаях.

Результаты оценивали по шкале J. Leppilahti [52].

**Диагностика и методика операций.** Все пациенты со спонтанным сращением сухожилия с удлинением не хромали, но жаловались на невозможность бегать, сложности при подъеме по лестнице, утомляемость и снижение силы, особенно в амплитуде более 30°. Объективно отмечалось значительное снижение способности балансировать, стоя на поврежденной ноге. Внешне отмечалась меньшая контурность («гипотрофия»), преимущественно медиальной головки икроножной мышцы (рис. 2).

Ни при осмотре, ни при пальпации не удавалось обнаружить западения между концами сухожилия, что обусловлено гипертрофией паратенона. Во всех случаях тест Matles был положителен, но тесты сжатия Simmonds – Thompson, Copeland, O'Brian сомнительны или отрицательны, и можно обнаружить лишь их асимметричность, которая может быть весьма незначительной.

Считаем нужным подробнее остановиться на снижении силы плантарной флексии. Пациенты могли встать на носки обеих ног и нередко даже подняться на носке одной стопы, отмечая при этом снижение силы. Объективное исследование силы активной плантарной флексии технически



**Рис. 2.** Типичная асимметрия медиальной головки правой икроножной мышцы при застарелом спонтанно сросшемся разрыве

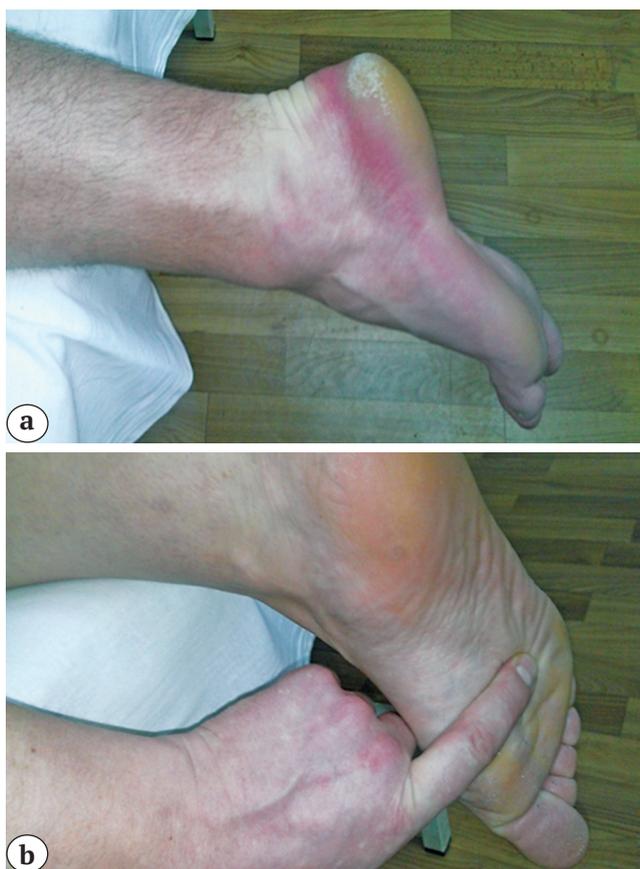
**Fig. 2.** A typical asymmetry of the medial head of the right gastrocnemius muscle in patient with a spontaneously healed neglected rupture

достаточно сложно, и зачастую для этого нет соответствующего оборудования. Мы обнаружили следующую интересную особенность. При обследовании мы просили пациента встать на колени на кушетку или стул таким образом, чтобы его стопы свободно свисали с края (условное плантиградное положение стопы). Угол сгибания в коленных суставах составлял 90°. При этом мы обращали внимание на симметричность плантиградного положения стоп, что являлось аналогом теста Matles. Пациента просили максимально расслабить мышцы бедра и голени так, чтобы плантиградность была по возможности симметричной. Далее мы просили пациента вытянуть носки обеих стоп, оказывая при этом ручное сопротивление. Важно отметить, что мы прикладывали сопротивление на уровне диафизов плюсневых костей. Очень часто, особенно при застарелых разрывах, компенсация трехглавой мышцы голени происходит за счет других мышц, особенно за счет мышц, сгибающих пальцы стопы. Этот феномен можно наблюдать в виде начального сгибания пальцев с последующей плантарной флексией стопы, в то время как при интактном ахилловом сухожилии сначала, наоборот, осуществляется плантарная флексия, а пальцы стопы начинают сгибаться потом, практически в крайней точке амплитуды (рис. 3).

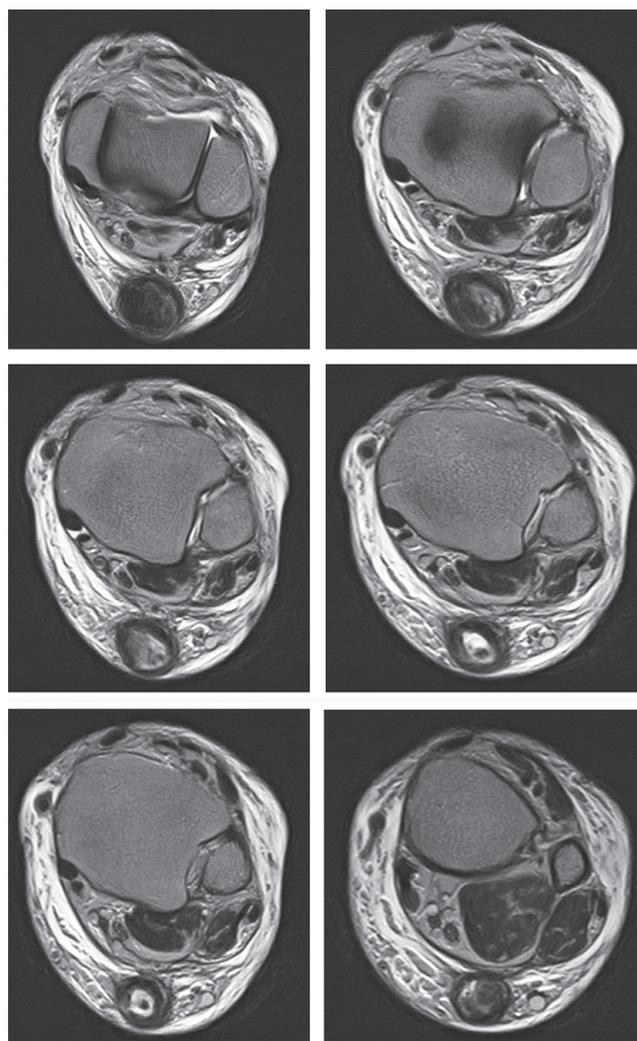
По нашему мнению, совокупность положительного теста Matles (асимметрия свисания стоп при положении на животе с согнутыми ногами в коленных суставах при классическом варианте теста или при стоянии на коленях) и снижения силы плантарной флексии с указанием на травму в анамнезе является достаточным для диагноза полного разрыва ахиллова сухожилия.

На сагиттальных срезах МРТ спонтанно сросшееся псевдосухожильным рубцом сухожилие выглядит утолщенным (рис. 4).

На корональных срезах может быть видна кольцевидная структура нового рубцового сухожилия. Очевидно, что это кольцо значительно, до 3–4 мм, утолщенный паратенон, который гипертрофируется в ответ на отсутствующее сухожилие как инструмент для переноса силы сокращения от мышц к пяточной кости. Внутри этого кольца формируется рубец на всем протяжении диастаза (рис. 5).



**Рис. 3.** Нормальная плантарная флексия (а), патологическое стартовое сгибание пальцев (b)  
**Fig. 3.** Normal plantar flexion (a), pathological starting flexion of toes (b)



**Рис. 5.** Кольцевидное псевдос сухожилие диаметром 16–20 мм (компенсаторно гипертрофированный паратенон). Корональные срезы МРТ 3 Тл  
**Fig. 5.** Ring-shaped pseudo-tendon of 16–20 mm in diameter (compensatory paratenon hypertrophy). MRT 3T coronary scans



**Рис. 4.** Утолщенное сухожилие, сросшееся рубцом с удлинением. Сагиттальный срез МРТ 3 Тл  
**Fig. 4.** Thickened tendon healed by a scar with elongation. MRT 3T sagittal scan

В отличие от Т. Yasuda и соавторов [52, 53], которые использовали достаточно обширный доступ длиной 15–20 см, мы применяли минидоступ.

Для восстановления нормальной силы требуется укорачивающая тенопластика сросшегося с элонгацией сухожилия. Тенопластика может быть Z-образной (2 пациента), косой (1 пациент), поперечной (19 пациентов) или гофрирующей (3 пациента) (рис. 6).

Z-образную и косую тенотомию мы применяли в начале нашей работы, но технические сложности по адаптации и экстенсивность доступа заставили перейти к поперечной теномотомии с сегментарным удалением рубца. Преимущество поперечной теномотомии обусловлено тем, что она может быть выполнена через небольшой разрез длиной 5–7 см,

но площадь соприкасающихся поверхностей сухожилия при этой тенотомии наименьшая. Косая тенотомия также может быть выполнена через минидоступ, но при этом происходит смещение по ширине и сухожилие становится толще, что может привести к компартмент-синдрому. Z-образная тенотомия дает наибольшую площадь соприкасающихся поверхностей, но требует протяженного доступа.

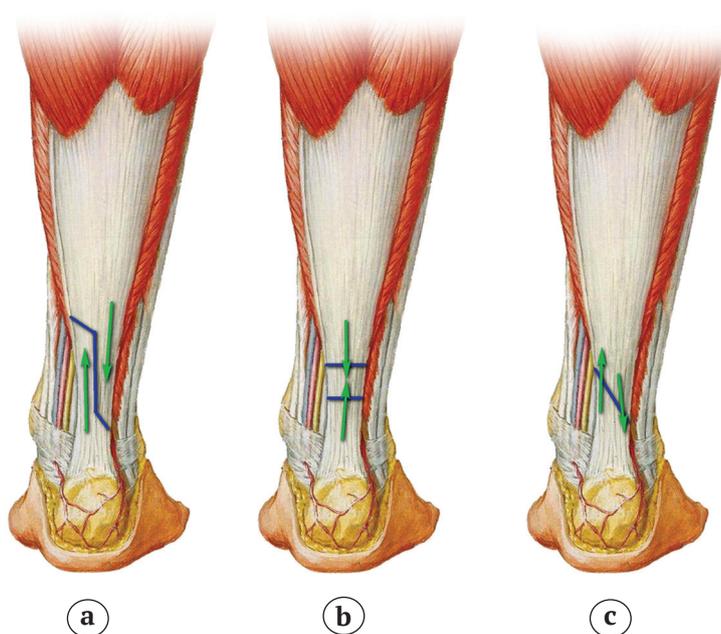
Уровень тенотомии планировался по предоперационным магнитно-резонансным томограммам. Степень укорочения определяли интраоперационно тестом Matles, поэтому при этих операциях необходимо обрабатывать и неоперируемую контралатеральную конечность.

Выполняется медиальный парасухожильный минидоступ в проекции рубца длиной 5–7 см. После выделяется *fascia cruris*, спаивная с гипертрофированным паратеноном. После вскрытия гипертрофированного паратенона обнаруживается утолщенный моноблок из гипертрофированного паратенона и сросшегося с удлинением сухожилия (рис. 7 а). Листки паратенона спаиваны с рубцом очень прочно, возможно их отделить от рубца, но мы считаем это излишним и предпочитаем выполнять пластику именно моноблока.

Далее, после релиза моноблока от спаек, которое мы выполняем пальцем, накладываются два отдельных шва по Krackow таким образом, чтобы между ними было расстояние, соответствующее планируемой резекции сегмента (рис. 7 б). После осуществляем натяжение, моделируя ситуацию после резекции, оценивая ее объем и сравнивая эквинус с контралатеральной конечностью (рис. 7 с). Затем приступаем собственно к резекции. На поперечном срезе становится видна кольцевид-

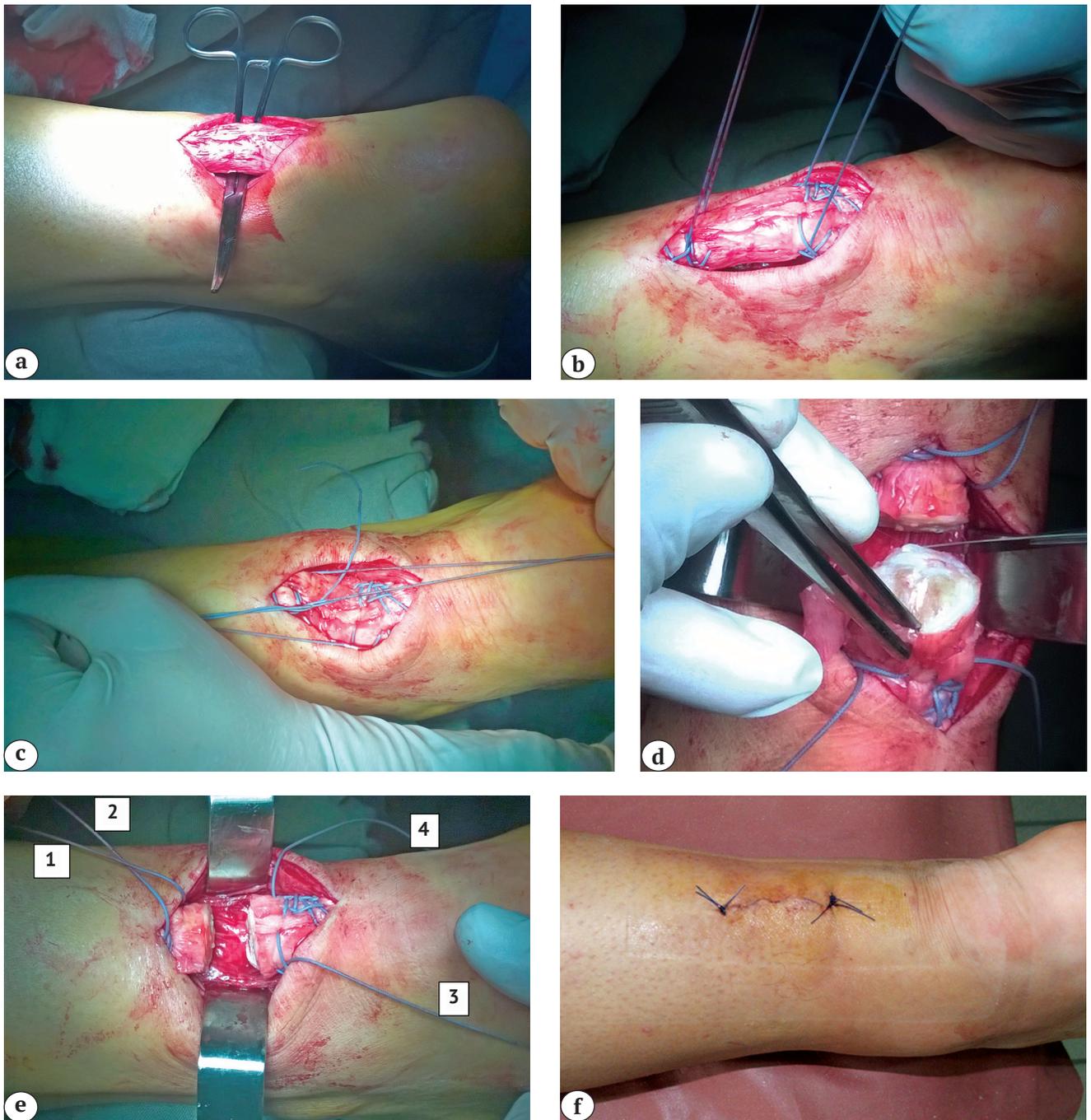
ная структура моноблока, состоящая из гипертрофированного паратенона с заключенным в центре рубцом (рис. 7 d). Резекцию выполняем постепенно, начиная от 2 см (рис. 7 е). Затем, проверяя эквинус после устранения диастаза, выполняем дополнительную резекцию. В среднем рубец иссекался на протяжении 3–4 см. После устранения диастаза с адекватным натяжением приступаем к завязыванию узлов. Предыдущие наши исследования показали, что прочность шва значительно возрастает, если завязывать узел вне плоскости «разрыва» (в данном случае — резекции) [53]. Для этого ассистент тянет вниз две нити проксимальной культы и одну нить дистальной культы. Хирург четвертой нитью из дистальной культы прошивает проксимальную культю на 1–2 яруса, ассистент перехватывает четвертую нить, и хирург прошивает третьей нитью проксимальную культю на 1–2 яруса, где связывает узел с четвертой нитью. Аналогично первой и второй нитью прошивается дистальная культя и завязывается узел. Далее выполняем послойный шов раны, стараясь максимально изолировать область реконструкции от кожной раны (рис. 7 f). Полностью закрывая весь шовный материал сухожилия, накладывается иммобилизация (гипсовая лонгета с переходом на ортез в положении эквинуса 30° на следующий день). В качестве ортеза мы предпочитали использовать модели Orlett HAS-301 или Medi ROM Walker / Walker boot.

Гистологические результаты оказались аналогичными результатам Т. Yasuda с соавторами [50]. В одном случае имела место неориентированная густая сеть коллагеновых волокон и кровеносных сосудов без признаков дегенерации, в двух других — продольная ориентация с рядами фибробластов.



**Рис. 6.** Схематические изображения Z-образной (а), поперечной (b) и косой (с) тенотомий

**Fig. 6.** Drawings of Z-type (a), transverse (b) and oblique (c) tenotomy types



**Рис. 7.** Этапы тенотомии:

- a – моноблок из гипертрофированного паратенона и сросшегося рубцом сухожилия;
- b – наложены швы по Кракков с оставлением свободным планируемого к резекции сегмента;
- c – моделирование натяжения после резекции;
- d – кольцевидная структура моноблока на поперечном срезе;
- e – выполнена первая резекция на 2 см, далее выполняется дополнительная резекция до необходимого, цифрами обозначена нумерация нитей;
- f – внешний вид послеоперационной раны на третьи сутки после операции

**Fig. 7.** Tenotomy stages:

- a – monoblock of hypertrophic paratenon and scar tendon;
- b – Krackow sutures with remaining free segment planned for resection;
- c – simulation of tensioning after resection;
- d – ring-shape monoblock structure on transverse section;
- e – first resection of 2 cm, followed by additional resection as needed, figures identify the sutures;
- f – postoperative wound on day 3 after the surgery

После операции разрешали нагрузку по принципу толерантности к боли на следующий день. Обычно полная осевая нагрузка достигалась пациентами через 10–14 суток после операции. Важно снимать ортез минимум раз в сутки для гигиены. Через две недели после операции разрешали снимать ортез в покое, начиная активные качательные движения стопой. Через 3,5–4 нед. эквинус в ортезе уменьшали на 10° еженедельно, получая 0° к 6–7-й нед. На самом деле к этому моменту угол уже был намного меньше (на 10–15°) за счет эксплуатационной деформации ортеза.

У трех пациентов мы выполнили гофрирующую укорачивающую тенопластику. Это были две женщины с давностью разрыва 50 и 55 суток и один мужчина с давностью разрыва 61 суток. Во всех этих случаях рубец был более тонким, более мягким, пластичным, очевидно еще не успев сформироваться в полноценный крепкий моноблок, который мы видели у пациентов с давностью 3–5 мес. Субъективно у нас сложилось мнение о том, что рубец на месте разрыва ахиллова сухожилия у мужчин формируется активнее и быстрее, чем у женщин.

Технически гофрирующая тенопластика проста и похожа на то, как поднимаются горизонтальные жалюзи. Доступ продлевается до 7–10 см, сухожилие прошивается прочной нитью по Cuneo – Bunnell с длинными стежками, после нити натягиваются, сухожилие гофрируется. Степень укорочения оценивается по эквинусу контрлатеральной стопы. Узлы завязываются по достижении нужного результата. У одной пациентки с низким разрывом мы использовали якорные фиксаторы, нитями которых выполнили гофрирование. Послеоперационный протокол такой же, как и после поперечной тенотомии.

### Результаты и обсуждение

В послеоперационном периоде не было случаев тромбозов глубоких вен голени, тромбозов легочной артерии, глубоких инфекций области хирургического вмешательства и других значимых осложнений.

Реруптур у пациентов мы не встретили ни в процессе лечения (во время иммобилизации и последующей реабилитационной программы), ни на отдаленных этапах.

Оценку результатов по шкале J. Leppilahti и соавторов мы проводили через 304,7±8,9 суток. На контрольный осмотр не явилось 2 пациента, субъективные результаты и информация об осложнениях и реруптурах у этих пациентов была получена заочно.

Результаты по шкале Leppilahti оказались значимо лучше по сравнению с предоперационными — 82,4±5,6 баллов и 62,2±7,7 баллами соот-

ветственно ( $p < 0,0001$ ). У двух выбывших пациентов заочный субъективный результат превышал 55 баллов. Значимые различия были получены по всем объективным рубрикам и по субъективным показателям силы.

Случаи спонтанного сращения ахиллова сухожилия на самом деле существуют, и отсутствие пальпируемого дефекта не должно служить поводом к отказу в лечении. Асимметрия тестов, особенно теста Matles, вкупе с жалобой пациента на снижение силы должна рассматриваться как повод для хирургического лечения.

При спонтанном сращении с элонгацией показана укорачивающая тенопластика — технически простая и эффективная операция. При любом варианте тенопластики перед операцией необходимо обрабатывать обе конечности так, чтобы можно было подобрать длину сухожилия интраоперационно по тесту Matles.

Мы считаем, что решение о типе укорачивающей тенопластики (с тенотомией или путем гофрирования) должно приниматься интраоперационно. На относительно ранних сроках, когда рубец еще пластичный, тенопластика может быть выполнена по типу гофрирования. На более поздних сроках требуется резекционная укорачивающая тенопластика, которую мы рекомендуем выполнять через минидоступ, а само сухожилие резецировать поперечно, удаляя сегмент рубцового моноблока.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

- Suchak A.A., Bostick G., Reid D., Blitz S., Jomha N. The incidence of Achilles tendon ruptures in Edmonton, Canada. *Foot Ankle Int.* 2005;26(11):932-936. DOI: 10.1177/107110070502601106.
- Leppilahti J., Puranen J., Orava S. Incidence of Achilles tendon rupture. *Acta Orthop Scand.* 1996;67(3):277-279.
- Leppilahti J. Achilles tendon rupture, with special reference to epidemiology and results of surgery. Thesis, University of Oulu. Oulu, Finland, 1996.
- Carden D.G., Noble J., Chalmers J., Lunn P., Ellis J. Rupture of the calcaneal tendon. The early and late management. *J Bone Joint Surg Br.* 1987;69(3):416-420.
- Maffulli N., Waterston S.W., Squair J., Reaper J., Douglas A.S. Changing incidence of Achilles tendon rupture in Scotland: a 15-year study. *Clin J Sport Med.* 1999;9(3):157-160.
- Середа А.П. Хирургическое лечение разрывов ахиллова сухожилия [дис. ... д-ра мед. наук]. М.; 2015. 324 с. Sereda A.P. Surgical treatment of ruptures of the Achilles tendon [dissertation]. Moscow; 2015. 324 p. (in Russian).
- Hatrup S.J., Johnson K.A. A review of ruptures of the Achilles tendon. *Foot Ankle.* 1985;6:34-38.
- Stein S.R., Luekens C.A.Jr. Closed treatment of Achilles tendon ruptures. *Orthop Clin North Am.* 1976;7(1):241-246.

9. Stein S.R., Luekens C.A. Methods and rationale for closed treatment of Achilles tendon ruptures. *Am J Sports Med.* 1976;4(4):162-169. DOI: 10.1177/036354657600400407.
10. Maffulli N., Via A.G., Oliva F. Chronic achilles tendon rupture. *Open Orthop J.* 2017;11:660-669. DOI: 10.2174/1874325001711010660.
11. Maffulli N. The clinical diagnosis of subcutaneous tear of the Achilles tendon. A prospective study in 174 patients. *Am J Sports Med.* 1998;26(2):266-270.
12. Steginsky B.D., Van Dyke B., Berlet G.C. The missed achilles tear: now what? *Foot Ankle Clin.* 2017;22(4): 715-734. DOI: 10.1016/j.fcl.2017.07.004.
13. Inglis A.E., Scott W.M., Sculco T.P., Patterson A.K. Ruptures of the tendon achilles. An objective assesment of surgical and non-surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58(7):990-993.
14. Миронова З.С., Черкасова Т.И., Архипов С.В. Отдаленные результаты оперативного лечения подкожного разрыва ахиллова сухожилия. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 1984;132(3):117-118.
15. Mironova Z.S., Cherkasova T.I., Arkhipov S.V. [Long-term results of surgical treatment of the subcutaneous rupture of the Achilles tendon]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova* [Grekov Journal of Surgery]. 1984;132(3):117-118. (in Russian).
16. Maffulli N., Ajis A. Current concepts review: management of chronic ruptures of the Achilles tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(6):1348-1360. DOI: 10.2106/JBJS.G.01241.
17. Lea R.B., Smith L. Rupture of achillis tendon: nonsurgical treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 1968;60:115-118.
18. Lea R.B., Smith L. Non-surgical treatment of tendo Achillis rupture. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54(7): 1398-1407.
19. Gillies H., Chalmers J. The management of fresh ruptures of the tendo Achillis. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(2):337-343.
20. Lindholdt T., Munch-Jorgensen T. Conservative treatment of achilles tendon rupture. A follow-up study of 14 cases. *Acta Orthop Scand.* 1976;47(4):454-458.
21. Nistor L. Surgical and non-surgical treatment of Achilles tendon rupture: a prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(3):394-399.
22. Jacobs D., Martens M., Van Andekercke R., Mulier J.C., Mulier F. Comparison of conservative and operative treatment of Achilles tendon rupture. *Am J Sports Med.* 1978;6(3):107-111. DOI: 10.1177/036354657800600302.
23. Garden D.G., Noble J., Chalmers J., Lunn P., Ellis J. Rupture of the calcaneal tendon (the early and late management). *J Bone Joint Surg Br.* 1987;69(3):416-420.
24. Häggmark T., Liedberg H., Eriksson E., Wredmark T. Calf muscle atrophy and muscle function after non-operative vs operative treatment of Achilles tendon ruptures. *Orthopedics.* 1986;9(2):160-164.
25. Häggmark T., Eriksson E., Jansson E. Muscle fiber type changes in human skeletal muscle after injuries and immobilization. *Orthopedics.* 1986 Feb;9(2):181-185.
26. Inglis A.E., Sculco T.P. Surgical repair of ruptures of the tendo achillis. *Clin Orthop Relat Res.* 1981;(156):160-169.
27. Fruensgaard S., Helmig P., Riis J., Stovring J.O. Conservative treatment for acute rupture of the Achilles tendon. *Int Orthop.* 1992;16(1):33-35.
28. Kovalchouk J.F., Rodineau J., Watin Augouard L. [Ruptures of the Achilles tendon. Comparison of the results of surgical and nonsurgical treatment]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1984;70(6):473-478. (in French).
29. Scott W.N., Inglis A.E., Sculco T.P. Surgical treatment of reruptures of the tendo Achilles following non surgical treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;(140):175-177.
30. Williams P.E. Effect of intermitten stretch on immobilized muscle. *Ann Rheum Dis.* 1988;47(12):1014-1016.
31. Ли А.Д., Лысковец-Чернецкая Л.Е. О диагностике и лечении повреждений ахиллова сухожилия. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 1961;87(9):88-92.
32. Li A.D., Lyskovets-Chernetskaya L.E. [On the diagnosis and treatment of damage to the Achilles tendon]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova* [Grekov Journal of Surgery]. 1961;87(9):88-92. (in Russian).
33. Ткаченко С.С., Лысковец-Чернецкая Л.Е. Лечение поврежденных ахиллова сухожилия. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 1974;(11):43-48.
34. Tkachenko S.S., Lyskovets-Chernetskaya L.E. [Treatment of damage to the Achilles tendon]. *Khirurgiya. Zhurnal imeni N.I. Pirogova* [Pirogov Journal of Surgery]. 1974;(11):43-48. (in Russian).
35. Mattila V.M., Huttunen T.T., Haapasalo H., Sillanpää P., Malmivaara A., Pihlajamäki H. Declining incidence of surgery for Achilles tendon rupture follows publication of major RCTs: evidence-influenced change evident using the Finnish registry study. *Br J Sports Med.* 2015;49(16):1084-1086. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092756.
36. Maffulli N., Almekinders L.C. The Achilles Tendon (Kindle Edition). London: Springer-Verlag; 2007. 284 p.
37. Трачук А.П. Лечение больных с закрытыми повреждениями ахиллова сухожилия чрескожным удаляемым швом [дис. ... канд. мед. наук]. СПб.; 1995. 217 с.
38. Trachuk A.P. [Treatment of patients with closed injuries of the Achilles tendon with percutaneous removable suture] [dissertation]. St. Petersburg; 1995. 217 p. (in Russian).
39. Грицюк А.А., Середа А.П. Ахиллово сухожилие. М.: РАЕН, 2010. 313 с.
40. Gritsyuk AA, Sereda A.P. Akhillovo sukhozhiлие [Achilles tendon]. Moscow: RANS, 2010. 313 p. (in Russian).
41. Кoryшкова Н.А., Платонов С.М., Ларионов С.В., Матвеева Н.Ю., Кoryшкова Л.В. Лечение застарелых повреждений пяточного (ахиллова) сухожилия. *Травматология и ортопедия России.* 2012;(2):34-40. DOI: 10.21823/2311-2905-2012--2-34-40.
42. Koryshkov N.A., Platonov S.M., Larionov S.V., Matveeva N.Y., Koryshkova L.V. [Treatment of old Achilles tendon ruptures.] *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(2): 34-40. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2012--2-34-40.
43. Родоманова Л.А., Кочийш А.Ю., Романов Д.В., Валетова С.В. Способ хирургического лечения пациентов с повторными разрывами ахиллова сухожилия. *Травматология и ортопедия России.* 2010;(3):126-130. DOI: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-126-130.
44. Rodomanova L.A., Kochish AYu., Romanov D.V., Valetova S.V. [Method of surgical treatment of patients with recurrent Achilles tendon ruptures]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia] 2010;(3):126-130. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-126-130.
45. Чугаев Д.В., Коновальчук Н.С., Сорокин Е.П., Коган П.Г., Гудз А.И., Ласунский С.А., Стафеев Д.В. Наш подход к оперативному лечению застарелых повреждений ахиллова сухожилия. Существует ли простое решение? *Травматология и ортопедия России.* 2018; (1):36-45. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-44-52.

- Chugaev D.V., Konovalchuk N.S., Sorokin E.P., Kogan P.G., Gudz A.I., Lasunsky S.A., Stafeev D.V. [Our approach to treatment of neglected Achilles tendon ruptures. Is there a simple solution?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(1):44-52. (in Russian). DOI:10.21823/2311-2905-2018-24-1-44-52.
39. Buda R., Castagnini F., Pagliuzzi G., Giannini S. Treatment algorithm for chronic achilles tendon lesions: review of the literature and proposal of a new classification. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2017;107(2):144-149. DOI: 10.7547/15-099.
40. Ефименко Н.А., Грицюк А.А., Серед А.П. Диагностика разрывов ахиллова сухожилия. *Клиническая медицина.* 2011;(3):64-70. Efimenko N.A., Gritsyuk A.A., Sereda A.P. [Diagnostics of Achilles tendon ruptures]. *Klinicheskaya meditsina* [Clinical Medicine]. 2011;(3):64-70. (in Russian).
41. Серед 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]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii* [Medicine of Extreme Situations]. 2015;(4):90-97. (in Russian).
42. Leslie H.D., Edwards W.H. Neglected ruptures of the Achilles tendon. *Foot Ankle Clin.* 2005;10(2):357-370.
43. Myerson M.S. Achilles tendon ruptures. *Instr Course Lect.* 1999;48:219-230.
44. Platt H. Observation of some tendon repairs. *Br Med J.* 1931;(1):611-615.
45. Arner O., Lindholm Å., Orell S.R. Histologic changes in subcutaneous rupture of the Achilles tendon; a study of 74 cases. *Acta Chir Scand.* 1959;116 (5-6):484-490.
46. Kissel C.G., Blackledge D.K., Crowley D.L. Repair of neglected Achilles tendon ruptures — procedure and functional results. *J Foot Ankle Surg.* 1994;33 (1):46-52.
47. Rush J.H. Operative repair of neglected rupture of the tendo Achillis. *Aust N Z J Surg.* 1980;50(4):420-422.
48. Bosworth D.M. Repair of defects in the tendo Achillis. *J Bone Joint Surg Am.* 1956;38(1):111-114.
49. Yasuda T., Kinoshita M., Okuda R. Reconstruction of chronic achilles tendon rupture with the use of interposed tissue between the stumps. *Am J Sports Med.* 2007;35(4):582-588. DOI: 10.1177/0363546506295939.
50. Yasuda T., Shima H., Mori K., Kizawa M., Neo M. Direct repair of chronic achilles tendon ruptures using scar tissue located between the tendon stumps. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(14):1168-1175. DOI: 10.2106/JBJS.15.00865.
51. Chida S., Suzuki H., Kobayashi M., Sakuraba T., Kura H., Miyakoshi N., Shimada Y. Reconstruction of a chronically ruptured Achilles tendon using an internal brace: a case report. *J Med Case Rep.* 2018;12(1):54. DOI: 10.1186/s13256-018-1610-6.
52. Leppilahti J., Forsman K., Puranen J., Orava S. Outcome and prognostic factors of Achilles rupture repair using a new scoring method. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;(346):152-161.
53. Ефименко Н.А., Грицюк А.А., Гаврюшенко Н.С., Серед А.П., Кулешов Д.Н. Оптимальный шов ахиллова сухожилия (клинико-экспериментальное исследование). *Московский хирургический журнал.* 2011;(3):44-50. Efimenko N.A., Gritsyuk A.A., Gavryushenko N.S., Sereda A.P., Kuleshov D.N. [Optimum seam of an Achilles tendon (Clinical-experimental research)]. *Moskovskii hirurgicheskii zhurnal* [Moscow Surgical Journal]. 2011;(3):44-50. (in Russian).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Серед А.П. — д-р мед. наук, заместитель руководителя Федерального медико-биологического агентства России, Москва

## INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Andrey P. Sereda — Dr. Sci. (Med), deputy head of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russian Federation

# Валидация и культурная адаптация шкал оценки исходов заболеваний, повреждений и результатов лечения коленного сустава WOMAC, KSS и FJS-12

А.А. Иржанский, Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России  
Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия

## Реферат

**Цель исследования** — валидация и культурная адаптация англоязычных шкал оценки функции коленного сустава WOMAC, KSS и FJS-12 для использования в научных, лечебных и образовательных учреждениях Российской Федерации.

**Материал и методы.** Англоязычные версии шкал WOMAC® 3.1 Index, The Knee Society Clinical Rating System® (KSS), FJS-12® были переведены на русский язык врачом травматологом-ортопедом со знанием английского языка на уровне Advanced (продвинутый уровень) и профессиональным переводчиком, специализирующимся на переводе медицинских текстов. Обратный перевод осуществлен третьим независимым переводчиком, рожденным в англоговорящей стране (native speaker). Печатный вариант разных переводов опросников заполнялся пациентами с промежутком в два дня.

В исследовании приняли участие 150 пациентов с гонартрозом III стадии: 90 женщин и 60 мужчин в возрасте от 48 до 75 лет (средний возраст — 62,5 года). Пациенты были госпитализированы с февраля по апрель 2017 г. для тотального эндопротезирования коленного сустава.

**Результаты.** Выявлена хорошая и очень хорошая ретестовая надежность переводов шкал WOMAC ( $\alpha = 0,87$  и  $\alpha = 0,9$ ), KSS ( $\alpha = 0,89$  и  $\alpha = 0,86$ ), FJS-12 ( $\alpha = 0,94$  и  $\alpha = 0,96$ ). Выявлена строгая корреляционная зависимость между результатами опросников, выполненных разными переводчиками: WOMAC (ICC = 0,89), KSS (ICC = 0,86), FJS-12 (ICC = 0,92). Также определена корреляционная зависимость между подразделами разных переводов опросников WOMAC (боль — ICC = 0,87, тугоподвижность — ICC = 0,98, ежедневные функции — ICC = 0,89) и KSS (коленные баллы — ICC = 0,94, функциональные баллы — ICC = 0,88), что говорит о хорошей конструктивной валидности.

**Заключение.** Результаты исследования критериальной и конструктивной валидности, а также ретестовой надежности русскоязычной версии шкал WOMAC, KSS и FJS-12 свидетельствуют о том, что они являются надежным, достоверным и чувствительным инструментом оценки функционального состояния коленного сустава, который может широко применяться отечественными исследователями в практической и научной деятельности.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование коленного сустава, оценка результатов лечения, WOMAC, KSS, FJS-12.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79

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.

**Cite as:** 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.

✉ Иржанский Арсений Александрович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия / *Arseni A. Irzhanski*. 8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: arseni.a.irzhanski@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 20.04.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 29.05.2018.

# Validation and Cross-Cultural Adaptation of Rating Systems WOMAC, KSS and FJS-12 in Patients with Knee Disorders and Injuries

A.A. Irzhanski, T.A. Kulyaba, N.N. Kornilov

Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation

## Abstract

*The purpose* of the work — is validation and cultural adaptation of the English-language rating systems for knee function assessment for use in scientific, medical and educational institutions of the Russian Federation.

*Materials and Methods.* The English versions of rating systems WOMAC® 3.1 Index, The Knee Society Clinical Rating System®, FJS-12® were translated to Russian language by orthopedic surgeon with advanced level of English and the professional translator specializing in the translation of medical texts. Reverse translation was provided by third independent translator born in the English-speaking country (native speaker). A printed version of the various translations of the questionnaires was filled by patients with an interval of two days. The study group included 150 patients with Stage III knee osteoarthritis (90 women and 60 men aged 48 to 75 years, an average of 62.5 years) hospitalized in Vreden Research Institute of Traumatology and Orthopedics from February to April 2017 for total knee arthroplasty.

*Results.* Good and very good retest reliability of WOMAC ( $\alpha = 0.87$  and  $\alpha = 0.9$ ), KSS ( $\alpha = 0.89$  and  $\alpha = 0.86$ ) and FJS-12 ( $\alpha = 0.94$  and  $\alpha = 0.96$ ) was revealed. The study revealed a strong correlation between the results of the questionnaires performed by different translators: WOMAC (ICC = 0.89), KSS (ICC = 0.86), FJS-12 (ICC = 0.92). The correlation dependence between subsections of WOMAC (stiffness – ICC = 0.98, pain – ICC = 0.87, daily functions – ICC = 0.89) and KSS (knee score – ICC = 0.94, function score – ICC = 0.88), which indicates a good constructive validity.

*Conclusion.* The results of the study of criterial and constructive validity, as well as the retest reliability of the Russian versions of the WOMAC, KSS and FJS-12 scales, indicate that they are a reliable and sensitive tool for assessing the function of knee joint, which can be widely used by Russian researchers in practical and scientific activities.

**Keywords:** total knee arthroplasty, validation, knee rating systems.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Артропластика коленного сустава в настоящее время повсеместно стала методом выбора хирургического лечения пациентов с терминальным гонартрозом, доказав свою эффективность в течение четырех десятилетий [1, 2]. Тенденция к дальнейшему росту числа подобных вмешательств наблюдается как за рубежом, так и в Российской Федерации [3]. Так, в нашей стране за 2014 г. выполнено около 35 000 операций первичной артропластики коленного сустава, из них 2813 в клинике РНИИТО им. Р.Р. Вредена [4, 5].

Использование интегральных балльных систем оценки результатов лечения в ортопедии постепенно становится стандартом, и все чаще их анализ влияет на клинические решения и экономическую составляющую, что ведет к улучшению качества жизни оперируемых больных [6]. Существуют различные инструменты оценки функции коленного сустава у больных после данной операции, из которых наиболее популярными среди исследователей являются Knee Society Score (KSS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Oxford Knee Score (OKS), The Knee

Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) и FJS-12 (Forgotten Joint Score-12). Шкалы WOMAC и KSS уже давно зарекомендовали себя как надежные инструменты оценки функции коленного сустава, имея внушительную международную научную базу применения. Недостатком KSS является необходимость заполнения врачом, что зачастую приводит к предвзятой трактовке функционального состояния [2]. С другой стороны, балльные шкалы, предназначенные для заполнения пациентами (в частности, WOMAC), имеют ограниченную способность различать больных с хорошими и отличными результатами, а также не способны выявлять тонкие различия в удовлетворенности пациентов [7, 8]. Одно из ключевых ожиданий современного пациента — способность забыть об искусственном суставе в повседневной жизни [7]. Оценить степень возвращения к привычному уровню двигательной активности, на наш взгляд, наиболее точно позволяет шкала FJS-12, пригодная для самоанкетирования пациентами [9, 10]. В настоящее время до 30% пациентов считают, что их ожидания от эндопротезирования коленного сустава не были полностью достигнуты [8, 11]. Поэтому существует

необходимость оценки как объективной функции сустава до и после операции, так и возможности пациента забыть об искусственном суставе при повседневной активности после проведения хирургического лечения. Валидация и культурная адаптация опросников является важной составляющей процесса стандартизации научных знаний. Использование корректно валидированных иностранных шкал в научной деятельности позволяет в точности сравнивать, а так же публиковать результаты отечественных исследований в зарубежных изданиях, чего не позволяет простой перевод.

**Цель исследования** — валидация и культурная адаптация англоязычных шкал оценки функции коленного сустава WOMAC, KSS и FJS-12 для использования в научных, лечебных и образовательных учреждениях Российской Федерации.

### Материал и методы

Процесс валидации и культурной адаптации опросников проводился в строгом соответствии с международными критериями, разработанными F. Guillemin с соавторами (1993) [12]. Для валидации и культурной адаптации были выбраны следующие популярные опросники.

**WOMAC**, разработанная в 1982 г. N. Bellamy (Centre of National Research on Disability and Rehabilitation medicine, University of Queensland) для оценки боли, подвижности и функции коленного и тазобедренного сустава при остеоартрозе [13]. WOMAC переведена и адаптирована к региональным условиям в 65 языковых группах, включая арабский [14], китайский [15], голландский [16], финский [17], французский (как во Франции, так и в Канаде) [18, 19], немецкий [20], иврит [21], итальянский [22], корейский [23], испанский [24], шведский [25], тайский [26], турецкий [27] языки.

**KSS**, популяризированная J. Insall (Hospital for Special Surgery, New York, NY) в 1989 г. как для клинической оценки сустава, так и для оценки возможностей пациентов в быту [28]. Опросник был адаптирован в наиболее многочисленных языковых группах, включая корейскую [29], китайскую [30], японскую [31], голландскую [32, 33].

**FJS-12**, предложенная Henrik Behrend в 2012 г. для оценки результатов эндопротезирования коленного сустава и ожиданий пациентов от этой операции [7]. Эта балльная система подверглась переводу и культурной адаптации в Великобритании [34], Китае [35], Нидерландах [36], Германии [37], Японии [38] и Франции [39].

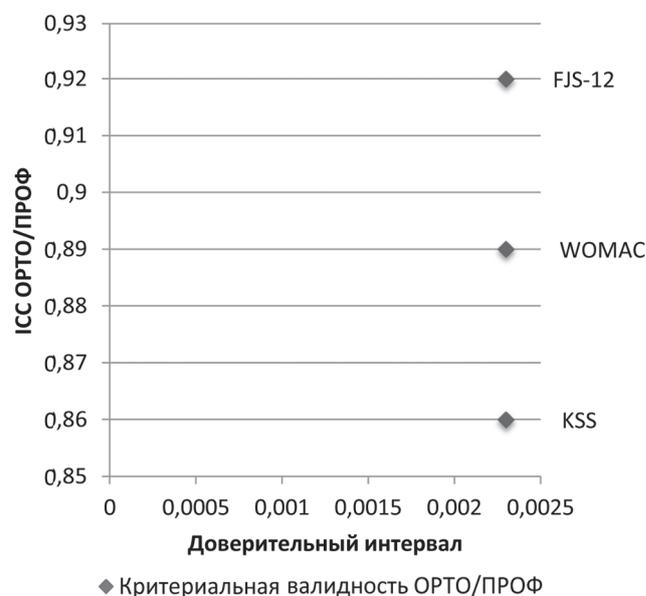
Английские версии шкал WOMAC® 3.1 Index, The Knee Society Clinical Rating System®, FJS-12® были переведены на русский язык врачом травматологом-ортопедом (Орто) со знанием английского языка на уровне Advanced (продвинутый уро-

вень) и профессиональным переводчиком (ПРОФ), специализирующимся на переводе медицинских, инженерных, экономических и публицистических текстов. Обратный перевод осуществлен третьим независимым переводчиком, рожденным в англоговорящей стране (native speaker), для подтверждения смысловой идентичности переводов. Печатный вариант разных переводов опросников заполнялся пациентами с промежутком в два дня. В исследуемую группу включено 150 больных гонартрозом III стадии: 90 женщин и 60 мужчин в возрасте от 48 до 75 лет (средний возраст — 62,5 года), госпитализированных в РНИИТО им. Р.Р. Вредена с февраля по апрель 2017 г. для тотального эндопротезирования коленного сустава.

Вычисление ретестовой надежности проводилось методом альфа Кронбаха ( $\alpha$ ). Согласованность и достоверность результатов различных вариантов перевода опросников, а также их подразделов, определялась с помощью внутрикласового коэффициента корреляции (ICC). Для определения уровня доверия к шкалам использовался доверительный интервал ( $p$ ).

### Результаты

Выявлена строгая корреляционная зависимость между результатами опросников, выполненных разными переводчиками: WOMAC (ICC = 0,89), KSS (ICC = 0,86), FJS-12 (ICC = 0,92) при уровне доверия ( $p = 0,0023$ ), что говорит о хорошей критериальной валидности (рис. 1).



**Рис. 1.** Критериальная валидность балльных систем WOMAC, KSS и FJS-12

**Fig. 1.** Criterial validity of WOMAC, KSS and FJS-12 rating systems

Также определена корреляционная зависимость между подразделами разных переводов опросников WOMAC (боль — ICC = 0,87, тугоподвижность — ICC = 0,98, ежедневные функции — ICC = 0,89) и KSS (коленные баллы — ICC = 0,94, функциональные баллы — ICC = 0,88) при уровне доверия ( $p = 0,005$ ), что говорит о хорошей конструктивной валидности (рис. 2, 3). Выявлена хорошая и очень хорошая ретестовая надежность переводов шкал WOMAC ( $\alpha = 0,87$  и  $\alpha = 0,9$ ), KSS ( $\alpha = 0,89$  и  $\alpha = 0,86$ ), FJS-12 ( $\alpha = 0,94$  и  $\alpha = 0,96$ ) при уровне доверия ( $p = 0,0031$ ), что говорит о надлежащем восприятии пациентами данных шкал (рис. 4).

Оценка чувствительности не проводилась, так как была уже ранее проведена авторами валидируемых опросников [11, 12, 28].

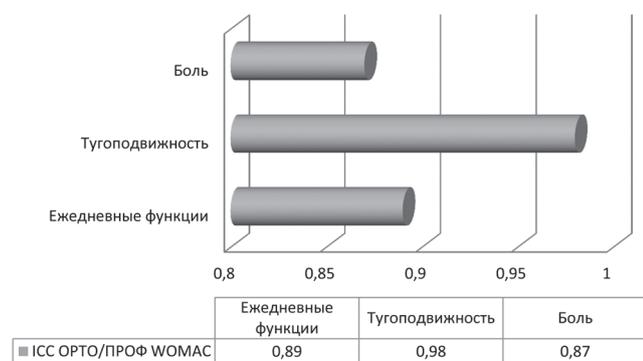


Рис. 2. Конструктивная валидность балльной системы WOMAC

Fig. 2. Constructive validity of WOMAC rating system

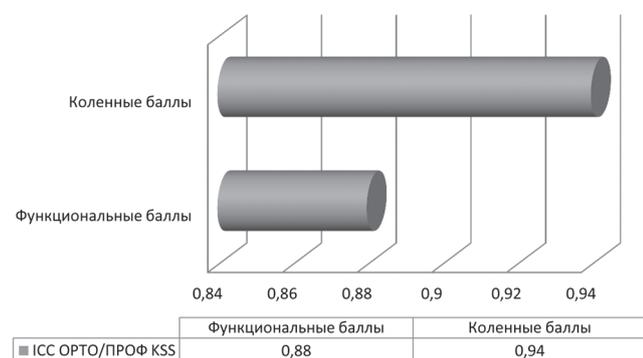


Рис. 3. Конструктивная валидность балльной системы KSS

Fig. 3. Constructive validity of KSS rating system

## Обсуждение

Валидация и межкультурная адаптация — это долгий и трудоемкий процесс, однако научное сообщество едино во мнении, что это лучший способ получить эквивалентный инструмент оценки и сравнения данных. F. Guillemin с соавторами в руководстве по валидации и адаптации шкал в здравоохранении доказывает, что простой перевод не делает инструмент эквивалентным из-за культурных и языковых различий в популяциях [12].

В России не так давно занимаются адаптацией опросников для оценки коленного сустава. Полностью прошли процесс валидации и культурной адаптации на данный момент балльные системы OKS, KOOS и Kujala [40–42]. Kujala является узкоспециализированным опросником по болевому синдрому в переднем отделе коленного сустава, однако очень информативным и надежным по проблемам данной локализации. Очевидные плюсы OKS по мнению исследователей — его краткость (всего 12 вопросов) и практически стопроцентная заполняемость. Но при наличии болевого синдрома в смежных отделах некоторые из его вопросов могут нивелироваться. KOOS была первой среди шкал валидирована и адаптирована в нашей стране [40]. Она удобна для заполнения как пациентами, так и сотрудниками медицинских учреждений, имеет интерактивную русскоязычную версию, но не лишена и отдельных недостатков, наиболее важным из которых являются большое количество вопросов и необходимость заполнения ряда пунктов под контролем врача.

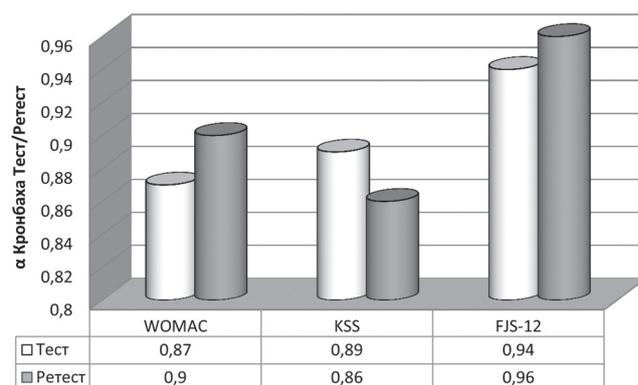


Рис. 4. Ретестовая надежность балльных систем WOMAC, KSS и FJS-12

Fig. 4. Retest reliability of WOMAC, KSS and FJS-12 rating systems

**Оценка остеоартрита университетами Западного Онтарио и МакМастера (WOMAC)  
Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)**

**БОЛЬ.** Испытывали ли вы боль в коленном суставе, занимаясь следующими видами активности в течение недели?

Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
Б1. При ходьбе					
Б2. При подъеме и спуске по лестнице					
Б3. Ночью в постели					
Б4. При опоре					
Б5. В покое					

**ТУГОПОДВИЖНОСТЬ.** Следующие вопросы относятся к общей тугоподвижности (ощущение скованности или медлительности во время движений) в вашем коленном суставе, которую вы испытали в течение последней недели.

Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
Т1. Насколько сильную тугоподвижность в коленном суставе вы испытываете после утреннего пробуждения?					
Т2. Насколько выражена общая тугоподвижность вашего колена после сидения, лежания или отдыха в течение дня?					

**ЕЖЕДНЕВНЫЕ ФУНКЦИИ.** Следующие вопросы относятся к вашему физическому состоянию, то есть возможности передвигаться и ухаживать за собой. Пожалуйста, отметьте степень неудобства, которую вы испытывали за последнюю неделю из-за вашего коленного сустава относительно каждого из действий.

Баллы	Нет (0)	Слабая (1)	Средняя (2)	Сильная (3)	Крайне сильная (4)
Ф1. Спуск по лестнице					
Ф2. Подъем по лестнице					
Ф3. Подъем из положения сидя					
Ф4. В положении стоя					
Ф5. Нагибаться к полу/поднимать предмет					
Ф6. При ходьбе по квартире					
Ф7. Посадка/выход из автомобиля					
Ф8. Посещение магазина					
Ф9. Надевание носков / колготок					
Ф10. Подъем с кровати					
Ф12. Лежание на кровати (поворот с сохранением положения колена)					
Ф13. Сесть в ванну / выйти из ванны					

Ф14. Сидение					
Ф15. Сесть на унитаз / встать с унитаза					
Ф16. Тяжелая работа по дому (перетаскивание тяжелых коробок, мытьё полов)					
Ф17. Легкая работа по дому (приготовление еды, вытирание пыли)					
Результат	Баллы				
Отличный	0–14				
Хороший	15–28				
Удовлетворительный	29–38				
Неудовлетворительный	Более 38				

**ШКАЛА «ЗАБЫТОГО СУСТАВА» (FJS-12)  
Forgotten Joint Score-12 (FJS-12)**

Ощущаете ли Вы свой искусственный сустав:	Никогда	Почти никогда	Нечасто	Часто	Почти всегда
Баллы	0	1	2	3	4
1. В постели по ночам?					
2. Когда сидите на стуле более одного часа?					
3. Когда гуляете пешком более 15 минут?					
4. Когда принимаете ванну или душ?					
5. Когда едите на автомобиле?					
6. Когда поднимаетесь по лестнице?					
7. Когда идете по неровной поверхности?					
8. Когда поднимаетесь на ноги, сидя на низком предмете?					
9. Когда долго стоите?					
10. Когда занимаетесь домашними делами или работой в саду?					
11. Когда идете на прогулку / занимаетесь пешим туризмом?					
12. Когда занимаетесь любимым видом спорта?					

**Шкала оценки Общества коленного сустава (Knee Society Score)  
KSS (Knee Society Score)**

**I. КОЛЕННЫЕ БАЛЛЫ**

<b>Боль</b>	<b>Баллы</b>	<b>Дефицит активного разгибания</b>	<b>Баллы</b>
Нет	50	0°	0
Легкая/периодическая	45	Меньше 10°	-5
Легкая (при использовании лестницы)	40	10–20°	-10
Легкая (при ходьбе и использовании лестницы)	30	Больше 20°	-15
Умеренная/периодическая	20	<b>Сгибательная контрактура</b>	<b>Баллы</b>
Умеренная/продолжающаяся	10	Меньше 5°	0
Сильная	0	5–10°	-2
<b>Амплитуда движений</b>	<b>Баллы</b>	10–15°	-5
0–5°	1	16–20°	-10
6–10°	2	Больше 20°	-15
11–15°	3	<b>Ось (варус и вальгус)</b>	<b>Баллы</b>
16–20°	4	0°	-15
21–25°	5	1°	-12
26–30°	6	2°	-9
31–35°	7	3°	-6
36–40°	8	4°	-3
41–45°	9	5–10°	0
46–50°	10	11°	-3
51–55°	11	12°	-6
56–60°	12	13°	-9
61–65°	13	14°	-12
66–70°	14	15°	-15
71–75°	15	Больше 15°	-20
		<b>Стабильность</b>	<b>Баллы</b>
81–85°	17	<i>Передне-задняя</i>	
86–90°	18	Меньше 5 мм	0
91–95°	19	5–10 мм	-5
96–100°	20	Больше 10 мм	-10
101–105°	21	<i>Срединно-боковая</i>	
106–110°	22	Меньше 5°	0
111–115°	23	6–9°	-5
116–120°	24	10–14°	-10
121–125°	25	Больше 15°	-15

## II. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БАЛЛЫ

Ходьба	Баллы	Лестница	Баллы
Без ограничений	50	Обычный подъём и спуск	50
Меньше 10 кварталов	40	Обычный подъём/спуск с перилами	35
5–10 кварталов	30	Подъём и спуск с перилами	20
Меньше 5 кварталов	20	Подъём с перилами/невозможность спуска	10
Только дома	10	Невозможность использования лестницы	0
Невозможно	0		
Дополнительная опора	Баллы	Результат	Баллы
Не использую	0	Отличный	85–100
Трость/костыль	-5	Хороший	70–84
Две трости/костыли	-10	Удовлетворительный	60–69
Передвижная опора (ходунки)	-20	Неудовлетворительный	меньше 60

По результатам культурной адаптации балльных систем WOMAC, KSS и FJS-12 как в РФ, так и за рубежом, стоит отметить, что эти шкалы являются надежными инструментами оценки коленного сустава. Однако такие опросники, как WOMAC, KSS и OKS, разрабатывались и проходили первичное тестирование в группах пациентов, которым операция артропластики коленного сустава не выполнялась, и отражают состояние сустава и качество жизни пациента только в данный период времени [34]. В отличие от этого, FJS-12 была задумана именно для оценки результатов артропластики суставов пациентами. Система, хоть и показывает худший уровень надежности в сравнении с другими шкалами, имеет огромную временную ось покрытия и способна тонко дифференцировать хорошие и отличные результаты таких опросников, как OKS, KSS, WOMAC [10, 34]. Например, S. Parratte с соавторами проводили исследование исходов частичной артропластики коленного сустава в сравнении с тотальной, результаты которого по шкале KSS не показали особых различий, тогда как FJS-12 выявил статистически значимые различия [39].

Можно констатировать, что универсальной интегральной балльной системы оценки функции коленного сустава до лечения, равно как и его исходов, пока не создано. Однако в совокупности KSS, WOMAC и FJS-12 на основе сравнения максимального количества баллов могут дать полноценную картину состояния коленного сустава как до, так и в различные периоды времени

после операции, тем самым позволяя провести всесторонний анализ релевантных клинических данных.

Таким образом, результаты исследования критериальной и конструктивной валидности, а также ретестовой надежности русскоязычных версий шкал WOMAC, KSS и FJS-12 свидетельствуют о том, что они являются надежными, достоверными, хоть и разными по чувствительности, инструментами оценки функционального состояния коленного сустава, которые могут широко применяться отечественными исследователями в практической и научной деятельности.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

1. Тихилов Р.М., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Сараев А.В., Игнатенко В.Л. Современные тенденции в ортопедии: артропластика коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2012;(2):5-15. DOI: 10.21823/2311-2905-2012-2-5-15  
Tikhilov R.M., Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Saraev A.V., Ignatenko V.L. [Modern trends in orthopedics: the knee arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(2):5-15. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2012--2-5-15.
2. Noble P.C., Conditt M.A., Cook K.F., Mathis K.B. The John Insall Award: Patient expectations affect satisfaction with total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;452:35-43. DOI: 10.1097/01.blo.0000238825.63648.1e.

3. National Joint Register. NJRANNUALREPORT 2016. Available at: <http://www.njrreports.org.uk/Portals/0/PDFdownloads/NJR%2014th%20Annual%20Report%202017.pdf>.
4. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А. Артропластика коленного сустава. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2017. С. 7.
5. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Филь А.С., Муравьева Ю.В. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2011–2013 годы. *Травматология и ортопедия России*. 2015;(1):136–151. DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fil A.S., Muravyeva Y.V. [Data of knee arthroplasty register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics for period 2011–2013]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(1):136–151. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151.
6. Gagnier J.J. Patient reported outcomes in orthopaedics. *J Orthop Res*. 2017;35(10):2098–20108. DOI: 10.1002/jor.23604.
7. Behrend H., Giesinger K., Giesinger J.M., Kuster M.S. The «forgotten joint» as the ultimate goal in joint arthroplasty: validation of a new patient-reported outcome measure. *J Arthroplasty*. 2012;27(3):430–436.e1. DOI: 10.1016/j.arth.2011.06.035.
8. Suda A.J., Seeger J.B., Bitsch R.G., Krueger M., Clarius M. Are patients' expectations of hip and knee arthroplasty fulfilled? A prospective study of 130 patients. *Orthopedics*. 2010;33(2):76–80. DOI: 10.3928/01477447-20100104-07.
9. Becker R., Döring C., Denecke A., Brosz M. Expectation, satisfaction and clinical outcome of patients after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(9):1433–1441. DOI: 10.1007/s00167-011-1621-y.
10. Thienpont E., Becker R. Anthropometric measurements of the knee: time to make it fit. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(12):2889–2890. DOI: 10.1007/s00167-014-3391-9.
11. Bullens P.H.J., van Loon C.J.M., de Waal Malefijt M.C., Laan R.F.J.M., Veth R.P.H. Patient satisfaction after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2001;16(6):740–747. DOI: 10.1054/arth.2001.23922.
12. Guillemin F., Bombardier C., Beaton D. Cross-cultural adaptation of health-related quality of life measures: literature review and proposed guidelines. *J Clin Epidemiol*. 1993;46(12):1417–1432.
13. Bellamy N., Buchanan W.W., Goldsmith C.H., Campbell J., Stitt L.W. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol*. 1988;15(12):1833–1840.
14. Guermazi M., Poiraudou S., Yahia M., Mezgani M., Fermanian J., Habib Elleuch M. et al. Translation, adaptation and validation of the Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis index (WOMAC) for an Arab population: the Sfax modified WOMAC. *Osteoarthritis Cartilage*. 2004;12(6):459–468. DOI: 10.1016/j.joca.2004.02.006.
15. Xie F., Li S.C., Goeree R., Tarride J.E., O'Reilly D., Lo N.N. et al. Validation of Chinese Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) in patients scheduled for total knee replacement. *Qual Life Res*. 2008;17(4):595–601. DOI: 10.1007/s11136-008-9340-7.
16. Roorda L.D., Jones C.A., Waltz M., Lankhorst G.J., Bouter L.M., van der Eijken J.W. et al. Satisfactory cross cultural equivalence of the Dutch WOMAC in patients with hip osteoarthritis waiting for arthroplasty. *Ann Rheum Dis*. 2004;63(1):36–42. DOI: 10.1136/ard.2002.001784.
17. Soininen J.V., Paavolainen P.O., Gronblad M.A., Kaapa E.H. Validation study of a Finnish version of the Western Ontario and McMaster University osteoarthritis index. *Hip Int*. 2008;18(2):108–111. DOI: 10.1177/112070000801800207.
18. Choquette D., Bellamy N., Raynauld J.P. A French-Canadian version of the WOMAC Osteoarthritis Index. *Arthritis Rheum*. 1994;37(Suppl 9):S226;
19. Faucher M., Poiraudou S., Lefevre-Colau M.M., Rannou F., Fermanian J., Revel M. Algo-functional assessment of knee osteoarthritis: comparison of the test-retest reliability and construct validity of the Womac and Lequesne indexes. *Osteoarthritis Cartilage*. 2002;10(8):602–610. DOI: 10.1053/joca.2002.0533.
20. Stucki G., Meier D., Stucki S., Michel B.A., Tyndall A.G., Dick W., Theiler R. [Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthritis Index]. *Z Rheumatol*. 1996;55(1):40–49. (in German).
21. Wigler I., Neumann L., Yaron M. Validation Study of a Hebrew Version of WOMAC in Patients with Osteoarthritis of the Knee. *Clin Rheumatol*. 1999;18(5):402–405. DOI: 10.1007/s100670050126.
22. Salaffi F., Leardini G., Canesi B., Mannoni A., Fioravanti A., Caporali R. et al. Reliability and validity of the Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) Osteoarthritis Index in Italian patients with osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis Cartilage*. 2003;11(8):551–560. DOI: 10.1016/s1063-4584(03)00089-x.
23. Bae S.-C., Lee H.-S., Yun H.R., Kim T.-H., Yoo D.-H., Kim S.Y. Cross-cultural adaptation and validation of Korean Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) and Lequesne Osteoarthritis Indices for Clinical Research. *Osteoarthritis Cartilage*. 2001;9(8):746–750. DOI: 10.1053/joca.2001.0471.
24. Escobar A., Quintana J.M., Bilbao A., Azkárate J., Güenaga J.I. Validation of the Spanish version of the WOMAC questionnaire for patients with hip or knee osteoarthritis. Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index. *Clin Rheumatol*. 2002;21(6):466–471. DOI: 10.1007/s100670200117.
25. Söderman P., Malchau H. Validity and reliability of Swedish WOMAC osteoarthritis index: A self-administered disease-specific questionnaire (WOMAC) versus generic instruments (SF-36 and NHP). *Acta Orthop Scand*. 2000;71(1):39–46. DOI: 10.1080/00016470052943874.
26. Kuptniratsaikul V., Rattanachaiyanont M. Validation of a modified Thai version of the Western Ontario and McMaster (WOMAC) osteoarthritis index for knee osteoarthritis. *Clin Rheumatol*. 2007;26(10):1641–1645. DOI: 10.1007/s10067-007-0560-y.
27. Basaran S., Guzel R., Seydaoglu G., Guler-Uysal F. Validity, reliability, and comparison of the WOMAC osteoarthritis index and Lequesne algofunctional index in Turkish patients with hip or knee osteoarthritis. *Clin Rheumatol*. 2010;29(7):749–756. DOI: 10.1007/s10067-010-1398-2.
28. Insall J.N., Dorr L.D., Scott R.D., Scott W.N. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(248):13–14.
29. Kim S.J., Basur M.S., Park C.K., Chong S., Kang Y.G., Kim M.J. et al. Crosscultural Adaptation and Validation of the Korean Version of the New Knee Society Knee Scoring System. *Clin Orthop Relat Res*. 2017;475(6):1629–1639. DOI: 10.1007/s11999-017-5307-8.

30. Liu D., He X., Zheng W., Zhang Y., Li D., Wang W. et al. Translation and validation of the simplified Chinese new Knee Society Scoring System. *BMC Musculoskelet Dis.* 2015;16:391. DOI: 10.1186/s12891-015-0854-1.
31. Hamamoto Y., Ito H., Furu M., Ishikawa M., Azukizawa M., Kuriyama S., et al. Cross-cultural adaptation and validation of the Japanese version of the new Knee Society Scoring System for osteoarthritic knee with total knee arthroplasty. *J Orthop Sci.* 2015 Sep;20(5):849-853. DOI: 10.1007/s00776-015-0736-2.
32. Dinjens R.N., Senden R., Heyligers I.C., Grimm B. Clinimetric quality of the new 2011 Knee Society score: high validity, low completion rate. *Knee.* 2014;21(3):647-654. DOI: 10.1016/j.knee.2014.02.004.
33. Van Der Straeten C., Witvrouw E., Willems T., Bellemans J., Victor J. Translation and validation of the Dutch new Knee Society Scoring System®. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(11):3565-3571. DOI: 10.1007/s11999-013-3149-6.
34. Hamilton D.F., Loth F.L., Giesinger J.M., Giesinger K., MacDonald D.J., Patton J.T. et al. Validation of the English language Forgotten Joint Score-12 as an outcome measure for total hip and knee arthroplasty in a British population. *Bone Joint J.* 2017;99-B(2):218-224. DOI: 10.1302/0301-620X.99B2.BJJ-2016-0606.R1.
35. Cao S., Liu N., Han W., Zi Y., Peng F., Li L. et al. Simplified Chinese version of the Forgotten Joint Score (FJS) for patients who underwent joint arthroplasty: cross-cultural adaptation and validation. *J Orthop Surg Res.* 2017;12:6. DOI: 10.1186/s13018-016-0508-5.
36. Shadid M.B., Vinken N.S., Marting L.N., Wolterbeek N. The Dutch version of the Forgotten Joint Score: test-retesting reliability and validation. *Acta Orthop Belg.* 2016;82(1):112-118.
37. Baumann F., Ernstberger T., Loibl M., Zeman F., Nerlich M., Tibesku C. Validation of the German Forgotten Joint Score (G-FJS) according to the COSMIN checklist: does a reduction in joint awareness indicate clinical improvement after arthroplasty of the knee? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136(2):257-264. DOI: 10.1007/s00402-015-2372-x.
38. Matsumoto M., Baba T., Homma Y., Kobayashi H., Ochi H., Yuasa T., Behrend H., Kaneko K. Validation study of the Forgotten Joint Score-12 as a universal patient-reported outcome measure. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2015;25(7):1141-1145. DOI: 10.1007/s00590-015-1660-z.
39. Parratte S., Ollivier M., Opsomer G., Lunebourg A., Argenson J.N., Thienpont E. Is knee function better with contemporary modular bicompartamental arthroplasty compared to total knee arthroplasty? Short-term outcomes of a prospective matched study including 68 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015;101(5):547-552. DOI: 10.1016/j.otsr.2015.03.019.
40. Бараненков А.А., Голозубов О.М., Голубев В.Г., Голубев Г.Ш., Жданов В.Г. Региональная адаптация шкалы оценки исходов повреждений заболеваний коленного сустава KOOS. *Травматология и ортопедия России.* 2007;(1):26-32. Baranenkov A.A., Golozubov O.M., Golubev V.G., Golubev G.Sh., Zhdanov V.G. [The regional adaptation of KOOS rating scale of the outcomes of knee injuries and diseases]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2007;(1):26-32.
41. Кузнецов И.А., Майков С.В., Салихов М.Р., Шулепов Д.А., Авдеев А.И. Языковая, культурная адаптация и валидация опросника Kujala среди пациентов с болями в переднем отделе коленного сустава. *Научно-практическая ревматология.* 2017;55(4):388-392. DOI:10.14412/1995-4484-2017-388-392. Kuznetsov I.A., Maikov S.V., Salikhov M.R., Shulepov D.A., Avdeev A.I. [Linguistic and cultural adaptation and validation of the Kujala questionnaire among patients with pain in the anterior part of knee joint]. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya* [Rheumatology Science and Practice]. 2017;55(4):388-392. (in Russian). DOI: 10.14412/1995-4484-2017-388-392.
42. Синецкий А.Д., Билык С.С., Близиюков В.В., Ефимов Н.Н., Коваленко А.Н., Бадмаев А.О. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии анкеты OXFORD KNEE SCORE для пациентов с гонартрозом, ожидающих выполнения первичного эндопротезирования. *Современные проблемы науки и образования.* 2017;(2). Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=26312>. Sinecky A.D., Bilyk S.S., Blizniukov V.V., Ephimov N.N., Kovalenko A.N., Badmaev A.O. Oxford knee score: cross-cultural adaptation and validation of the russian version in patients with osteoarthritis of the knee. *Modern Problems of Science and Education.* 2017;(2). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=26312>.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Иржанский Арсений Александрович* — аспирант, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Куляба Тарас Андреевич* — д-р мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 10, заведующий научным отделением патологии коленного сустава, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Корнилов Николай Николаевич* — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 17, ведущий научный сотрудник отделения патологии коленного сустава, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Arseni A. Irzhanski* — PhD student, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Taras A. Kulyaba* — Dr. Sci. (Med.), head of Trauma and Orthopedic Surgery Department N 10, head of Knee Pathology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Nikolai N. Kornilov* — Dr. Sci. (Med), professor of Chair of Traumatology and Orthopaedics, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics; associate professor of Department of Traumatology and Orthopaedics, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

# Валидация русскоязычной шкалы-опросника уровня боли в плечевом суставе для выявления пациентов с субакромиальным импиджмент-синдромом

М.В. Емельяненко<sup>1,2</sup>, Ф.Л. Лазко<sup>2</sup>, В.Е. Гажонова<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ  
Мичуринский пр., д. 6, 119285, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»  
Ул. Миклухо-Маклая, д. 6, 117198, Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ  
Ул. Маршала Тимошенко, д. 19, с. 1А, 121359, Москва, Россия

## Реферат

**Цель исследования** — разработка и валидация шкалы-опросника уровня боли (шкалы ОБП) для диагностики субакромиального импиджмент-синдрома (СИС) у пациентов с хроническим болевым синдромом в плечевом суставе.

**Материал и методы.** Оценивалась валидность шкалы ОБП на основании 252 тестов-опросников, в том числе в группе пациентов с СИС — 144, в группе контроля у пациентов с отсутствием СИС — 108. Средний возраст от 50 до 80 лет. Клинический диагноз устанавливался при помощи комплексного клиничко-лучевого исследования. Внутренняя согласованность теста оценивалась путем определения альфа Кронбаха. Значимость каждого вопроса оценивалась при расчете отношения шансов (ОШ). Определялись чувствительность, специфичность, точность и порог отсека для диагностики СИС с определением площади под ROC-кривой (AUC). Ретестовая надежность оценивалась с помощью внутриклассового коэффициента корреляции (ICC) у 60 пациентов с промежутком в 1–3 дня. Конвергентная валидность определялась со шкалами ASES и ВАШ.

**Результаты.** Информативность полной версии шкалы ОБП составила: чувствительность 97%, специфичность — 90%, площадь под ROC-кривой (AUC) 0,96 (95% ДИ 0,93–0,98),  $p < 0,0001$ . Индекс Юдена (J) равен 0,88. Порог отсека для диагностики СИС более 18. Внутриклассовый коэффициент корреляции (ICC) составил 0,98 (95% ДИ 0,98–0,99). Выявлена высокая обратная корреляция с тестом ASES  $\rho = -0,9498$  ( $r = -0,95$ ;  $p < 0,001$ ) и прямая корреляция с ВАШ  $\rho = 0,8279$  ( $r = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ). В результате применения логистической регрессии была предложена сокращенная версия шкалы ОБП, состоящая из 13 вопросов, с порогом отсека для диагностики СИС больше 14 баллов. Это обеспечило повышение внутритестовой надежности до 0,93 (95% ДИ до 0,91) и уровень клинического использования сокращенной версии шкалы-опросника ОБП.

**Вывод.** Сокращенная версия шкалы ОБП, состоящая из 13 вопросов, валидирована для клинического применения и диагностики СИС у пациентов с хроническими болями в плечевом суставе пожилого и среднего возраста.

**Ключевые слова:** болевой синдром в плечевом суставе, субакромиальный импиджмент синдром, валидация, шкалы.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-80-94

Емельяненко М.В., Лазко Ф.Л., Гажонова В.Е. Валидация русскоязычной шкалы-опросника уровня боли в плечевом суставе для выявления пациентов с субакромиальным импиджмент-синдромом. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):80–94. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-80-94.

**Cite as:** Emel'yanenko M.V., Lazko F.L., Gazhonova V.E. [Validation of the Russian Shoulder Pain Level Test-Questionary for Detection of Patients with Subacromial Impingement Syndrome]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):80–94. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-80-94.

✉ Емельяненко Михаил Валерьевич. Мичуринский пр., д. 6, 119285, Москва, Россия / Mikhail V. Emel'yanenko. 6, Michurinskii prospekt, 119285, Moscow, Russian Federation; e-mail: mikae3@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 27.04.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 01.06.2018.

# Validation of the Russian Shoulder Pain Level Test-Questionary for Detection of Patients with Subacromial Impingement Syndrome

M.V. Emel'yanenko<sup>1,2</sup>, F.L. Lazko<sup>2</sup>, V.E. Gazhonova<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> *United Hospital and Polyclinic, Administration of President Affairs  
6, Michurinskii pr., 119285, Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Peoples' Friendship University of Russia  
6, ul. Miklukho-Maklaya, 117198, Moscow, Russian Federation*

<sup>3</sup> *Central State Medical Academy of Administration of President Affairs  
19, s. 1A, ul. Marshala Timoshenko, 121359, Moscow, Russian Federation*

## Abstract

Despite multiple available international scales for assessment of anatomical and functional features of shoulder joint, no unified Russian survey for shoulder joint assessment in patients with subacromial impingement syndrome (SIS) has been developed so far.

*Purpose* — to develop and validate a test-questionary for shoulder pain (SSP) to diagnose SIS in patients with chronic pain syndrome in the shoulder joint.

*Material and Methods.* Score for shoulder pain (SSP) was validated based on 252 questionnaires including the group of 144 patients with SIS and control group of 108 patients without SIS. Age of patients ranged from 50 to 80 years. Clinical diagnosis was established using integral clinical and imaging examinations. Internal consistency of survey was evaluated by calculating the Cronbach's alpha. Significance of each question was assessed by calculation of odds ratio (OR). Sensitivity, specificity, accuracy and validation threshold for SIS diagnostics were determined by measuring the area under curve (AUC). Re-testing reliability was evaluated by intra-class correlation coefficient (ICC) in 60 patients with an interval of 1–3 days. Convergent validity was assessed with ASES and VAS scores.

*Results.* Informative value of the full version of SSP was as follows: 97% sensitivity, 90% specificity, 0.96% AUC (95% CI 0,93–0,98),  $p < 0,0001$ . Youden's index (J) equaled 0.88. Validity threshold for SIS diagnostics was above 18. Intra-class correlation coefficient (ICC) was 0,98 (95% CI 0,98–0,99). The authors reported a high inverse correlation with ASES scale  $\rho = -0,9498$  ( $r = -0,95$ ;  $p < 0,001$ ) and direct correlation with VAS scale  $\rho = 0,8279$  ( $r = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ). Application of a logic regression resulted in a suggested short version of survey which included 13 questions with threshold for SIS diagnosis above 14 scores. This provided for improvement of intra-test reliability up to 0,93 (95% CI up to 0,91) and the level of clinical use of the short survey version.

*Conclusion.* Short version of survey for shoulder pain (SSP) consisting of 13 questions was validated for clinical use and SIS diagnostics in patients of elderly and middle age with chronic shoulder pain.

**Keywords:** shoulder pain, subacromial impingement, score validity.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-80-94

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

Боль в плечевом суставе является третьей по частоте причиной обращения пациентов к травматологу на уровне первичного поликлинического звена [1]. По статистике, с жалобами на боль в плечевом суставе обращаются в среднем 14,7 из 1000 пациентов в год [2] и 8–10 больных на 1000 взрослого населения в возрасте 50–65 лет [3]. Пик обращений приходится на возраст от 45 до 64 лет, причем причиной болей в большинстве случаев служит СИС [2].

Клиническая картина СИС включает боли различной интенсивности в плечевом суставе, возникающие или усиливающиеся при активных и пассивных движениях (сгибании, разгибании, ротации, отведении) в плечевом суставе. Боли могут беспокоить и в ночное время. Однако клиническая картина не всегда специфична, боль в суставе не всегда может быть признаком его поражения. Так,

в область плечевого сустава может иррадиировать боль при поражении локтевого сустава, суставов кисти, шейного отдела позвоночника, но она не изменяется при движениях в плечевом суставе. Описаны «отраженные» в плечевой сустав боли, связанные с заболеваниями внутренних органов [4].

Поэтому для уточнения диагноза необходим более подробный клинический осмотр, изучение уровня боли с помощью специфических опросников и проведение специальных тестов.

Для диагностики патологических изменений в плечевом суставе на начальном этапе используют специфические шкалы-опросники, основывающиеся на оценке уровня болевого синдрома, степени ограничения двигательной активности и снижения амплитуды движений и силы, которые считаются более чувствительными, чем общие тесты [5–9]. Они позволяют оценить степень

болевого синдрома на первом диагностическом этапе, что важно не только для соотнесения со степенью повреждения и ограничением функции плечевого сустава, но и для уточнения эффекта проведенного лечения, а также для изучения эффективности новых методов лечения. На разных этапах диагностики и реабилитации при оценке функции плечевого сустава приоритетными будут считаться разные показатели. Вначале — боль и ограничение функции, а при реабилитации — возможность самообслуживания и выполнения профессиональных навыков, что необходимо учитывать, применяя специфический тест-опросник.

Большинство специфических опросников разработаны для англоговорящих стран: SPADI (Shoulder Pain and Disability Index), the ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons) Score; UCLA (University California Los Angeles) shoulder rating; Constant-Murley Score (CMS) и другие. Из переведенных на русский язык известны: визуально-аналоговая шкала (ВАШ), DASH (Disabilities of Arm, Shoulder and Hand) тест, OSS (Oxford Shoulder Scale), простой тест плечевого сустава — аналог Simple Shoulder Test (SST) [9–12].

Наиболее простой и распространенной считается визуально-аналоговая шкала (ВАШ) оценки уровня боли. Однако она субъективна и не содержит специфических вопросов относительно функции, объема движения и мышечной силы в плечевом суставе.

Тест-опросник DASH включает 30 основных вопросов и 8 дополнительных для профессиональных спортсменов или работающих. Он оценивает не только функцию, но и учитывает социальные аспекты при оценке работоспособности больной конечности. Однако его нельзя отнести к специфическим тестам при СИС плечевого сустава, к тому же он очень объемный, не удобен для заполнения пациентом.

Среди англоязычных тестов наиболее полно отвечает вышеизложенным требованиям опросник ASES. Он подробно оценивает болевой синдром, функцию самообслуживания, мышечную силу и обладает высокой степенью валидности, чувствительности и надежности. Он сочетает в себе отдельные вопросы таких тестов, как Оксфордский опросник OSS, CMS и UCLA, подробно оценивающие объективную сторону функции плечевого сустава. К сожалению, автоматизированная версия доступна только для англоговорящих стран. Некоторые вопросы в нем дублируются, а некоторые — не конкретны [13].

Среди русскоязычных тестов для общей оценки любой патологии в плечевом суставе применяется рейтинговая шкала Ломтатидзе [14]. В ней сочетаются субъективный и объективный подходы. Рейтинговая шкала Ломтатидзе состоит из 5 основных пунктов, в которых оцениваются: 1) боль,

2) функция, 3) данные пальпации плечевого сустава, 4) оценка резистивных движений, 5) объем движений. Первый и второй пункты относятся к субъективным параметрам оценки плечевого сустава, и на них приходится 58 баллов; третий, четвертый и пятый пункты — к объективным тестам, на которые выделено 42 балла. К сожалению, этот опросник слишком объемный и сложный. А субъективная часть опросника не всегда понятна пациенту, так как она не содержит конкретных вопросов.

Несмотря на многочисленность предложенных тестов для оценки анатомио-функциональных особенностей плечевого сустава, единой универсальной русскоязычной шкалы для оценки плечевого сустава у пациентов с СИС в настоящее время не предложено.

В связи со значительным распространением СИС актуальна разработка специфического опросника для этой группы пациентов, который сочетал бы возможность первичной оценки уровня болевого синдрома и степени ограничения функции, основываясь на простых и доступных для понимания любым пациентом вопросах и использовался для последующей оценки эффективности проведенного лечения.

**Цель исследования** — разработать и валидировать шкалу-опросник уровня болей в плече (шкалу ОБП) для выявления пациентов с СИС среди пациентов с болями в плечевом суставе.

### Материал и методы

В группе с СИС были проанализированы 144 теста-опросника шкалы ОБП (у 128 пациентов), в контрольной группе с отсутствием диагноза СИС — 108 тестов-опросников (у 73 пациентов).

Критериями включения в группу с СИС были ограничение объема движений в плечевом суставе, положительные тесты на импиджмент-синдром либо положительные тесты повреждения вращательной манжеты плеча (ВМП); выявленные изменения сухожилий ВМП при МРТ или УЗИ при отсутствии костных травматических изменений на стандартной рентгенограмме; наличие подписанного информированного согласия.

Исключающими критериями были острая боль, иррадиирующая в шею, руку; наличие костно-травматических изменений в анамнезе или при рентгенографии плечевого сустава или суставообразующих костей; резкое ограничение подвижности в суставе, «замороженное плечо»; ревматоидный артрит, злокачественные опухоли; метастазы в кости плечевого пояса.

Критериями включения в контрольную группу было отсутствие жалоб на боли в плечевом суставе, отсутствие признаков данного заболевания при клиническом осмотре, отсутствие костных трав-

матических изменений на рентгенограмме плечевого сустава.

Каждому включенному в исследование пациенту выдавались экземпляры шкалы-опросника для самозаполнения с целью выявления симптомов СИС и определения тактики дообследования.

Сбор основных социально-демографических и клинических данных проводился в течение одного визита путем опроса пациента и анализа медицинской документации. Клинический диагноз устанавливался на основании клинической оценки и верифицировался при помощи комплексного клиничко-лучевого исследования с включением рентгенографии, УЗИ, МРТ и/или МСКТ, а также

при прямой МР-артрографии или контрастной МСКТ-артрографии.

Для исследования воспроизводимости теста 60 пациентов попросили заполнить тест дважды с промежутком в 1–3 дня.

Для оценки конвергентной валидности теста-шкалы ОБП все пациенты прошли дополнительное компьютерное тестирование по шкале ASES и по ВАШ.

Шкала ОБП, разработанная для выявления пациентов с СИС, состояла из 17 вопросов, в основном требующих оценить уровень боли при каком-либо конкретном движении. Общий балл получали путем суммирования соответствующих баллов (табл. 1).

Таблица 1/Table 1

**Шкала ОБП / Survey of Shoulder Pain (SSP)**

Вопрос	Ответ	Балл
Предшествовала ли травма плеча началу болей в плечевом суставе?	Нет, травмы не было	0
	Да, была травма	5
2. Оцените уровень ваших болей в плечевом суставе (0 — нет болей, 10 — невыносимая боль) Степень моих болевых ощущений:	0–1–2	0
	3–4	1
	5–6–7	3
	8–9–10	5
3. Имеются ли у вас также боли в локтевом суставе, предплечье, кисти?	Нет	3
	Да	0
4. Ощущаете ли вы покалывание, онемение в кисти?	Нет	3
	Да	0
5. Как часто возникают боли в плече?	Нет болей	0
	Очень редко (1 раз в неделю)	1
	Иногда (2–3 раза в неделю)	2
	Часто (каждый день)	3
	Очень часто (несколько раз в день)	4
	Постоянная боль	5
6. При каких обстоятельствах возникает боль в плече?	Нет болей	0
	При физических нагрузках	2
	При бытовых нагрузках	3
	Даже в покое	5
7. Возникает ли у вас боль при резком замахе назад поднятой руки (например, замах перед броском мяча)?	Нет, не возникает	0
	Очень слабая боль	1
	Боль при замахе средней степени	2
	Сильная невыносимая боль при поднятии руки, замахнуться не могу	3
8. Вызывает ли боль бросок мяча (например, в большом теннисе или в волейболе)?	Нет, не возникает	0
	Очень слабая боль	1
	Боль при отведении руки средней степени	2
	Сильная невыносимая боль при отведении руки, отвести руку не могу	3
9. Возникает ли боль при причесывании, чистке зубов, мытье головы, сушке волос феном?	Нет, не возникает	0
	Иногда беспокоит	1
	Умеренная боль во время этих процедур присутствует	2
	Да, сильная боль, делать это самостоятельно не могу	3

Вопрос	Ответ	Балл
10. Возникает ли боль при надевании рубашки, пиджака, куртки?	Нет, не возникает	0
	Иногда беспокоит	1
	Умеренная боль во время одевания присутствует	2
	Да, сильная боль, делать это самостоятельно не могу	3
11. Возникает ли боль при надевании брюк, обуви?	Нет, не возникает	0
	Иногда беспокоит	1
	Умеренная боль во время одевания присутствует	2
	Да, сильная боль, делать это самостоятельно не могу	3
12. Возникает ли боль, если вы заправляете рубашку (блузку) в брюки (юбку) сзади?	Нет, не возникает	0
	Иногда беспокоит	1
	Умеренная боль во время заведения руки назад присутствует	2
	Да, сильная боль, сделать это самостоятельно не могу	3
13. Возникают ли боли при письме, при пользовании клавиатурой компьютера?	Нет, не возникают	0
	Да, возникают	3
14. Можете ли вы достать до нижнего края лопатки без боли, если заведете руку за спину?	Да, могу без боли	0
	Очень слабая боль, достать до края лопатки могу	1
	Умеренная боль, достаю только до пояса	2
	Нет, не могу, возникает сильная боль	3
15. Можете ли вы без боли удержать на уровне глаз вытянутую перед собой вперед прямую руку?	Да, могу без боли	0
	Могу, но есть слабая боль	1
	Могу непродолжительно, в связи с умеренной болью	2
	Нет, не могу, сильная боль	3
16. Беспокоят ли вас «ночные» боли в плече (просыпаетесь ли ночью от боли в плече)?	Нет, болей нет	0
	Слабая боль есть	2
	Интенсивная «ночная» боль	5
17. Если вы практикуете активные виды спорта профессионально, то возникает ли боль при резком замахе или броске (например, при игре в большой теннис, волейбол, баскетбол, гольф, хоккей, спортивном плавании)?	Не практикую активные виды спорта	0
	Возникает очень редко и не мешает	1
	Возникает часто, но самостоятельно проходит в покое	2
	Всегда умеренная боль во время этих движений	3
	Выполнить это движение не могу совсем	5
СУММА БАЛЛОВ		

Шкала-опросник ОБП включала объективные и субъективные критерии качества жизни пациента и позволяла составить более полную картину заболевания. Максимальное количество баллов для лиц, не занимающихся активно спортом — 58, максимальное количество баллов для спортсменов — 63.

### Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программы MedCalc. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости «*p*» принимался равным 0,05. Количественные показатели анализировались с помощью критерия Стьюдента, данные пред-

ставлялись в виде среднего арифметического и средне-квадратического отклонения (SD). Для анализа многомерных таблиц сопряженности использовали критерий  $\chi^2$  с последующим анализом статистической значимости разности процентов по таблицам сопряженности (программа MedCalc 9.0). Для количественной оценки каждого пункта шкалы и для оценки бинарных переменных, полученных редуцированием категориальных переменных, рассчитывали отношение шансов (ОШ) и 95% доверительный интервал (ДИ) к ОШ по методу Вульфа. Для валидации шкалы ОБП определяли чувствительность, специфичность и площадь под ROC-кривой (AUC), точность с расчетом коэффициента Юдена J. Этот индекс служит сводным

показателем точности диагностического теста. Значения этого индекса, близкие к 1, указывают на высокую точность теста. Построение диаграмм рассеивания, а также анализ ROC кривых проводились в программе MedCalc 9.0.

Внутригрупповая однородность и надежность опросника оценивалась подсчетом коэффициентов альфа Кронбаха. Согласно статистическим концепциям, если альфа Кронбаха составляет 0,7–0,8, это означает, что данный тест применим в исследовательских целях; если более 0,9, то тест можно применять для клинической практики. Ретестовая надежность вычислялась при расчете внутриклассового коэффициента корреляции (ICC). Поскольку данные опросников имели нормальное распределение, конвергентная валидность оценивалась при помощи параметрического коэффициента корреляции Пирсона ( $\rho$ ) между шкалами ОБП, ВАШ и ASES. Минимально допустимым значением считалось значение = 0,7, хорошим = 0,8–0,9, отличным — более 0,9.

### Результаты

На основании соответствия критериям включения для участия в исследовании были отобраны 252 теста-опросника ОБП. Из них 115 (45,6%) тестов заполнили женщины и 137 (54,4%) мужчины. Распределение по полу в группах было относительно однородно. С диагнозом СИС было 128 пациентов в возрасте от 25 до 85 лет (медиана — 59 лет, SD — 9,5; 95% ДИ 58–62 года). С отсутствием диагноза СИС было 73 пациента в возрасте от 23 до 77 лет (медиана — 50,49 лет, SD — 6,7; 95% ДИ 45–55 лет), 158 (78,6%) пациентов относились к старшей возрастной категории (от 50 до 80 лет).

Профессиональная занятость среди больных была следующей: пенсионеры по возрасту — 102 (51%) пациента; лица, работа которых была связана с нагрузкой на верхний плечевой пояс — 18 (9%) пациентов; служащие — 72 (36%), студенты, домохозяйки и пр. — 8 (4%).

У всех пациентов в группе с СИС присутствовал болевой синдром различной интенсивности. Боли имели односторонний характер у 100 (78%) больных, двусторонний — у 28 (22%). У 97 (76%) пациентов боли были в правом плечевом суставе, у 120 (94%) пациентов в доминантной руке. Длительность симптоматики составила  $11,8 \pm 5,6$  мес. (от 4 до 84 мес.). Пациенты с СИС и в контрольной группе статистически значимо не различались по возрасту, полу, уровню образования и занятости.

### Валидация шкалы ОБП

Суммарный балл по шкале ОБП был существенно выше у больных с диагнозом СИС (34), чем у пациентов без признаков СИС (9) (табл. 2).

Таблица 2/Table 2

### Распределение суммарного балла по шкале ОБП у пациентов с СИС и с отсутствием СИС Distribution of the overall score of SSP in patients with SIS and without SIS

Показатель	Суммарный балл	
	контроль	СИС
Кол-во	108	144
Минимум	3,0	12,0
Максимум	46,0	55,0
Медиана	9,0	34,0
95% ДИ	7,0–10,6	32,0–36,2
Стандартное отклонение	7,0	9,5

Оптимальная точка порога отсечения в суммарном балле для диагностики наличия СИС и его отсутствия с наилучшим соотношением значений чувствительности (97,8%) и специфичности (90,9%) составила >18,0 баллов (табл. 3).

В соответствии с этим пациенты были распределены по соотношению суммарного балла больше 18. «Положительными» ( $\geq 19$ ) оказались 139 (96,5%) тестов в группе СИС и всего 10 в группе с отсутствием СИС (9%) ( $p < 0,0001$ ). Только в 2 (1,3%) тестах в группе с СИС было менее 19 баллов и в 100 (92,5%) тестах в группе с отсутствием СИС. При анализе отдельных пунктов по шкале ОБП различия по большинству из них (положительные ответы на вопросы) в группах больных с СИС и его отсутствием имели статистическую значимость. Наиболее выраженные различия (преобладание положительных ответов в группе с СИС) были выявлены по следующим вопросам:

- беспокоят ли вас ночные боли в плече? (ОШ = 38,1);
- возникает ли боль при надевании рубашки, пиджака, куртки? (ОШ = 30,5);
- возникает ли боль, когда вы заправляете рубашку (блузку) в брюки (юбку) сзади? (ОШ = 24,5);
- можете ли вы достать до нижнего края лопатки без боли, если заведете руку за спину? (ОШ = 10,3);
- вызывает ли боль замах назад поднятой руки (например, при броске мяча или замах в сторону перед броском мяча в большом теннисе или в волейболе)? (ОШ = 28,2) и (ОШ = 14,8).

Вопросы, посвященные онемению и покалыванию в предплечье, кисти и локтевом суставе, не получили высокой частоты встречаемости позитивных ответов в группе с СИС. Значимость этих вопросов в целом по тесту не велика (ОШ вв

№ 3 = 0,5 и ОШ в № 4 = 0,7). Вопрос, касающийся профессиональной спортивной нагрузки, не получил статистической значимости, по-видимому, из-за отсутствия профессиональных спортсменов в группах. В связи с большим количеством факторов, каждый из которых имел различную оценку по показателю отношения шансов, на следующем этапе работы была использована логистическая регрессия с включением всех переменных шкалы (табл. 4). Были выделены 13 наиболее важных пунктов шкалы, обеспечивающих дифференциальную

диагностику между СИС и его отсутствием, при этом каждый из них оказывал неравнозначное влияние.

Результаты ROC-анализа и показатели чувствительности и специфичности для шкалы ОБП представлены на рисунке 1.

Площадь под ROC-кривой составила AUC —  $0,961 \pm 0,01$  (95% ДИ 0,93–0,98),  $p < 0,0001$ . Чувствительность — 97,89, специфичность — 90,91. Порог отсечения более 18. Индекс Юдена J равен 0,88.

Таблица 3/Table 3

**Распределение показателей чувствительности и специфичности в зависимости от суммарного балла по шкале ОБП**  
**Distribution of sensitivity and specificity criteria depending on overall score of SSP**

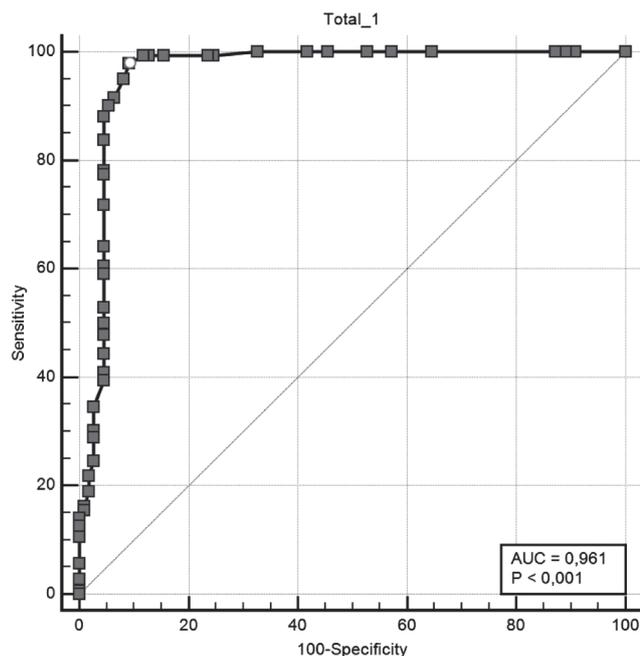
Балл	Чувствительность	95% ДИ	Специфичность	95% ДИ
≥3	100,0	97,4–100,0	0	0,0–3,3
>11	100,0	97,4–100,0	67,2	57,7–75,9
>12	99,3	96,1–100,0	75,4	66,3–83,2
>17	99,3	96,1–100,0	88,1	80,6–93,6
>18*	97,8	94,0–99,6	90,9	83,9–95,6
>19	95,0	90,1–98,0	91,8	85,0–96,2
>21	91,5	85,7–95,6	93,6	87,3–97,4
>22	90,1	84,0–94,5	94,5	88,5–98,0
>23	88,0	81,5–92,9	95,4	89,7–98,5
>37	39,4	31,3–48,0	95,4	89,7–98,5
>38	34,5	26,7–42,9	97,2	92,2–99,4
>41	24,6	17,8–32,6	97,2	92,2–99,4
>42	21,8	15,3–29,5	98,1	93,6–99,8
>43	19,0	12,9–26,4	98,1	93,6–99,8
>44	16,2	10,6–23,3	99,0	95,0–100,0
>45	15,4	10,0–2,5	99,0	95,0–100,0
>46	14,0	8,8–20,9	100	96,7–100,0
>55	0	0,0–2,6	100	96,7–100,0

\* — значение порога отсечения в суммарных баллах для диагностики СИС.

**Количественная оценка показателей шкалы ОБП**  
**Qualitative assessment of SSP criteria**

№ вопроса	Содержание	Отношение шансов (ОШ)	95% ДИ	Уровень значимости, <i>p</i>
1.	Предшествовала ли травма плеча началу болей в плечевом суставе?	2,4	1,4–4,1	0,0015
2.	Оцените уровень ваших болей в плечевом суставе (0 — нет болей, 10 — невыносимая боль) Степень моих болевых ощущений:	<b>59,2</b>	24,7–142,2	<0,0001
3.	Имеются ли у вас также боли в локтевом суставе, предплечье, кисти?	0,5	0,2–0,8	0,0112
4.	Ощущаете ли вы покалывание, онемение в кисти?	0,7	0,3–1,3	0,3407
5.	Как часто возникают боли в плече?	<b>60,5</b>	14,2–256,7	<0,0001
6.	При каких обстоятельствах возникает боль в плече?	<b>237,8</b>	14,4–3918,8	0,0001
7.	Возникает ли у вас боль при резком замахе назад поднятой руки (например, замах перед броском мяча)?	<b>14,8</b>	7,5–29,0	<0,0001
8.	Вызывает ли боль бросок мяча (например, в большом теннисе или в волейболе)?	<b>28,2</b>	13,2–60,3	<0,0001
9.	Возникает ли боль при причесывании, чистке зубов, мытье головы, сушке волос феном?	<b>10,3</b>	5,7–18,6	<0,0001
10.	Возникает ли боль при надевании рубашки, пиджака, куртки?	<b>30,5</b>	14,8–62,4	<0,0001
11.	Возникает ли боль при надевании брюк, обуви?	<b>8,7</b>	4,3–17,6	<0,0001
12.	Возникает ли боль, если вы заправляете рубашку (блузку) в брюки (юбку) сзади?	<b>24,5</b>	12,3–48,8	<0,0001
13.	Возникают ли боли при письме, при пользовании клавиатурой компьютера?	<b>5,1</b>	1,7–15,2	0,0034
14.	Можете ли вы достать до нижнего края лопатки без боли, если заведете руку за спину?	<b>10,3</b>	5,6–18,8	<0,0001
15.	Можете ли Вы без боли удержать на уровне глаз вытянутую перед собой вперед прямую руку?	<b>4,6</b>	2,6–8,1	<0,0001
16.	Беспокоят ли вас «ночные» боли в плече, (просыпаетесь ли ночью от болей в плече)?	<b>38,1</b>	18,5–78,4	<0,0001
17.	Если вы практикуете активные виды спорта профессионально, то возникает ли боль при резком замахе или броске (например, при игре в большой теннис, волейбол, баскетбол, гольф, хоккей, спортивном плавании)?	0,87	0,4–1,5	0,6585

\* — полужирным выделены наиболее важные пункты.



**Рис. 1.** График ROC-кривой полной версии тестовой шкалы ОБП

**Fig. 1.** Diagram of area under curve in full version of SSP

Надежность разработанной шкалы ОБП (содержащей 17 вопросов) по расчету альфа Кронбаха составила 0,88 (95% ДИ 0,86). Результаты проверки внутритестовой надежности первоначальной и сокращенной версий приведены в таблице 5.

Учитывая данные анализа ретестовой надежности, внутрикласовый коэффициент корреляции (ICC) составил 0,98 (95% ДИ 0,98–0,99), что означает очень высокую воспроизводимость теста.

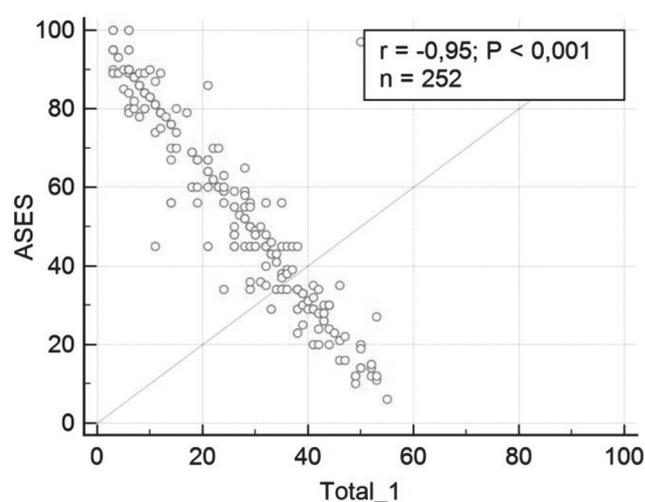
Расчёт конвергентной валидности выявил высокую обратную корреляцию с тестом ASES (коэффициент корреляции Пирсона  $\rho = -0,9498$ ) ( $r = -0,95$ ;  $p < 0,001$ ) и прямую корреляцию с ВАШ (коэффициент Пирсона  $\rho = 0,8279$ ), что свидетельствует о высокой валидности тестируемой шкалы ОБП (рис. 2).

Исходя из полученных результатов совокупного анализа данных логистической регрессии отношения шансов и внутритестовой надежности была предложена для клинического использования сокращенная версия шкалы ОБП, состоящая из 13 вопросов (табл. 6). Максимальные значения по данной шкале составляют 44 балла (95% ДИ 16–22). Порог отсечения для диагностики СИС больше 14 (табл. 7), что обеспечивает 97% чувствительность и 90% специфичность, площадь под ROC-кривой AUC составила 0,96 (95% ДИ 0,93–0,98, уровень значимости  $p < 0,0001$ ) (рис. 3). При внутритестовой надежности 0,93 (95% ДИ до 0,91), таблица 8.

Таблица 5/Table 5

**Значения внутритестовой надежности первоначальной версии шкалы ОБП с расчетом альфа Кронбаха по каждому вопросу**  
**Intra-test reliability values of initial version of SSP with Cronbach's alpha calculation for each question**

Альфа Кронбаха	0,8815	
95% ДИ	0,8629	
Вопрос	Альфа	Ошибка
Q1	0,8935	0,01203
Q2	0,8637	-0,01771
Q3	0,8846	0,003109
Q4	0,8922	0,01076
Q5	0,8598	-0,02170
Q6	0,8643	-0,01712
Q7	0,8690	-0,01242
Q8	0,8651	-0,01633
Q9	0,8683	-0,01317
Q10	0,8660	-0,01543
Q11	0,8740	-0,007485
Q12	0,8684	-0,01301
Q13	0,8939	0,01249
Q14	0,8696	-0,01183
Q15	0,8728	-0,008617
Q16	0,8687	-0,01271
Q17	0,8887	0,007294



Обозначения на графике: Total\_1 – шкала ОБП

**Рис. 2.** Корреляция шкалы ОБП со шкалой ASES  
**Fig. 2.** SSP correlation to ASES scale

**Сокращенная версия шкалы ОБП**  
**Short version of SSP**

Вопрос	Шкала оценки	Балл
Оцените уровень ваших болей в плечевом суставе (0 — нет болей, 10 — невыносимая боль) Степень моих болевых ощущений:	0–1–2	0
	3–4	1
	5–6–7	3
	8–9–10	5
Как часто возникают боли в плече?	Нет болей	0
	Очень редко (1 раз в неделю)	1
	Иногда (2–3 раза в неделю)	2
	Часто (каждый день)	3
	Очень часто (несколько раз в день)	4
	Постоянная боль	5
При каких обстоятельствах возникает боль в плече?	Нет болей	0
	При физических нагрузках	2
	При бытовых нагрузках	3
	Даже в покое	5
4. Возникает ли у вас боль при резком замахе назад поднятой руки (например, замах перед броском мяча)?	Нет, не возникает	0
	Очень слабая боль	1
	Боль при замахе средней степени	2
	Сильная невыносимая боль при поднятии руки, замахнуться не могу	3
5. Вызывает ли боль бросок мяча (например, в большом теннисе или в волейболе)?	Нет, не возникает	0
	Очень слабая боль	1
	Боль при отведении руки средней степени	2
	Сильная невыносимая боль при отведении руки, отвести руку не могу	3
6. Возникает ли боль при причесывании, чистке зубов, мытье головы, сушке волос феном?	Нет, не возникает	0
	Иногда беспокоит	1
	Умеренная боль во время этих процедур присутствует	2
	Да, сильная боль, делать это самостоятельно не могу	3
7. Возникает ли боль при надевании рубашки, пиджака, куртки?	Нет, не возникает	0
	Иногда беспокоит	1
	Умеренная боль во время одевания присутствует	2
	Да, сильная боль, делать это самостоятельно не могу	3
8. Возникает ли боль при надевании брюк, обуви?	Нет, не возникает	0
	Иногда беспокоит	1
	Умеренная боль во время одевания присутствует	2
	Да, сильная боль, делать это самостоятельно не могу	3
9. Возникает ли боль, если вы заправляете рубашку (блузку) в брюки (юбку) сзади?	Нет, не возникает	0
	Иногда беспокоит	1
	Умеренная боль во время заведения руки назад присутствует	2
	Да, сильная боль, сделать это самостоятельно не могу	3
10. Можете ли вы достать до нижнего края лопатки без боли, если заведете руку за спину?	Да, могу без боли	0
	Очень слабая боль, достать до края лопатки могу	1
	Умеренная боль, достаю только до пояса	2
	Нет, не могу, возникает сильная боль	3

Вопрос	Шкала оценки	Балл
11. Возникают ли боли при письме, при пользовании клавиатурой компьютера?	Нет, не возникают	0
	Да, возникают	3
12. Можете ли вы без боли удерживать на уровне глаз вытянутую перед собой вперед прямую руку?	Да, могу без боли	0
	Могу, но есть слабая боль	1
	Могу непродолжительно, в связи с умеренной болью	2
	Нет, не могу, сильная боль	3
13. Беспокоят ли вас ночные боли в плече, (просыпаетесь ли ночью от болей в плече)?	Нет, болей нет	0
	Слабая боль есть	2
	Интенсивная «ночная» боль	5
СУММА БАЛЛОВ		

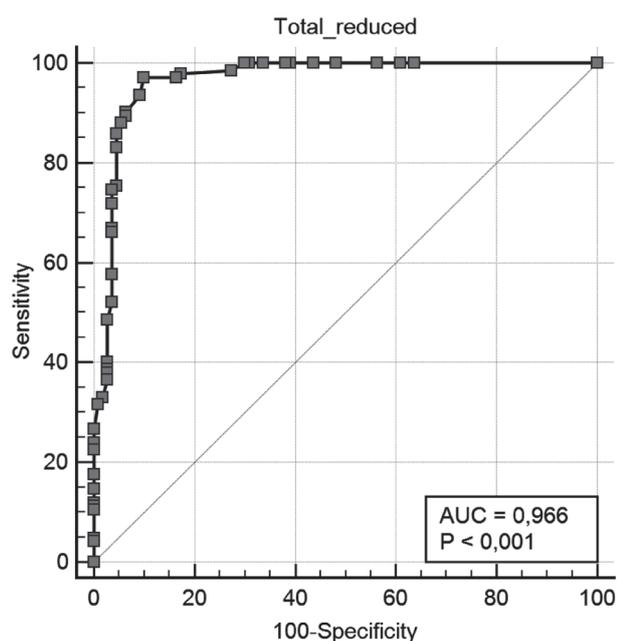
Таблица 7/Table 7

**Распределение показателей чувствительности и специфичности в зависимости от суммарного балла по шкале ОБП**

**Distribution of sensitivity and specificity criteria depending on overall SSP score**

Баллы	Чувствительность	95% ДИ	Специфичность	95% ДИ
>9	100,00	97,4–100,0	69,09	59,6–77,6
>10	100,00	97,4–100,0	70,00	60,5–78,4
>11	98,59	95,0–99,8	72,73	63,4–80,8
>12	97,89	94,0–99,6	82,73	74,3–89,3
>13	97,18	92,9–99,2	83,64	75,4–90,0
>14*	97,18	92,9–99,2	90,00	82,8–94,9
>15	93,66	88,3–97,1	90,91	83,9–95,6
>16	90,14	84,0–94,5	93,64	87,3–97,4
>17	89,44	83,2–94,0	93,64	87,3–97,4

\* — порог отсечения в баллах.



**Рис. 3.** График ROC-кривой сокращенной версии тестовой шкалы ОБП

**Fig. 3.** Diagram of area under curve for short version of SSP

*Таблица 8/Table 8*  
**Значения внутритестовой надежности  
 сокращенной версии шкалы ОБП  
 с учетом влияния альфа Кронбаха  
 по каждому вопросу**  
**Intra-test reliability values of short SSP  
 considering impact of Cronbach's alpha  
 for each question**

Альфа Кронбаха	0,9303	
95% ДИ	0,9192	
Вопросы	Альфа	Ошибка
Q2	0,9196	-0,01071
Q5	0,9181	-0,01224
Q6	0,9227	-0,007657
Q7	0,9230	-0,007375
Q8	0,9210	-0,009340
Q10	0,9214	-0,008977
Q11	0,9273	-0,003061
Q12	0,9230	-0,007321
Q13	0,9351	0,004799
Q14	0,9233	-0,007028
Q15	0,9276	-0,002730
Q16	0,9299	-0,0004525

## Обсуждение

Различные тесты-опросники применяются в ортопедии и травматологии для оценки объективной картины исхода хирургического лечения. В Европе наиболее распространены шкалы CMS, DASH и OSS, тогда как в Северной Америке — ASES, SST и UCLA [15]. Шкала CMS, разработанная в Великобритании, официально признана Европейским обществом хирургов по плечу и локтю (ESSES) оценочной шкалой. Закономерно, что наиболее часто ее применяют в Европе [16]. Аналогично шкала ASES, разработанная Комитетом американских хирургов по плечу и локтю, более широко применяется в США и Канаде. В Новой Зеландии, согласно Новозеландскому суставному регистру, при артропластике плечевого сустава официально применяется шкала OSS. В России пока нет единой рекомендуемой шкалы. Поэтому результаты лечения в исследовательских работах сложно сопоставлять.

Ни одна из перечисленных шкал в полной мере не отвечает запросам клиницистов и требованиям пациентов [15]. Трудно выбрать необходимую шкалу для оценки плечевого сустава после лечения, учитывая запросы врачей и позицию пациента. Идеальной будет та, которая учтет обе стороны,

но, к сожалению, такая шкала еще не разработана. Если тест труден, то его неудобно предлагать для широкого использования на амбулаторном уровне врачам первичного звена (терапевтам, семейным врачам, хирургам). Среди известных шкал CMS и ASES наиболее популярны, так как они просты, доступны, широко валидированы и сбалансированы по объективным и субъективным критериям. Установлено, что тесты, пригодные для заполнения пациентом, лучше оценивают результаты лечения, чем объективные тесты для клиницистов [17]. Другие тесты, такие как DASH, Простой тест плечевого сустава (SST) и UCLA применяются гораздо реже и только для оценки результатов лечения каких-либо особенных случаев.

Многие тестовые шкалы применяются, не пройдя валидацию, без оценки воспроизводимости, чувствительности и специфичности [18–20]. Для внедрения в клинику любой шкалы-опросника необходима ее полная валидация.

Суммируя и анализируя клинические симптомы и степень ограничения движения в плечевом суставе у пациентов с СИС, мы предложили специализированную шкалу ОБП. Данные, полученные нами при валидации шкалы ОБП путем анализа 252 тестов, показали ее высокую информативность в диагностике СИС. Она позволяет провести само тестирование и оценить самим пациентом степень выраженности болевого синдрома и степень ограничения функции плечевого сустава. Изучив показатель отношения шансов (ОШ) каждого вопроса шкалы ОБП, была установлена его значимость и, таким образом, были определены наиболее важные вопросы, вошедшие в сокращенную версию. Полная версия шкалы состоит из 17 вопросов, сокращенная версия — из 13 вопросов. Анализ отдельных факторов по шкале ОБП также позволил выявить значимые статистические различия в группах с наличием СИС и его отсутствием. Для полной версии при пороге отсечения более 18 площадь под ROC-кривой составила AUC — 0,961±0,01 (95% ДИ 0,93–0,98),  $p < 0,0001$ , чувствительность — 97,89%, специфичность — 90,91. Для сокращенной версии при пороге отсечения больше 14 обеспечивается такая же информативность, но площадь под ROC-кривой AUC больше — 0,96 (95% ДИ 0,93–0,98), уровень значимости  $p < 0,0001$  в диагностике СИС. Различная градация степени ограничения функции сустава выражена в шкале ОБП в ответах, которые представлены в четырех вариантах: неспособность — максимальный балл, значительное ограничение, незначительное ограничение, отсутствие ограничения. Это упрощает самооценку степени ограничения функции сустава за счет болевого синдрома, возникающего в ответ на определенное движение. Наиболее высокая оценка по шкале ОБП соответствует наибольшему

ограничению функции за счет болевого синдрома. Максимальный балл для полной версии шкалы ОБП — 58 (для спортсменов 63), для сокращенной — 47.

Шкала ОБП показала высокую валидность — альфа Кронбаха полной версии шкалы-опросника ОБП составила 0,88 (95% ДИ до 0,86), сокращенной версии — 0,93 (95% ДИ до 0,91), что обеспечило уровень клинического использования сокращенной версии.

Конвергентная валидность шкалы ОБП оценивалась с ASES и с ВАШ. Шкала ASES применима для пациентов с любой патологией в плечевом суставе. Некоторые авторы признают эту шкалу с учетом ее высокой воспроизводимости, высокой конструктивной валидности и высокой чувствительности, ведущей при оценке патологии плечевого сустава [21]. Другие, наоборот, не считают ее валидной и значимой для оценки патологии плечевого сустава, так как некоторые вопросы из этого теста, такие как «обычный спорт» или «забросьте мяч из-за головы», непонятны и невыполнимы некоторыми пациентами [22]. Несмотря на это, ASES — это вторая по частоте применения шкала для оценки плечевого сустава после CMS. За счет ясности и краткости теста ASES наиболее широко применяется также и для последующего мониторинга хирургического или консервативного лечения [13]. В связи с этим в нашем исследовании конвергентная валидность изучалась именно со шкалой ASES.

Расчет конвергентной валидности шкалы ОБП выявил высокую обратную корреляцию с тестом ASES. Коэффициент корреляции Пирсона  $\rho = -0,9498$  ( $r = -0,95$ ;  $p < 0,001$ ) и прямую корреляцию с тестом ВАШ коэффициент Пирсона  $\rho = 0,8279$ ; ( $r = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ).

Все пациенты указали, что шкала-тест ОБП проста для заполнения, а содержание вопросов согласуется с их заболеванием. Практически все пациенты заполнили шкалу в течение 5 мин. Конструктивная валидность шкалы ОБП, определяемая при расчете коэффициента альфа Кронбаха, показала, что сокращенная версия шкалы ОБП является однородной по структуре вопросов для диагностики СИС, наравне с ASES (альфа Кронбаха ASES в испанской версии — 0,91, в финской версии ASES — 0,88 (95% ДИ 0,84 to 0,91) [23, 24] и сопоставимой со шкалой DASH, альфа Кронбаха DASH в норвежской версии — 0,93 [25].

Любое хирургическое или нехирургическое лечение требует времени для получения позитивного результата, поэтому оценка функции и состояния сустава в динамике при мониторинговых визитах через полгода, год, 3 и 5 лет позволяет оценить истинный исход лечения. Для этих целей применяют однотипные тесты-опросники с высокой воспро-

изводимостью. Воспроизводимость шкалы ASES в переводных версиях составляет: ICC — 0,83 (95% ДИ 0,70–0,90) [24], воспроизводимость DASH в переводной версии: ICC — 0,89 [25]. По данным анализа ретестовой надежности, проводимой у 60 пациентов в нашем исследовании, внутрикласовый коэффициент корреляции ICC полной версии шкалы ОБП составил 0,98 (95% ДИ 0,98–0,99), что означает очень высокую надежность теста.

Преимуществами сокращенной версии шкалы ОБП является ее относительная краткость и конкретность вопросов, позволяющих оценить степень ограниченности объема движений в «больном» плече и те движения, которые вызывают боль. Это позволяет на первом уровне обращения в поликлинику выявить группу пациентов, нуждающихся в более детальном осмотре травматологом и дообследовании методами УЗИ и МРТ.

По результатам проведенной работы маршрутизация пациентов с болями в плечевом суставе представляется следующей: при первичном обращении к любому специалисту пациент заполняет шкалу ОБП в сокращенной версии. Если сумма набранных баллов по сокращенной версии шкалы ОБП равна или больше 15, то пациенту назначается дообследование (рентгенография, УЗИ или МРТ). По результатам исследований проводится прием у ортопеда-травматолога для решения вопроса о консервативном или хирургическом лечении.

В связи с тем, что основной контингент составляют пожилые и среднего возраста пациенты с хроническими болями в плечевом суставе, у которых вероятнее всего есть признаки СИС, то шкала ОБП применима именно для такой группы людей.

### Благодарность

Выражаем благодарность за помощь в работе над тестами ординатору кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ Агафоновой Олесе Алексеевне.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

1. Urwin M., Symmons D., Alison T. et al. Estimating the burden of musculoskeletal disorders in the community: the comparative prevalence of symptoms at different anatomical sites, and the relation to social deprivation. *Ann Rheum Dis.* 1998;57(11):649-655.

2. Van der Windt D.A., Koes B.W., de Jong B.A., Bouter L.M. Shoulder disorders in general practice: incidence, patient characteristics, and management. *Ann Rheum Dis.* 1995;54(12):959-964.
3. Никифоров А.С., Мендель О.И. Болевой синдром в плечелопаточной области: современные подходы к диагностике и лечению. *Русский медицинский журнал. Неврология.* 2008;6(12):1700-1704. Nikiforov A.S., Mendel O.I. [Shoulder pain syndrome: modern trends in diagnosis and treatment]. *Russkii meditsinskii zhurnal. Nevrologiya.* [Russian medical journal. Neurology]. 2008;6(12):1700-1704. (in Russian).
4. Greving K., Dorrestijn O., Winters J.C., Groenhof F., van der Meer K., Stevens M., Diercks R.L. Incidence, prevalence, and consultation rates of shoulder complaints in general practice. *Scand J Rheumatol.* 2012;41(2):150-155. DOI: 10.3109/03009742.2011.605390.
5. Artus M., van der Windt D.A., Afolabi E.K., Buchbinder R., Chesterton L.S., Hall A., Roddy E., Foster N.E. Management of shoulder pain by UK general practitioners (GPs): a national survey. *BMJ Open.* 2017;7(6):e015711. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-015711.
6. Hegedus E.J., Cook C., Lewis J., Wright A., Park J.Y. Combining orthopedic special tests to improve diagnosis of shoulder pathology. *Phys Ther Sport.* 2015;16(2):87-92. DOI:10.1016/j.ptsp.2014.08.001.
7. Lewis J. Rotator cuff related shoulder pain: assessment, management and uncertainties. *Man Ther.* 2016;23:57-68. DOI:10.1016/j.math.2016.03.009.
8. Diercks R., Bron C., Dorrestijn O., Meskers C., Naber R., de Ruitter T. et al. Guideline for diagnosis and treatment of subacromial pain syndrome: a multidisciplinary review by the dutch Orthopaedic Association. *Acta Orthop.* 2014;85(3):314-322. DOI:10.3109/17453674.2014.920991.
9. van der Heijden G.J., Leffers P., Bouter L.M. Shoulder disability questionnaire design and responsiveness of a functional status measure. *J Clin Epidemiol.* 2000; 53(1):29-38.
10. van Kampen D.A., van Beers L.W., Scholtes V.A., Terwee C.B., Willems W.J. Validation of the Dutch version of the Simple Shoulder Test. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21(6):808-814.
11. Berendes T., Pilot P., Willems J., Verburg H., te Slaa R. Validation of the dutch version of the Oxford Shoulder score. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(6):829-836. DOI: 10.1016/j.jse.2010.01.017.
12. Paul A., Lewis M., Shadforth M.F., Croft P.R., van der Windt D.A., Hay E.M. A comparison of four shoulder-specific questionnaires in primary care. *Ann Rheum Dis.* 2004;63(10):1293-1299. DOI: 10.1136/ard.2003.012088.
13. Booker S., Alfahad N., Scott M., Gooding B., Wallace W.A. Use of scoring systems for assessing and reporting the outcome results from shoulder surgery and arthroplasty. *World J Orthop.* 2015;6(2):244-251. DOI: 10.5312/wjo.v6.i2.244.
14. Миронов С.П., Ломтатидзе Е.Ш., Цыкунов М.Б., Соломин М.Ю., Поцелуйко С.В., Лазко Ф.Л., Ломтатидзе В.Е. Плечелопаточный болевой синдром. Волгоград: Изд-во ВолгМУ, 2006. 287 с. Mironov S.P., Lomtadize E.Sh., Tsikunov M.B., Solomin M.Y., Potseluyko S.V., Lazko F.L., Lomtadize V.E. [Shoulder-scapular pain syndrome]. Volgograd: VolgMU, 2006. 287 p. (in Russian).
15. Wright R., Baumgarten K. Shoulder outcome measures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(7):436-444.
16. Longo U.G., Vasta S., Maffulli N., Denaro V. Scoring systems for the functional assessment of patients with rotator cuff pathology. *Sports Med Arthrosc.* 2011;19(3): 310-320. DOI: 10.1097/JSA.0b013e31820af9b6.
17. O'Holleran J.D., Kocher M.S., Horan M.P., Briggs K.K., Hawkins R.J. Determinants of patient satisfaction with outcome after rotator cuff surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(1):121-126. DOI: 10.2106/JBJS.C.01316.
18. Noorani A.M., Roberts D.J., Malone A.A., Waters T.S., Jaggi A., Lambert S.M., Bayley I. Validation of the Stanmore percentage of normal shoulder assessment. *Int J Shoulder Surg.* 2012;6(1):9-14. DOI: 10.4103/0973-6042.94307.
19. Альримави М.Х., Маланин Д.А., Соломин М.Ю., Тетерин О.Г. Оценка результатов лечения больных плечелопаточным болевым синдромом с использованием опросников. *Бюллетень волгоградского научного центра РАМН.* 2006; (4):37-40. Alrimavi M.H., Malanin D.A., Solomin M.Y., Teterin O.G. [Evaluation of the treatment effectiveness in patients with subacromial impingement syndrome with special questionnaires]. *Byulleten' volgo-gradskogo nauchnogo tsentra RAMN.* 2006;(4):37-40. (in Russian).
20. Аскерко Э.А., Дейкало В.П., Цушко В.В. Индексная шкала оценки функции плечевого сустава. *Новости хирургии.* 2012;(1):100-104. Askerko E.A., Deykalo V.P., Tsushko V.V. [Index scale for assessment of shoulder function]. *Novosti khirurgii* [Surgery News]. 2012;(1):100-104. (in Russian).
21. Michener L.A., McClure P.W., Sennett B.J. American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Assessment Form, patient self-report section: reliability, validity, and responsiveness. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(6):587-594. DOI: 10.1067/mse.2002.127096.
22. Bafus B.T., Hughes R.E., Miller B.S., Carpenter J.E. Evaluation of utility in shoulder pathology: Correlating the American Shoulder and Elbow Surgeons and Constant scores to the EuroQoL. *World J Orthop.* 2012;3(3):20-24. DOI: 10.5312/wjo.v3.i3.20.
23. Kalliopi V., Cuéllar R., Silió F. et al. Patient self-report section of the ASES questionnaire: a Spanish validation study using classical test theory and the Rasch model. *Health Qual Life Outcomes.* 2016; 14: 147. Published online 2016 Oct 18. DOI: 10.1186/s12955-016-0552-1.
24. Piitulainen K., Paloneva J., Ylinen J., et al. Reliability and validity of the Finnish version of the American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Assessment Form, patient self-report section. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014;15:272. DOI: 10.1186/1471-2474-15-272.
25. Haldorsen B., Svege I., Roe Y., Bergland A. Reliability and validity of the Norwegian version of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand questionnaire in patients with shoulder impingement syndrome. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014;15:78. DOI: 10.1186/1471-2474-15-78.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Михаил Валерьевич Емельяненко* — врач ортопед-травматолог поликлиники, ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ; внештатный ассистент кафедры травматологии и ортопедии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

*Федор Леонидович Лазко* — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

*Вероника Евгеньевна Гажонова* — д-р мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики, ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ; заведующая кабинетом УЗ-ангиографии, ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Mikhail V. Emel'yanenko* — orthopaedic surgeon, United Hospital and Polyclinic, Administration of President Affairs; non-staff assistant, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

*Fedor L. Lazko* — Dr. Sci. (Med.), professor of Trauma and Orthopedic Department, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

*Veronika E. Gazhonova* — Dr. Sci. (Med.), professor of Radiodiagnosis Department, Central State Medical Academy, Administration of President Affairs; head of US-angiography Department, United Hospital and Polyclinic Administrative Directorate of the President of the Russian Federation, Russian Federation

# Костная и мягкотканная интеграция пористых титановых имплантатов (экспериментальное исследование)

Р.М. Тихилов<sup>1,2</sup>, И.И. Шубняков<sup>1</sup>, А.О. Денисов<sup>1</sup>, В.А. Конев<sup>1</sup>, И.В. Гофман<sup>3</sup>,  
П.М. Михайлова<sup>1</sup>, Г.И. Нетылько<sup>1</sup>, А.В. Васильев<sup>4</sup>, Л.О. Анисимова<sup>1</sup>, С.С. Билык<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России Ул. Кирочная, д. 41, 191015, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГБУН «Институт высокомолекулярных соединений» Российской Академии наук В.О., Большой пр., д. 31, 199004, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> ФГБНУ «Медико-генетический научный центр». Ул. Москворечье, д. 1, 115522, Москва, Россия

## Реферат

**Актуальность.** При ревизионном эндопротезировании крупных суставов как правило возникает необходимость замещения костных дефектов сложной геометрической формы с одновременным воссозданием опоры и возможностью интеграции окружающих мышечных и сухожильных структур в имплантат, что необходимо для полноценного восстановления функции сустава.

**Цель** — изучить в эксперименте процессы интеграции мышечной и костной тканей, а также сухожильно-связочного аппарата в титановые пористые материалы.

**Материал и методы.** В эксперименте *in vivo* 6 кроликам породы шиншилла был создан стандартизированный дефект костной ткани в точке прикрепления сухожилия связки надколенника, а также зона расслоения мышечной ткани широчайшей мышцы спины. У каждого животного использовали оба коленных сустава и обе широчайшие мышцы спины. Опытную группу исследования составили титановые образцы с пространственной сетчатой структурой, контрольную — цельные титановые образцы со стандартной пористостью. Титановые образцы были получены путем аддитивных технологий с предварительным прототипированием. Пористость соответствовала трабекулярному металлу, страты — 0,45, размер пор 100–200 мкм. Образцы исследуемых материалов были имплантированы в одинаковых условиях в соответствующие анатомические участки. Морфологические исследования были выполнены на 60-е сутки после оперативного лечения, исследования прочностных свойств — на 90-е сутки.

**Результаты.** Выявлено прорастание костной ткани в поры имплантатов с минимальным количеством фиброзной ткани, обнаружена отчетливая соединительнотканная интеграция, представленная плотной фиброзной тканью в порах материала, имплантированного в мышечную ткань. При исследовании прочности фиксации тестируемых образцов отчетливо демонстрируется превосходящая прочность интеграции мягких и костной тканей в опытные сетчатые имплантаты, изготовленные с помощью аддитивных технологий.

**Заключение.** Исследование открывает широкие перспективы применения высокопористых титановых имплантатов, изготовленных методом 3D-печати, для восстановительной и ревизионной хирургии в отношении как замещения костных дефектов, так и восстановления поврежденных мышц.

**Ключевые слова:** интеграция мягких тканей, костная интеграция, пористые титановые имплантаты, экспериментальная модель, дефект костной ткани, аддитивные технологии.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-95-107

Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О., Конев В.А., Гофман И.В., Михайлова П.М., Нетылько Г.И., Васильев А.В., Анисимова Л.О., Билык С.С. Костная и мягкотканная интеграция пористых титановых имплантатов (экспериментальное исследование). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):95-107. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-95-107.

**Cite as:** Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O., Konev V.A., Gofman I.V., Mikhailova P.M., Netylko G.I., Vasiliev A.V., Anisimova L.O., Bilyk S.S. [Bone and Soft Tissues Integration in Porous Titanium Implants (Experimental Research)]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):95-107. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-95-107.

✉ Михайлова Полина Михайловна. Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия / Polina M. Mikhailova. 8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: mihaylova\_pm@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 21.03.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 11.05.2018.

# Bone and Soft Tissues Integration in Porous Titanium Implants (Experimental Research)

R.M. Tikhilov<sup>1,2</sup>, I.I. Shubnyakov<sup>1</sup>, A.O. Denisov<sup>1</sup>, V.A. Konev<sup>1</sup>, I.V. Gofman<sup>3</sup>,  
P.M. Mikhailova<sup>1</sup>, G.I. Netylko<sup>1</sup>, A.V. Vasiliev<sup>4</sup>, L.O. Anisimova<sup>1</sup>, S.S. Bilyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Mechnikov North-Western State Medical University  
41, Kirochnaya ul., 191015, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Institute of Macromolecular Compounds, Russian Academy of Sciences  
31, Bol'shoi pr., 199004, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>4</sup> Medical Genetics Research Center  
1, ul. Moskvorech'e, 115522, Moscow, Russian Federation

## Abstract

**Aim.** It's common that revision arthroplasty of the large joints demands replacing of bone defects of irregular geometrical shapes and simultaneous restoring of support ability and ability to integrate surrounding muscular and tendinous structures into an implant that is required for a complete restoration of joint function.

**The purpose.** To experimentally study the process of integration for muscular and bone tissue as well as tendinous and ligamentous structures into porous titanium materials.

**Material and Methods.** During in vivo experiment the authors created a standardized bone defect in 6 rabbits of chinchilla breed at the point of patella ligament attachment as well as a delamination area of muscular tissue in latissimus dorsi. Both knee joints and both latissimus dorsi were used in each animal. Study group included titanium implants with three-dimensional mesh structure. Control group — solid titanium implants with standard porosity. Titanium implants were produced by additive technologies with preliminary prototyping. The porosity corresponded to trabecular metal, striations — 0.45, pores size — 100–200 microns. Study and control components were implanted in the identical conditions into the corresponding anatomical sites. Postoperative AP and lateral roentgenograms of knee joints were performed for all animals. Morphological research was conducted on day 60 after the implantation and strength properties were studied at day 90 after the implantation.

**Results.** The authors observed bony ingrowth into implant pores with minimal volume of fibrous tissue, a distinct connective integration was reported represented by a dense fibrous tissue in the pores of components implanted into the muscular tissue. Testing of fixation strength of the study implants demonstrated a clearly superior strength of soft and bone tissue integration into the experimental mesh implants produced using additive technologies.

**Keywords:** integration of soft tissue, bony integration, porous titanium implants, experimental model, bone defect, additive technologies.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-95-107

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Эндопротезирование (ЭП) в последние десятилетия стало распространенным и эффективным методом лечения патологии тазобедренного (ТБС) и коленного (КС) суставов. По данным ведущих ортопедических центров, в настоящее время отмечается повсеместный рост количества операций по замене суставов [1–3]. Однако увеличение числа первичных операций эндопротезирования неизбежно приводит к увеличению ревизионных операций. По данным регистра эндопротезирования тазобедренного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена, доля ревизий в общем числе операций ЭП ТБС в последние годы составляет 13–18% [4]. Наиболее частым показанием к ревизионному эндопротезированию является асептическое расшатывание компонентов эндопротеза. Реже подобные опе-

рации выполняют из-за развития инфекционных осложнений, рецидивирующих вывихов, перипротезных переломов и механического разрушения компонентов эндопротеза [5]. Кроме того, растет число пациентов, подвергшихся неоднократным ревизиям с тяжелыми дефектами костей [4]. При этом ревизионные операции являются технически более сложными из-за наличия рубцовых изменений параартикулярных мягких тканей, структурных изменений кости, а также проблем с удалением ранее установленных конструкций [6].

Каждое последующее оперативное вмешательство создает дополнительные трудности для ортопедов. E. Garcia-Cimbrelo с соавторами отметили, что с увеличением дефекта бедренной кости снижается эффективность результатов протезирования [7].

Существует несколько вариантов замещения костных дефектов при ревизионных операциях. Несомненно, аутокостная пластика дает лучшие результаты, однако лимитирована ограниченным объемом трансплантата, дополнительной травмой донорского участка. Наибольшее распространение получила аллокостная пластика, но получить полное замещение костных дефектов удастся не во всех случаях. Это зависит от качества реципиентской кости, величины дефекта и способа заготовки аллогraftов [8–10]. При этом высока вероятность гистонесовместимости тканей и передачи вирусных инфекций, остается нерешенным вопросом механическая прочность трансплантатов, а наличие и постоянное пополнение костного банка требует существенных организационных и экономических затрат [11].

Использование углеродных и керамических имплантатов сопровождается высокой частотой асептической нестабильности и остеонекроза в месте контакта кости и импланта [11, 12].

В настоящее время среди небиологических методов замещения костных дефектов наибольшее распространение и признание получили высокопористые металлические имплантаты, которые практически не имеют ограничения по размерам, имеют достаточную механическую прочность и доказанную возможность остеоинтеграции. Однако при наличии дефектов сложной формы не всегда удается эффективно использовать имплантаты стандартной формы. Возможной альтернативой является прецизионная 3D-печать персонализированных имплантатов, но исследований в этой области пока мало [13, 14].

Не менее актуальной является задача получения интеграции окружающих мышечных и сухо-

жильных структур в имплантат, что даст возможность наиболее полно восстановить функцию сустава при наличии больших дефектов и нарушении биомеханики. Однако процессы интеграции мышечной и костной тканей в титановые пористые имплантаты при замещении сложных костных дефектов с отсутствием точки прикрепления мышц и сухожилий изучены недостаточно. Это обстоятельство не дает в полной мере ответить на вопрос о выборе вида имплантата для заполнения такого рода костных дефектов [15, 16].

В исследовании были поставлены несколько вопросов:

1) будет ли происходить мягкотканная (мышцы, связочно-капсульного аппарата) и костная интеграция в высокопористые титановые имплантаты, изготовленные при помощи аддитивных технологий?

2) если будет подтверждена интеграция тканей в титановые имплантаты, какой тканью она будет представлена на границе ткань-имплантат?

3) какой будет прочность фиксации при интеграции тканей в такие имплантаты?

### Материал и методы

Титановые образцы были получены с использованием аддитивных технологий. Пористость образцов соответствовала трабекулярному металлу: размер пор 100–200 мкм, страты (перемычки между порами) — 0,45. Выбор такого размера пор обусловлен успешными результатами ранее выполненных экспериментальных исследований [17]. Исследуемые и контрольные образцы были подготовлены к исследованию в соответствии с ISO 10933-12 (рис. 1).



**Рис. 1.** Образцы титановых имплантатов:

- a — пористый титановый имплантат для исследования интеграции мягких тканей;
- b — непористый титановый имплантат для исследования интеграции мягких тканей;
- c — пористый титановый имплантат для исследования интеграции костных тканей;
- d — непористый титановый имплантат для исследования интеграции костных тканей

**Fig. 1.** Samples of titanium implants:

- a — porous titanium implant for study of soft tissue integration;
- b — non-porous titanium implant for study of soft tissue integration;
- c — porous titanium implant for study of bony integration;
- d — non-porous titanium implant for study of bony integration

Исследование *in vivo* проводилось на 6 половозрелых кроликах породы шиншилла в условиях вивария РНИИТО им. Р.Р. Вредена. Все особи были женского пола. Возраст животных в среднем составил 7 мес. (диапазон 6–8 мес.). Масса тела животных составила в среднем 2870 г (диапазон 2700–3000 г). Содержание и использование лабораторных животных соответствовало требованиям Хельсинкской декларации пересмотра 2013 г. Проведение исследования было одобрено на заседании локального этического комитета при РНИИТО им. Р.Р. Вредена (протокол № 10 от 02.12.2016 г.). Животные имели ветеринарный сертификат качества и состояния здоровья и находились в идентичных условиях кормления и содержания.

**Техника операции.** Оперативное вмешательство выполнялось одномоментно на обеих задних лапах и широчайших мышцах спины животных.

В контрольную группу вошли образцы с непористой поверхностью (правая сторона), в опытную группу — высокопористые образцы, установленные с левой стороны. Образцы опытной и контрольной групп имплантировались одному и тому же животному. В мышцы спины имплантировано по 2 пластины с двух сторон, в большеберцовую кость по одной пластине — всего 24 объекта исследования.

Для изучения процессов интеграции экспериментальных образцов пористых титановых имплантатов в костном дефекте операция выполнялась на большеберцовых костях кролика. Дефект костной ткани был получен следующим образом: после расслаивания связки надколенника в точке прикрепления к бугристости большеберцовой кости при помощи стоматологического бора было сформировано продольное трепанационное отверстие длиной 3 мм, шириной 1 мм и глубиной 5 мм. Далее в полученный дефект кости и расслоенную связку надколенника устанавливали титановый

имплантат: в правую большеберцовую кость имплантировался непористый титановый имплантат, в левую — пористый. При помощи шовного материала выполнялась фиксация волокон связки надколенника к титановому имплантату (рис. 2).

Для исследования интегративных свойств мышечной ткани в титановые имплантаты выполнялось оперативное вмешательство на широчайших мышцах спины кролика. Положение животного — на животе. Кожный разрез выполнялся на 1 см кнаружи от остистых отростков Th<sub>v</sub>–Th<sub>xii</sub> с правой и с левой сторон. В верхней и нижней третях мышечного брюшка широчайшей мышцы спины выполнено расслоение волокон, далее в зоны мышечного разволокнения были установлены два варианта титановых имплантатов. Справа имплантированы непористые образцы, слева — пористые титановые пластины. Рана была ушита послойно.

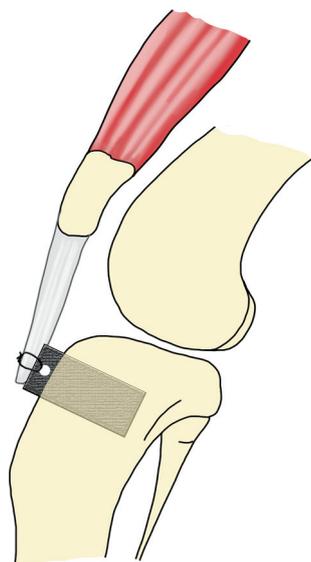
После создания модели функционального костного дефекта с вовлечением в дефект точек прикрепления мышечного и связочного аппарата животных наблюдали в течение 3 мес. с момента операции до выведения их из эксперимента. При этом следили за общим состоянием (активность, аппетит, физиологические отправления), а также оценивали состояние послеоперационной раны. Особое внимание уделяли передвижению животных и функции суставов.

**Методика лучевых исследований.** Экспериментальным животным опытных и контрольных групп выполнялись рентгенограммы коленных суставов в прямой и боковой проекциях на 1-е сутки после формирования костного дефекта, 60-е и 90-е сутки после операции.

Укладку выполняли в положении животного на спине с центрацией рентгеновских лучей на область коленных суставов. Рентгенографию в боковой проекции выполняли в положении животного на боку, держа за задние лапы. Рентгенологические исследования выполняли в двух стандартных проекциях в контрольные сроки. Для выполнения рентгенографии использовали аппарат Phillips Diagnost. Условия съемки: 42 kV, 5.00 mAs, 22,9 ms. Фокусное расстояние составляло 1 м.

При рентгенологическом исследовании у животных оценивали наличие либо отсутствие зоны резорбции костной ткани в области прилегания имплантата, признаки прорастания костной ткани в имплантат.

**Методика морфологических исследований.** Морфологические исследования были выполнены на 60-е сутки после оперативного лечения. Образцы некропсий, содержащие исследуемые имплантаты, фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина. Далее материал обезжизивали в восходящих спиртах и пропитывали метилметакрилатом Technovit 4004 (Kulzer,



**Рис. 2.** Схема выполнения операции на большеберцовых костях кролика

**Fig. 2.** Scheme of surgery on rabbit tibia

Германия), после чего помещали в полипропиленовые пробирки и заливали свежей порцией смеси полимера и мономера метилметакрилата Technovit 4004 в пропорции 1:1. Далее пробирки помещали в термостат при  $t +60^{\circ}\text{C}$ , где производили окончательную полимеризацию в блоки. Фиксированные в пластмассе образцы нарезали отрезным станком IsoMet HS (Buehler, США) вдоль вертикальной оси имплантатов и шлифовали на станке Metaserv 250 (Buehler, США), ориентируясь на правила общепринятых методик подготовки недекальцинированных шлифов костной ткани [18, 19]. Препараты окрашивали гематоксилином и эозином. Микроскопическое исследование проводили с помощью светового микроскопа Axio-Scope A1 (Carl Zeiss, Германия).

При морфологическом исследовании микропрепаратов мышечной ткани и сухожилий оценивались:

- характер ткани в зоне непосредственного прилегания к имплантату;
- интеграция или отсутствие интеграции ткани в имплантат;
- клеточная реакция тканей, окружающих имплантат.

Морфологическая оценка интеграции губчатой и кортикальной кости в титановый имплантат выполнялась по следующим параметрам:

- наличие либо отсутствие фиброзной капсулы вокруг имплантата;
- наличие костной ткани в порах исследуемых титановых материалов.

При помощи системы видеоанализа «Видеотест 4.0» выполнен подсчет тканевых элементов:

- периметр фиброзной ткани вокруг имплантата;
- площадь кровеносных сосудов.

*Методика исследования прочностных свойств.* Исследование прочностных свойств проводилось на 90-е сутки после операции с помощью универсальной установки для механических испытаний AG-100X Plus (Shimadzu Corp., Япония). Испытания на растяжение выполнялись с контролем деформации в соответствии с ISO 6892-2009 и JIS Z2241-2010. Образцы тканей, интегрированных с титановыми пластинами (монолитными или пористыми), испытаны в режиме одноосного растяжения. Для фиксации образцов в плоских механических зажимах ткани прошивались хирургической нитью, концы которой помещались в зажим. Другой конец образца (титан) фиксировался также с помощью хирургической нити, продетой в отверстие на конце пластины. Скорость деформирования составляла 10 мм/мин. Деформационные кривые образцов фиксировались в координатах «перемещение зажима (мм) — растягивающая нагрузка (Н)». Определить удельные единицы деформации и механического напряжения в про-

цессе испытания было невозможно: в процессе растяжения деформировалась как ткань образца (или зона контакта «титан-образец»), так и нити. Поэтому выделить в этом процессе деформацию самого образца не представлялось возможным. Расчет напряжений требовал точного значения сечения образца — ткани, воспринимавшей нагрузку в процессе деформирования. В результате единственным значащим параметром, определявшимся в процессе испытаний, была максимальная нагрузка (в ньютонах), зафиксированная в процессе растяжения образца. При исследовании прочностных свойств интеграции оценивались усилия на разрыв мягких тканей в области прикрепления к исследуемым имплантатам.

*Статистический анализ.* Для статистической обработки данных применяли пакет прикладной статистики Prism Graphpad 6,0: рассчитывали среднюю арифметическую величину и ее ошибки ( $M \pm m$ ), различия оценивали с использованием Т-критерия в модификации Уэлча. Критический уровень значимости  $p$  принимали меньшим или равным 0,05.

## Результаты

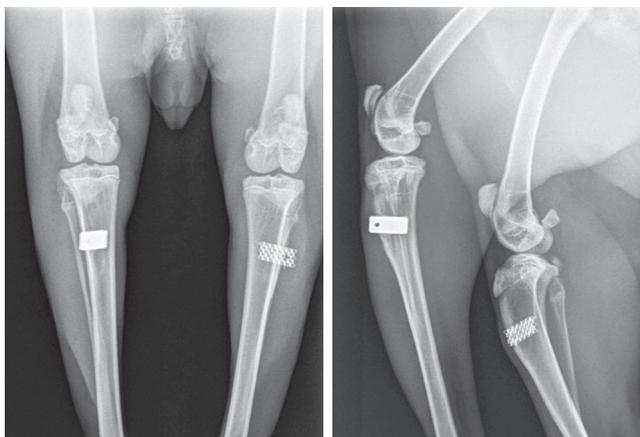
Животных наблюдали в течение всего послеоперационного периода до выведения их из эксперимента. В первые сутки после операции клинически отмечали снижение аппетита и активности экспериментальных животных. Со 2-х суток после операции у всех животных отмечали нормализацию двигательной активности, восстановление аппетита. Во всех опытных группах в течение всего срока исследования рана заживала без признаков воспаления (гиперемии, отека, нарушения подвижности).

*Результаты лучевых исследований.* На рентгенограммах на 60-е и 90-е сутки после операции признаков резорбции костной ткани вокруг имплантата и его миграции в обеих группах не выявлено. На 90-е сутки после имплантации в обеих группах подлежащая костная ткань вокруг титановых образцов не имела признаков резорбции (рис. 3).

*Результаты морфологического исследования.* При морфологическом исследовании образцов мышечной ткани на 60-е сутки после операции, в группе с имплантацией непористого титанового материала наблюдалось формирование тонкой соединительнотканной капсулы вокруг имплантата без воспалительных проявлений. Периметр фиброзной ткани вокруг титанового имплантата составил  $86417,5 \pm 17939,1$  мкм. Интеграции с мягкими тканями не выявлено. Встречались единичные кровеносные сосуды по периферии, площадь которых составила  $2754,5 \pm 499,4$  мкм<sup>2</sup>. В опытной группе с имплантацией пористого титанового имплантата в мышечную ткань на-

блюдалось прорастание зрелой фиброзной ткани с упорядоченными волокнами в поры материала с неравномерным расположением разнокалиберных сосудов без клеточной реакции. Фиброзная

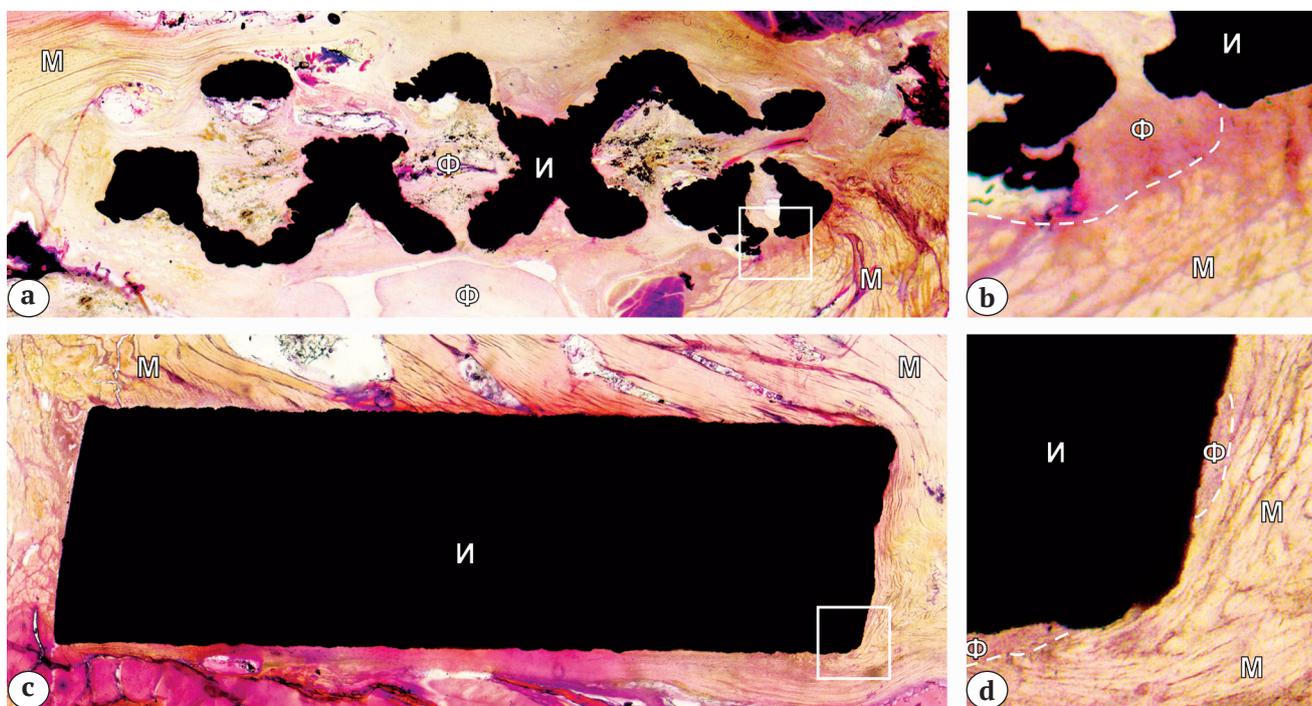
ткань в опытной группе вращала на всю глубину имплантата (рис. 4). Периметр фиброзной ткани в местах соприкосновения с имплантатом составил  $185482,7 \pm 89906,6$  мкм. В глубине имплантата находились единичные разнокалиберные сосуды, площадь которых составила  $14978,08 \pm 14441,7$  мкм<sup>2</sup>.



**Рис. 3.** Рентгенограммы в прямой и боковой проекциях на 90-е сутки после операции.

Вокруг имплантатов не прослеживается зона просветления костной ткани, окружающая кость без патологических изменений

**Fig. 3.** AP and lateral X-rays on day 90 after implantation. No radiolucency observed around the implants, surrounding bone without any pathological changes



**Рис. 4.** Микропрепараты мышечной ткани исследуемых групп на 60-е сутки после операции:

Ф — фиброз; М — мышца; И — имплантат;

a — прорастание фиброзной ткани в поры материала с неравномерно расположенными разнокалиберными кровеносными сосудами;

b — зрелая фиброзная ткань на поверхности имплантата;

c — непористый титановый имплантат в толще мышечных волокон;

d — тонкая соединительнотканная капсула вокруг непористого имплантата.

Окраска гематоксилином. Ув.: a, c —  $\times 40$ ; b, d —  $\times 80$

**Fig. 4.** Microslides of muscular tissue in the experiment groups on day 60 after implantation:

Ф — fibrosis; М — muscle; И — implant;

a — ingrowth of fibrous tissue into implant pores with heterogeneous blood vessels located unevenly;

b — mature fibrous tissue on implant surface;

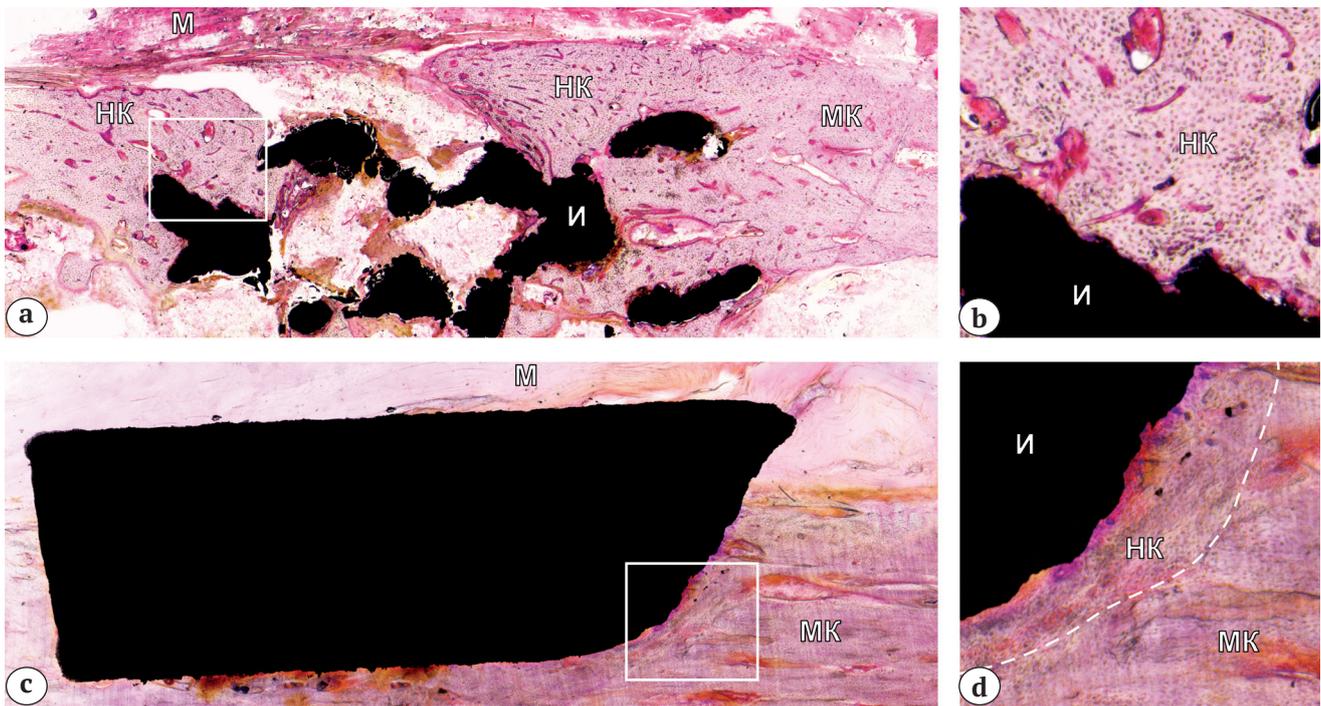
c — non-porous titanium implant within muscular fibers;

d — thin connective tissue capsule around the non-porous implant.

Staining by hematoxylin. Mag.: a, c —  $\times 40$ ; b, d —  $\times 80$

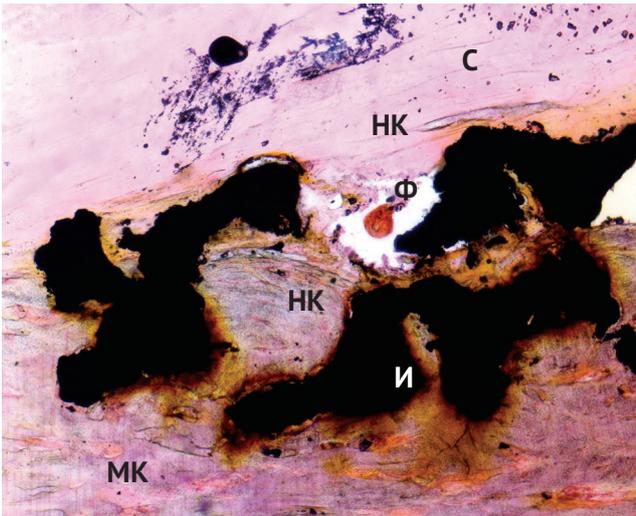
При морфологическом исследовании титановых образцов, имплантированных в зону прикрепления собственной связки надколенника к большеберцовой кости, на 60-е сутки установлена остеоинтеграция в обеих исследуемых группах. Новообразованная костная ткань плотно прилегала к поверхности имплантата (рис. 5). На поверхности пористого имплантата в опытной группе отмечены тонкие очаги фиброзной ткани, периметр соприкосновения фиброзной ткани составил  $10555,04 \pm 2173,13$  мкм, при этом фиброзная ткань находилась преимущественно в местах прилегания собственной связки надколенника.

В контрольной группе периметр соприкосновения фиброзной ткани на поверхности имплантата составил  $5723,82 \pm 974,81$  мкм. Фиброзная ткань также располагалась в зонах соприкосновения с волокнами собственной связки надколенника. Следует отметить, что в опытной группе с имплантацией пористого титана, помимо остеоинтеграции, выявлена интимная, плотная интеграция соединительной ткани с упорядоченными волокнами к титановому образцу в зоне контакта с собственной связкой надколенника с прослойкой фиброзной ткани (рис. 6).



**Рис. 5.** Микропрепараты костной ткани на 60-е сутки после операции:  
 Ф — фиброз; М — мышца; И — имплантат; МК — материнская кость; НК — новообразованная кость;  
 а — пористый титановый имплантат в зоне бугристости большеберцовой кости;  
 б — интеграция новообразованной костной ткани в пространственную пору титанового пористого имплантата;  
 с — непористый титановый имплантат в зоне бугристости большеберцовой кости;  
 д — плотное прилегание новообразованной костной ткани к поверхности имплантата.  
 Окраска гематоксилином. Ув.: а, с —  $\times 40$ ; б, д —  $\times 80$

**Fig. 5.** Microslides of bone tissue on day 60 after implantation:  
 Ф — fibrosis; М — muscle; И — implant; МК — host bone; НК — new bone;  
 а — porous titanium implant at the site of tibia tubercle;  
 б — ingrowth of new bone into the three-dimensional pore of porous titanium implant;  
 с — non-porous titanium implant at the site of tibia tubercle;  
 д — adherence of new bone to implant surface.  
 Staining by hematoxylin. Mag.: а, с —  $\times 40$ ; б, д —  $\times 80$



**Рис. 6.** Прилегающая к образцу собственная связка надколенника intimately связана с поверхностью титана с неравномерной прослойкой тонкой фиброзной ткани:

Ф — фиброзная ткань; С — сухожилие; И — имплантат; МК — материнская кость; НК — новообразованная кость  
Окраска гематоксилином. Ув. ×80

**Fig. 6.** Patella ligament adjacent to the implant is intimately attached to titanium surface with an uneven interlayer of thin fibrous tissue:

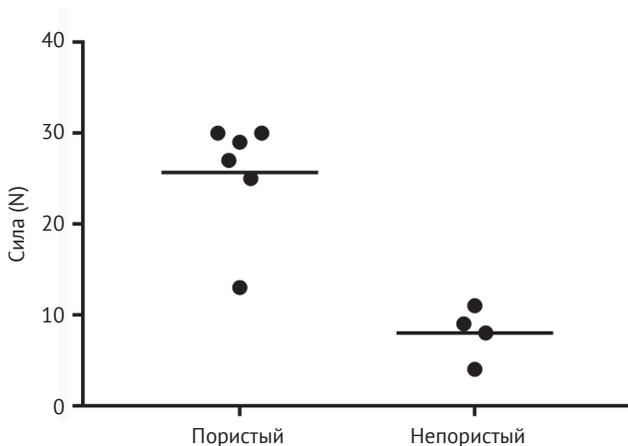
Ф — fibrous tissue; С — tendon; И — implant; МК — host bone; НК — new bone.  
Staining by hematoxylin. Mag. ×80

### Результаты

**Исследования прочностных свойств.** Исследования прочности фиксации мышечной ткани к титановым имплантатам проведены в обеих группах на 90-е сутки. В контрольной группе с имплантацией непористого титана разрушающее усилие на разрыв составило  $8 \pm 2,9$  N. При таком усилии происходила отслойка фиброзной ткани от поверхности исследуемых титановых образцов без повреждения волокон мышечной ткани. В опытной группе (пористый титановый имплантат) усилие на разрыв составило  $26 \pm 6,5$  N. При таком воздействии силы происходило разрушение мышечных волокон вне зоны прилегания к тестируемому титановому образцу. Фиброзная капсула вокруг тестируемых опытных образцов пористого титана была без повреждений, оставаясь непрерывной. Усилие на разрыв в опытной группе существен-

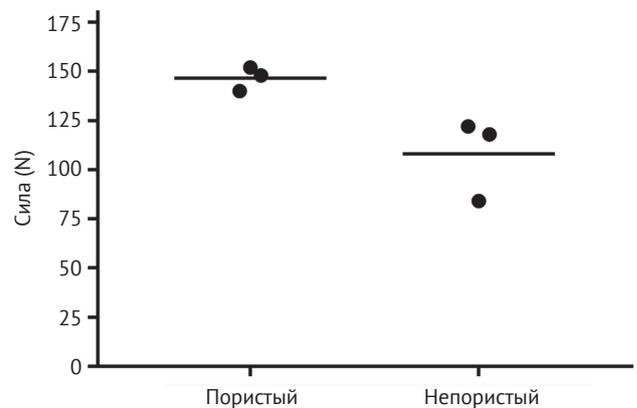
но превосходило контрольную группу ( $p < 0,05$ ). В опытной группе один из четырех тестируемых макропрепаратов имел рыхлую фиброзную капсулу вокруг титанового имплантата, содержащую серозную жидкость. При проведении прочностных испытаний тестируемый образец выскользнул из фиброзной капсулы при усилии на разрыв в 13 N, что можно наблюдать на представленном ниже графике (рис. 7).

При оценке прочности фиксации в костной ткани исследуемых имплантатов обеих групп усилие на разрыв в контрольной группе составило  $108 \pm 21$  N, против  $147 \pm 6,1$  N в опытной группе ( $p = 0,07$ ) (рис. 8). Полученные данные демонстрируют превосходящую прочность интеграции мягких тканей и костной ткани в исследуемые опытные сетчатые имплантаты, изготовленные с помощью аддитивных технологий.



**Рис. 7.** Прочность фиксации титановых образцов в мышечной ткани животных контрольной и опытной групп

**Fig. 7.** Fixation strength of titanium samples in the muscle tissue of experimental and control animals



**Рис. 8.** Прочность фиксации титановых образцов в костной ткани животных контрольной и опытной групп

**Fig. 8.** Fixation strength of titanium samples in the bone tissue of experimental and control animals

## Обсуждения

Интеграция имплантатов в организме тесно связана с биофизическими и биохимическими процессами в окружающих их тканях. После имплантации происходит адсорбция белка с последующей адгезией клеточных структур к поверхности имплантата, что приводит к адгезии мягких тканей или матрицы костной ткани. При наличии микроподвижности и отсутствии адгезии образуется соединительнотканная капсула, окружающая заполненную жидкостью полость между имплантатом и тканями. J.S. Naues с соавторами в экспериментальном исследовании на кроликах доказали, что наиболее часто капсула образуется при использовании полированных имплантатов. Наличие микротрещин на поверхности имплантата способствует наилучшей адгезии тканей, что улучшает интеграцию окружающих тканей без образования плотной фиброзной капсулы [20].

Таким образом, для получения хорошей остеоинтеграции с имплантатом необходимы следующие условия: наличие пористости, прочная первичная фиксация имплантата. Дальнейшие исследования в этой области направлены на изучение оптимальных условий, обеспечивающих лучшую остеоинтеграцию. I.A. Van Dijk с соавторами использовали титановые имплантаты с покрытием из гидроксиапатита для улучшения адгезии клеточных структур [21]. M. Yamada с соавторами отметили улучшение остеоинтеграции при обработке имплантата путем сочетания анодного окисления и пескоструйной обработки [22]. N. Tsukimura с соавторами и T. Ueno с соавторами установили, что наличие шероховатой поверхности имплантата ускоряет остеоинтеграцию на ранних этапах и позволяет увеличить поверхность контакта имплантат-кость [23, 24].

Сейчас в ортопедии широко применяются имплантаты из трабекулярного металла, известные своими остеоинтегративными свойствами [25]. Также в литературе описано использование протеза надколенника из трабекулярного металла после пателэктомии или в ходе ревизионных операций при массивной потере костной ткани надколенника, когда пателлярный компонент имплантируется в мягкие ткани сухожилия четырехглавой мышцы бедра и связки надколенника [26–28]. В этих работах продемонстрирована возможность интеграции мягких тканей с хорошим функциональным результатом.

E. Rieger с соавторами исследовали интеграцию мягких тканей к поверхности имплантатов, предварительно обработанных методом анодирования в сравнении с необработанными материалами. В результате поверхности предварительно обработанные имплантаты обладали повышенной

гидрофильностью, а адсорбция белка была выше, чем в контрольной группе [29]. В ряде исследований установлено, что микропористая поверхность никелид-титановых нитей обладает матричными свойствами [30, 31]. Также в исследовании В.А. Ланшакова с соавторами выявлено, что при сшивании сухожилия с армированием сетчатым имплантатом из никелид-титановых нитей стимулируется направленный рост соединительной ткани по ходу нитей [32]. J.D. Vobyn с соавторами в исследовании на животных определили, что размер пор танталового блока от 50 до 200 мкм является оптимальным для интеграции мягких тканей [33]. M. Chvapil с соавторами предположили, что размер пор, превышающий 100 мкм, способствует прорастанию более высокодифференцированных тканей из-за возможности прорастания капилляров, тогда как в порах меньшего размера формируются менее дифференцированные клетки, так как питание тканей ограничено [17]. Таким образом оптимальный размер пор для интеграции мягких тканей составляет 100–200 мкм, что дает прорастание кости на глубину 2–3 мм и обеспечивает хорошую фиксацию имплантата. Поэтому мы использовали в своем исследовании имплантаты с такой пористостью.

Наши исследования с использованием индивидуально изготовленных имплантатов подтвердили возможность достижения прочной фиксации сетчатых титановых имплантатов в кости. Усилия на разрыв составляли  $147 \pm 6,1$  N, что подтверждает возможность прочной остеоинтеграции.

Это также подтверждается данными литературы. Так, J.S. Reach с соавторами подшивали супраспинальное сухожилие к высокопористым титановым имплантатам, которые, в свою очередь, были фиксированы к губчатой костной ткани при помощи винта. Авторы продемонстрировали, что усилие на разрыв точки прикрепления сухожилия к титановому имплантату оставило в среднем 149 N и по прошествии 16 нед. было сопоставимо с прочностью здорового сухожилия, при этом глубина прорастания коллагеновой ткани составила 2,80–3,00 мм [34]. Схожее экспериментальное исследование было выполнено группой авторов на собаках, которым подшивали сухожилие надколенника к большеберцовой кости, используя две пористые танталовые шайбы. Механическая прочность прикрепления сухожилия составляла 76% от прочности нативного сухожилия в течение 6 нед., но со временем не увеличивалась. При морфологическом анализе установлено, что волокнистая ткань занимала приблизительно 1/2 от доступного пространства в пористых танталовых шайбах [35]. В другом экспериментальном исследовании S.A. Hacking с соавторами имплантировали в область спины собакам танталовые пористые пласти-

ны в пространство между подкожной клетчаткой и фасцией. Через 4, 8 и 16 нед. прочность фиксации к пористым танталовым пластинам составляла 61, 71 и 89 г/мм соответственно. Гистологический анализ показал полный рост ткани во всем пористом танталовом имплантате. Кровеносные сосуды были видны на границе раздела и внутри пористого тантала. Это исследование показало, что васкуляризованная мягкая ткань быстро врастает в пористое покрытие тантала, в результате чего достигается прочная фиксация мягких тканей [36]. В исследовании J.D. Vobyn с соавторами прочность фиксации составила 27,5 г/мм через 16 нед. после имплантации. Данные морфологических исследований подтверждают образование полноценной костной ткани в межтрабекулярном пространстве имплантата [33].

Экспериментальные исследования прочности мышечно-сухожильно-костного комплекса на конечностях трупов показали, что самым слабым местом в этой системе обычно была мышца. Однако следует подчеркнуть, что измерение истинной прочности мышцы может быть получено только на такой экспериментальной модели, при которой сохранялись бы нервно-рефлекторные связи мышечно-сухожильного комплекса с организмом. Т.А. Wren в своем исследовании повреждений сухожилий, установил, что усилие приводящее к разрыву ахиллова сухожилия достигает 5000 Н. Учитывая, что толщина ахиллова сухожилия человека в передне-заднем направлении составляет в среднем 6,6 мм, а толщина собственной связки надколенника кролика равна 1,2–1,5 мм, усилие, приводящее к полному повреждению связочных структур в нашем экспериментальном исследовании, объяснимо меньше [37]. Данные о силе и жесткости в опубликованной ранее работе N. Inoue с соавтрами показывают, что надостные сухожилия собак имеют среднюю абсолютную прочность и жесткость 1098,5 Н и 100 Н/мм соответственно [38]. В литературе не удалось найти единое пороговое значение на разрыв для мышечных и сухожильных структур, так как разнятся диаметры сухожилий, вошедших в различные экспериментальные работы.

В ходе нашего исследования при изучении интеграции мышечной ткани в титановые пористые имплантаты во время прочностных испытаний продемонстрирована прочная фиксация исследуемых опытных титановых образцов. Происходил разрыв мышечной ткани вне зоны прилегания к имплантату, что можно расценивать как подтверждение адекватной прочности фиксации. Наш взгляд, важное значение имеет площадь соприкосновения титанового высокопористого материала с мягкой тканью. В нашем исследовании установлено, что в пространственных порах им-

плантата, изготовленного на основе аддитивных технологий, на всей глубине находится фиброзная ткань с разнокалиберными кровеносными сосудами. При этом в зоне непосредственного соприкосновения с имплантатом практически отсутствуют пустоты, что, в свою очередь, повышает прочность фиксации такого имплантата в мягких тканях.

Опыт ранее проведенных исследований в отношении интеграции мягких тканей в пористые имплантаты из металла продемонстрировал высокие прочностные свойства мягкотканной интеграции. В нашем исследовании мы оценили возможность такой интеграции в имплантаты, изготовленные при помощи аддитивных технологий. Результаты нашего экспериментального исследования открывают новые возможности для использования в клинической практике индивидуальных имплантатов для замещения сложных по форме костных дефектов, вовлекающих в себя места прикрепления мышц, сухожилий и связочного аппарата при ревизионных оперативных вмешательствах и сложной ортопедической патологии.

Процессы остеоинтеграции высокопористых титановых имплантатов — хорошо изученный вопрос, но в нашем исследовании преследовалась цель не только определить возможность замещения костных дефектов, но и оценить возможность восстановления точек прикрепления мышц с использованием высокопористой поверхности титанового имплантата. При помощи аддитивных технологий нам удалось разработать такую структуру поверхности имплантата, которая позволяет не только обеспечить надежную остеоинтеграцию с костным ложем, но и способствует интеграции мышечной ткани и капсульно-связочного аппарата. По результатам выполненных морфологических исследований титановых имплантатов, изготовленных при помощи аддитивных технологий, отмечено прорастание костной ткани в поры имплантатов с минимальным количеством фиброзной ткани, что подтверждает высокую потенцию пористой поверхности, изготовленной методом 3D-печати к остеоинтеграции. Также обнаружена отчетливая соединительнотканная интеграция, представленная плотной фиброзной тканью в порах материала, имплантированного в мышечную ткань. Прочность фиксации тканей в титановых пористых имплантатах в опытной группе значительно превосходила показатели фиксации в контрольной группе (шероховатый титановый блок).

Исследование открывает широкие перспективы применения высокопористых титановых имплантатов, изготовленных методом 3D-печати, для восстановительной и ревизионной хирургии как для замещения костных дефектов, так и восстановления поврежденных мышц.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

1. Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Николаев Н.С., Григоричева Л.Г., Овсянкин А.В., Черный А.Ж. и др. Эпидемиология первичного эндопротезирования тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики РНИИТО им. Р.Р. Вредена. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(2): 81-101. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101. Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Nikolaev N.S., Grigoricheva L.G., Ovsyankin A.V., Cherny A.Z. et al. [Epidemiology of primary hip arthroplasty: report from register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;(2):81-101. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101.
2. Kurtz S., Mowat F., Ong K., Chan N., Lau E., Halpern M. Prevalence of primary and revision total hip and knee arthroplasty in the United States from 1990 through 2002. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87(7):1487-1497. DOI: 10.2106/JBJS.D.02441.
3. Kurtz S., Ong K., Lau E., Mowat F., Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(4):780-785. DOI: 10.2106/JBJS.F.00222.
4. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Тотоев З.А., Лю Б., Билык С.С. Структура ранних ревизий эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(2):5-13. DOI: 10.21823/2311-2905-2014-0-2-5-13. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Totoyev Z.A., Lyu Bo, Bilyk S.S. [The structure of early revisions after hip replacement]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2014;(2):5-13. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2014-0-2-5-13.
5. Brown J.M., Mistry J.B., Cherian J.J., Elmallah R.K., Chughtai M., Harwin S.F., Mont M.A. Femoral component revision of total hip arthroplasty. *Orthopedics*. 2016;39(6):1129-1139. DOI: 10.3928/01477447-20160819-06.
6. Huang C., Qin L., Yan W., Weng X., Huang X. Clinical evaluation following the use of mineralized collagen graft for bone defects in revision total hip arthroplasty. *Regen Biomater*. 2015;4(2):245-249. DOI: 10.1093/rb/rbv022.
7. Garcia-Cimbrelo E., Garcia-Rey E., Cruz-Pardos A. The extent of the bone defect affects the outcome of femoral reconstruction in revision surgery with impacted bone grafting: a five- to 17-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(11):1457-1464. DOI: 10.1302/0301-620X.93B11.27321.
8. Алиев М.Д. Злокачественные опухоли костей. *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи*. 2010;(2):3-8. Aliev M.D. [Malignant bone tumors]. *Sarkomy kostey, myagkikh tkaney i opukholi kozhi* [Sarcomas of bone, soft tissue and skin treatment]. 2010;(2):3-8. (in Russian).
9. Антонов А.К., Цымбал М.В., Антонов Ю.К., Осипов А.В., Гречко А.Т. Металлополимерное эндопротезирование костей при первичных и вторичных опухолях опорно-двигательного аппарата у больных пожилого возраста. *Клиническая геронтология*. 2008;14(4):34-38. Antonov A.K., Tsimbal M.V., Antonov J.K., Osipov A.V., Grechko A.T. [Metallopolymeric endoprosthesis replacement of bones in case of primary and secondary tumors of locomotorium at elderly patients]. *Klinicheskaya gerontologiya* [Clinical gerontology]. 2008;14(4):34-38. (in Russian).
10. Han G., Wang Y., Bi W. Reconstruction using massive allografts after resection of extremity osteosarcomas the study design: A retrospective cohort study. *Int J Surg*. 2015;21:108-111. DOI: 10.1016/j.ijssu.2015.07.686.
11. Gosal G.S., Boparai A., Makkar G.S. Long-term outcome of endoprosthetic replacement for proximal femur giant cell tumor. *Niger J Surg*. 2015;21(2):143-145. DOI: 10.4103/1117-6806.162583.
12. Barut N., Anract P., Babinet A., Biau D. Periprosthetic fractures around tumor endoprostheses: a retrospective analysis of eighteen cases. *Int Orthop*. 2015;39(9):1851-1856. DOI: 10.1007/s00264-015-2915-3.
13. Карякин Н.Н., Горбатов Р.О. Прецизионные персонализированные направлятели для эндопротезирования коленного сустава. *Современные проблемы науки и образования*. 2016;(5):23. Karyakin N.N., Gorbatov R.O. [Patient specific instruments for total knee arthroplasty]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2016;(5):23. (in Russian).
14. Wong K.C., Kumta S.M., Geel N.V., Demol J. One-step reconstruction with a 3D-printed, biomechanically evaluated custom implant after complex pelvic tumor resection. *Comput Aided Surg*. 2015;20(1):14-23. DOI: 10.3109/10929088.2015.1076039.
15. Сафина Н., Сафронова Т., Баринов С. Биокерамика в медицине. *Стекло и керамика*. 2007;(2):34-36. Safina N., Safronova T., Barinov S. [Bioceramics in medicine]. *Steklo i keramika* [Glass and ceramics]. 2007;(2):34-36. (in Russian).
16. Чеканов А.С., Волошин В.П., Лекишвили М.В., Очкурченко А.А., Мартыненко Д.В. Реконструкция тазобедренного сустава деминерализованными аллоимплантатами при ревизионном эндопротезировании. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2015;(1):43-46. Chekanov A.S., Voloshin V.P., Lekishvili M.V., Ochkurenko A.A., Martynenko D.V. [Hip reconstruction with demineralized allografts in revision arthroplasty]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2015;(1):43-46. (in Russian).
17. Chvapil M., Holusa R., Kliment K., Stoll M. Some chemical and biological characteristics of a new collagen-polymer compound material. *J Biomed Mater Res*. 1969;3(2):315-322.
18. Donath K., Breuner G. A method for the study of undecalcified bones and teeth with attached soft tissues. The Säge-Schliff (sawing and grinding) technique. *J Oral Pathol*. 1982;11(4):318-326.
19. Васильев А.В., Волков А.В., Большакова Г.Б., Гольдштейн Д.В. Характеристика неоостеогенеза на модели критического дефекта теменных костей крыс с помощью традиционной и трёхмерной морфометрии. *Гены и клетки*. 2014;4:121-127. Vasilyev A.V., Volkov A.V., Bolshakova G.B., Goldstein D.V. [Characteristics of neoosteogenesis in the model of critical defect of rats' parietal bone using traditional and three-dimensional morphometry]. *Geny i kletki* [Genes and Cells]. 2014;4:121-127.

20. Hayes J.S., Klöppel H., Wieling R., Sprecher C.M., Richards R.G. Influence of steel implant surface microtopography on soft and hard tissue integration. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2018;106(2):705-715. DOI: 10.1002/jbm.b.33878.
21. van Dijk I.A., Beker A.F., Jellema W., Nazmi K., Wu G., Wismeijer D. et al. Histatin 1 enhances cell adhesion to titanium in an implant integration model. *J Dent Res*. 2017;96(4):430-436. DOI: 10.1177/0022034516681761.
22. Yamada M., Ueno T., Minamikawa H., Ikeda T., Nakagawa K., Ogawa T. Early-stage osseointegration capability of a submicrofeatured titanium surface created by microroughening and anodic oxidation. *Clin Oral Implants Res*. 2013;24(9):991-1001. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2012.02507.x.
23. Tsukimura N., Ueno T., Iwasa F., Minamikawa H., Sugita Y., Ishizaki K. et al. Bone integration capability of alkali- and heat-treated nanobimorphic Ti-15Mo-5Zr-3Al. *Acta Biomater*. 2011;7(12):4267-4277. DOI: 10.1016/j.actbio.2011.08.016.
24. Ueno T., Tsukimura N., Yamada M., Ogawa T. Enhanced bone-integration capability of alkali- and heat-treated nanopolymorphic titanium in micro-to-nanoscale hierarchy. *Biomaterials*. 2011;32(30):7297-7308. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2011.06.035.
25. Fradique R., Correia T.R., Miguel S.P., de Sá K.D., Figueira D.R., Mendonça A.G., Correia I.J. Production of new 3D scaffolds for bone tissue regeneration by rapid prototyping. *J Mater Sci Mater Med*. 2016;27(4):69. DOI: 10.1007/s10856-016-5681-x.
26. Ries M.D., Cabalo A., Bozic K.J., Anderson M. Porous tantalum patellar augmentation: the importance of residual bone stock. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;452:166-170. DOI: 10.1097/01.blo.0000229359.27491.9f.
27. Kwong Y., Desai V.V. The use of a tantalum-based Augmentation Patella in patients with a previous patellectomy. *Knee*. 2008;15(2):91-94. DOI: 10.1016/j.knee.2008.01.001.
28. Kumar N.S., Wilton T. Trabecular metal patella--is it really doomed to fail in the totally patellar -- deficient knee? A case report of patellar reconstruction with a novel technique. *Knee*. 2014;21(3):779-783. DOI: 10.1016/j.knee.2014.02.006.
29. Rieger E., Dupret-Bories A., Salou L., Metz-Boutigue M.H., Layrolle P., Debry C., Lavallo P., Vrana N.E. Controlled implant/soft tissue interaction by nanoscale surface modifications of 3D porous titanium implants. *Nanoscale*. 2015;7(21):9908-9918. DOI: 10.1039/c5nr01237f.
30. Радкевич А.А., Кузьменко И.И., Ходоренко В.И. Опыт использования сплавов на основе никелида титана в хирургии грыж передней брюшной стенки. *Имплантаты с памятью формы*. 2003;1-2:28-32. Radkevich A.A., Kuzmenko I.I., Khodorenko V.I. [Experience in the use of titanium nickelide-based alloys in surgery for hernia of the anterior abdominal wall]. *Implantaty s pamyat'yu formy*. 2003;1-2:28-32. (in Russian).
31. Сердюк В.В. Диагностика и лечение поврежденного ахиллова сухожилия. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 1974;11:40-42. Serdyuk V.V. [Diagnosis and treatment of damage to the Achilles tendon]. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova* [Journal Surgery named after N.I. Pirogov]. 1974;11:40-42.
32. Ланшаков В.А., Гюнтер В.Э., Панов А.А., Панова А.С., Баховудинов А.Х. Хирургическое лечение разрывов ахиллова сухожилия с использованием сетчатых имплантатов из никелида титана. *Сибирский медицинский журнал (Томск)*. 2008;3-2:38-41. Lonsakov V.A., Gyunter V.E., Panov A.A., Panova A.S., Bakhovoudinov A.Kh. [Surgical treatment of the achilles tendon ruptures using titanium nickelide implant mesh]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Tomsk)* [Siberian Medical Journal (Tomsk)]. 2008;3-2:38-41.
33. Boby J.D., Wilson G.J., MacGregor D.C., Pilliar R.M., Weatherly G.C. Effect of pore size on the peel strength of attachment of fibrous tissue to porous-surfaced implants. *J Biomed Mater Res*. 1982;16(5):571-584.
34. Reach J.S. Jr., Dickey I.D., Zobitz M.E., Adams J.E., Scully S.P., Lewallen D.G. Direct tendon attachment and healing to porous tantalum: an experimental animal study. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(5):1000-1009. DOI: 10.2106/JBJS.E.00886.
35. Itälä A., Heijink A., Leerapun T., Reach J.S., An K.N., Lewallen D.G. Successful canine patellar tendon reattachment to porous tantalum. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;463:202-207.
36. Hacking S.A., Bobyn J.D., Toh K., Tanzer M., Krygier J.J. Fibrous tissue ingrowth and attachment to porous tantalum. *J Biomed Mater Res*. 2000;52(4):631-638.
37. Wren T.A., Yerby S.A., Beaupre G.S., Carter D.R. Mechanical properties of the human achilles tendon. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2001;16(3):245-251.
38. Inoue N., Ikeda K., Aro H.T., Frassica F.J., Sim F.H., Chao E.Y. Biologic tendon fixation to metallic implant augmented with autogenous cancellous bone graft and bone marrow in a canine model. *J Orthop Res*. 2002;20:957-966.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Тихилов Рашид Муртузалиевич — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Шубняков Игорь Иванович — д-р мед. наук, главный научный сотрудник ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Денисов Алексей Олегович — канд. мед. наук, Ученый секретарь, заведующий научным отделением патологии тазобедренного сустава ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), professor, director of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; professor of Traumatology and Orthopedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Igor I. Shubnyakov — Dr. Sci. (Med.), chief researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

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

*Конеv Владимир Александрович* — канд. мед. наук, научный сотрудник экспериментального морфологического отделения, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Гофман Иосиф Владимирович* — канд. хим. наук, старший научный сотрудник лаборатории механики полимеров и композиционных материалов, ФГБУН «Институт высокомолекулярных соединений» Российской Академии наук, Санкт-Петербург

*Михайлова Полина Михайловна* — младший научный сотрудник научного отделения нейроортопедии с костной онкологией ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Нетьлько Георгий Иванович* — д-р мед. наук, заведующий экспериментально-морфологическим отделением, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Васильев Андрей Вячеславович* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики стволовых клеток, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр», Москва

*Анисимова Лариса Осиповна* — старший научный сотрудник экспериментально-морфологического отделения, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Билык Станислав Сергеевич* — лаборант-исследователь научного отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Vladimir A. Konev* — Cand. Sci. (Med.), researcher, Research Department of Experimental Morphology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Iosif V. Gofman* — Cand. Sci. (Chem.), senior researcher, Laboratory of Polymers and Composite Materials Mechanics, Institute of Macromolecular Compounds Russian Academy of Science, St. Petersburg, Russian Federation

*Polina M. Mikhailova* — researcher, Research Department of Hip Pathology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Georgy I. Netylko* — head of the Research Department of Experimental Morphology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Andrej V. Vasil'ev* — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Laboratory of Stem Cell Genetics, Medical Genetics Research Center, Moscow, Russian Federation

*Larisa O. Anisimova* — senior researcher, Research Department of Experimental Morphology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Stanislav S. Bilyk* — researcher, Research Department of Hip Pathology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

# Ультразвуковая диагностика синовиальных кист кисти и лучезапястного сустава

И.Г. Чуловская, К.А. Егиазарян, М.А. Скворцова, Е.В. Лобачев

ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»  
Минздрава России  
Ул. Островитянова, д. 1, 117997, Москва, Россия

## Резюме

**Цель исследования** — оценить эффективность и целесообразность обязательного ультразвукового обследования пациентов с синовиальными кистами кисти и лучезапястного сустава.

**Материал и методы.** Проведено обследование и последующее лечение 274 пациентов с синовиальными кистами кисти с 2005 по 2017 г. Диагностику выполняли на основании клинико-anamnestических данных, результатов рентгенографии, ультрасонографического исследования (УСГ), интраоперационной диагностики и послеоперационного гистологического исследования. При необходимости также выполнялись МРТ (у 35 (12,8%) пациентов) и КТ (у 7 (2,6%) пациентов). При наличии клинических признаков поражения нервов предплечья в алгоритм включалась электронейромиография (у 17 (6,2%) пациентов).

**Результаты.** Операционные характеристики УСГ при исследовании мягкотканых новообразований составили: чувствительность — 97,4%; специфичность — 99,1%; диагностическая эффективность — 0,96%.

**Заключение.** УСГ при синовиальных кистах кисти и лучезапястного сустава позволяет выполнить топическую диагностику, определить вторичные изменения в окружающих анатомических структурах и установить причину вторичной клинической симптоматики.

**Ключевые слова:** синовиальная киста, гигрома, ганглий, теносиновит, ультрасонография.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-108-116

## Ultrasound Diagnostics of Synovial Cysts of the Hand and Wrist

I.G. Chulovskaya, K.A. Egiazaryan, M.A. Skvortsova, E.V. Lobachev

Pirogov Russian National Research Medical University  
1, ul. Ostrovityanova, 117997, Moscow, Russian Federation

## Abstract

**Purpose** – to evaluate the efficiency and rationale for a mandatory ultrasound examination of patients with synovial cysts of the hand and wrist joint.

**Material and Methods.** The authors performed examination and following treatment of 274 patients with synovial cysts of the hand from 2005 till 2017. The diagnostics was performed basing on clinical and medical history data, roentgenology findings, ultrasonographic data, intraoperative diagnostics and postoperative histological studies. When needed MRT was performed in 35 (12.8%) patients and CT scans in 7 (2.6%) patients. In the presence of clinical signs of lesions in the forearm nerves the examination algorithm was supplemented by electroneuromyography in 17 (6.2%) patients.

Чуловская И.Г., Егиазарян К.А., Скворцова М.А., Лобачев Е.В. Ультразвуковая диагностика синовиальных кист кисти и лучезапястного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):108-116.  
DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-108-116.

**Cite as:** Chulovskaya I.G., Egiazaryan K.A., Skvortsova M.A., Lobachev E.V. [Ultrasound Diagnostics of Synovial Cysts of the Hand and Wrist]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):108-116. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-108-116.

Скворцова Мария Артуровна. Ул. Островитянова, д. 1, 117997, Москва, Россия / Maria A. Skvortsova. 1, ul. Ostrovityanova, 117997, Moscow, Russian Federation; e-mail: no-reply@elpub.science

Рукопись поступила/Received: 23.03.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 23.05.2018.

*Results.* The ultrasound tests for examination of soft tissues tumors included were characterized by sensitivity of 97.4%, specificity — 99.1% and diagnostic efficiency — 0.96%.

*Conclusion.* Ultrasonographic examination in cases of synovial cysts of the hand and wrist joint allows to perform topical diagnostics, to identify secondary alterations in adjacent anatomical structures and to determine the cause for secondary clinical semiology.

**Keywords:** synovial cyst, hygroma, ganglion, tendinous synovitis, hand ultrasound.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-108-116

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Синовиальные кисты (СК) являются одной из самых распространенных причин обращения к врачу по поводу заболеваний кисти [1, 2].

В литературе они также часто характеризуются с помощью терминов «гигрома» и «ганглий». На наш взгляд эти термины не отражают сути и течения патологического процесса. Термин «синовиальная киста» является наиболее приемлемым для обозначения этой патологии.

С точки зрения гистологов, СК являются дегенеративными псевдокистами. В противоположность синовиальной сумке и синовиальным суставным карманам, наполненным синовиальной жидкостью, стенки СК состоят из волокнистой соединительной ткани, лишенной синовиальной оболочки, а их содержимое представляет собой густую, вязкую, студенистую жидкость различных оттенков желтого цвета [4].

Синовиальные кисты могут сообщаться с полостью сустава (суставные СК), с полостью сухожильного влагалища (сухожильные СК) или не иметь сообщения с полостными структурами (СК, исходящие из параартикулярных тканей) [5].

Среди множества теорий происхождения СК наибольшее признание завоевали две. Согласно первой, СК представляют собой грыжевое выпячивание синовиальной оболочки (сухожильных влагалищ, суставных сумок) с последующим замещением ее соединительной тканью и концентрацией содержащейся в ней жидкости [6, 7]. Согласно второй теории, наиболее распространенной, СК образуются в результате дегенеративно-дистрофического перерождения периартикулярной соединительной ткани, в том числе связок, окружающих сустав, с последующей муконидной перестройкой тканей. СК сухожильных влагалищ являются следствием патологических изменений в оболочке сухожилий — теносиновита. В результате длительной хронической травматизации и воспаления в сухожильном канале могут образовываться локальные изолированные кисты, в которых скапливается синовиальная жидкость [5, 6, 8].

На этапе первичной консультации в поликлинике часто возникает проблема упрощенной схемы диагностики и лечения: хирург или травматолог, основываясь исключительно на данных анамнеза и физикального обследования, ставит диагноз «гигрома» и далее назначает консервативную терапию. Зачастую, только столкнувшись с осложнениями, специалисты амбулаторного звена направляют пациента в специализированное отделение хирургии кисти [1].

На сегодняшний день в отечественной медицине единственным методом исследования, предусмотренным в стандартах оказания медицинской помощи в системе ОМС, является рентгенография. Однако ее возможности при мягкотканых новообразованиях ограничиваются выявлением сопутствующей патологии суставов. Исследование структуры объемного образования, а также его взаимоотношения с окружающими мягкими тканями для рентгенографии недоступны. Это диктует необходимость исследовать возможности ультразвукового метода для диагностики заболеваний синовиальных оболочек на кисти.

**Цель исследования** — оценить эффективность и целесообразность обязательного ультразвукового обследования пациентов с синовиальными кистами кисти и лучезапястного сустава.

## Материал и методы

Проведены обследование и последующее лечение 274 пациентов с СК на клинических базах кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова с 2005 по 2017 г., в том числе на базе ортопедического отделения Российского геронтологического научно-клинического центра с 2014 по 2017 г.

У женщин СК встречались чаще, чем у мужчин: 179 (65,3%) и 95 (34,7%) соответственно. Показатели среднего возраста у женщин ( $44,6 \pm 17,8$  лет) и мужчин ( $44,2 \pm 17,4$  года) практически не отличались. Давность заболевания составила от 2 мес. до 5 лет. При этом большинство больных обратились за лечением через 4 мес. после появления первых симптомов заболевания.

У 115 (41,9%) пациентов в анамнезе отмечалась травма или постоянная повышенная нагрузка на пораженный сегмент кисти с многочисленными микротравмами. Недопустимое физиотерапевтическое лечение проводилось на догоспитальном этапе у 185 (67,5%) больных. У 110 (40,1%) пациентов были выявлены ошибки диагностики, у 195 (71,2%) — ошибки лечения.

С рецидивами СК после предшествующего амбулаторного лечения обратились 77 (28,1%) больных. Из них 21 (7,7%) пациенту были выполнены оперативные вмешательства (без последующей гистологической диагностики), а 27 (9,9%) пациентам — различные манипуляции: механическое раздавливание кисты, аспирация ее содержимого, введение в полость кисты склерозирующих веществ. Ошибки лечения заключались в отсутствии иммобилизации и назначении недопустимых в таких случаях физиотерапевтических процедур у 19 (6,9%) пациентов. УЗИ было выполнено 18 (6,6%) пациентам перед обращением в клинику. Его результаты у 7 пациентов не содержали необходимых данных.

Диагностику объемных образований мы выполняли на основании клинико-анамнестических данных, результатов рентгенографии, УЗИ, интраоперационной диагностики и послеоперационного гистологического исследования. При необходимости исследования суставов выполнялась МРТ (у 35 (12,8%) пациентов), КТ (у 7 (2,6%) пациентов). При наличии клинических признаков поражения нервов предплечья в алгоритм включали ЭНМГ (у 17 (6,2%) пациентов). Вовлечение нервных стволов в патологический процесс было вторичным (при расположении СК в проекции нерва).

Клинические анализы крови и мочи установили отсутствие специфических изменений у всех больных.

На рентгенограмме определяли изменение объема мягких тканей, форму, контуры и размеры СК, ее положение относительно кожных покровов, костей и суставов, изучали состояние прилегающих костно-суставных структур.

В процессе ультразвуковой диагностики использовались аппараты HDI 3500 (Phillips), LOGIQ 9 (General Electric), LOGIQ 6 (General Electric), IU 22 (Phillips), Medison Accuvix-XG с линейными мультисекторными датчиками 7–15/12–15 МГц. Результаты исследований фиксировались на термолентах принтера.

УСГ проводилась в определенной последовательности. Зона поиска определялась на основании клинического обследования. После обнаружения исследовали внешние параметры СК: форму (округлая, овальная, неправильная), наличие капсулы, четкость и ровность контуров, нали-

чие камер. Далее изучали внутреннюю структуру СК (эхогенность, однородность структуры, наличие внутренних включений) с целью выяснения его патоморфологической природы — жидкостная, солидная или смешанная.

## Результаты

У 235 (85,8%) пациентов предварительное заключение после УЗИ, проведенного в нашей клинике, и результаты гистологического исследования совпали.

При клиническом обследовании СК определялись как опухолеподобные образования округлой или овальной формы, мягко- или плотноэластической консистенции, безболезненные или умеренно болезненные при пальпации, ограниченно подвижные. СК сухожильных влагалищ отличались малыми размерами (до 10 мм), плотноэластической консистенцией и болезненностью при пальпации. СК запястья малых размеров, включая недоступные для клинического обследования (скрытые кисты), нередко отличались выраженным болевым синдромом.

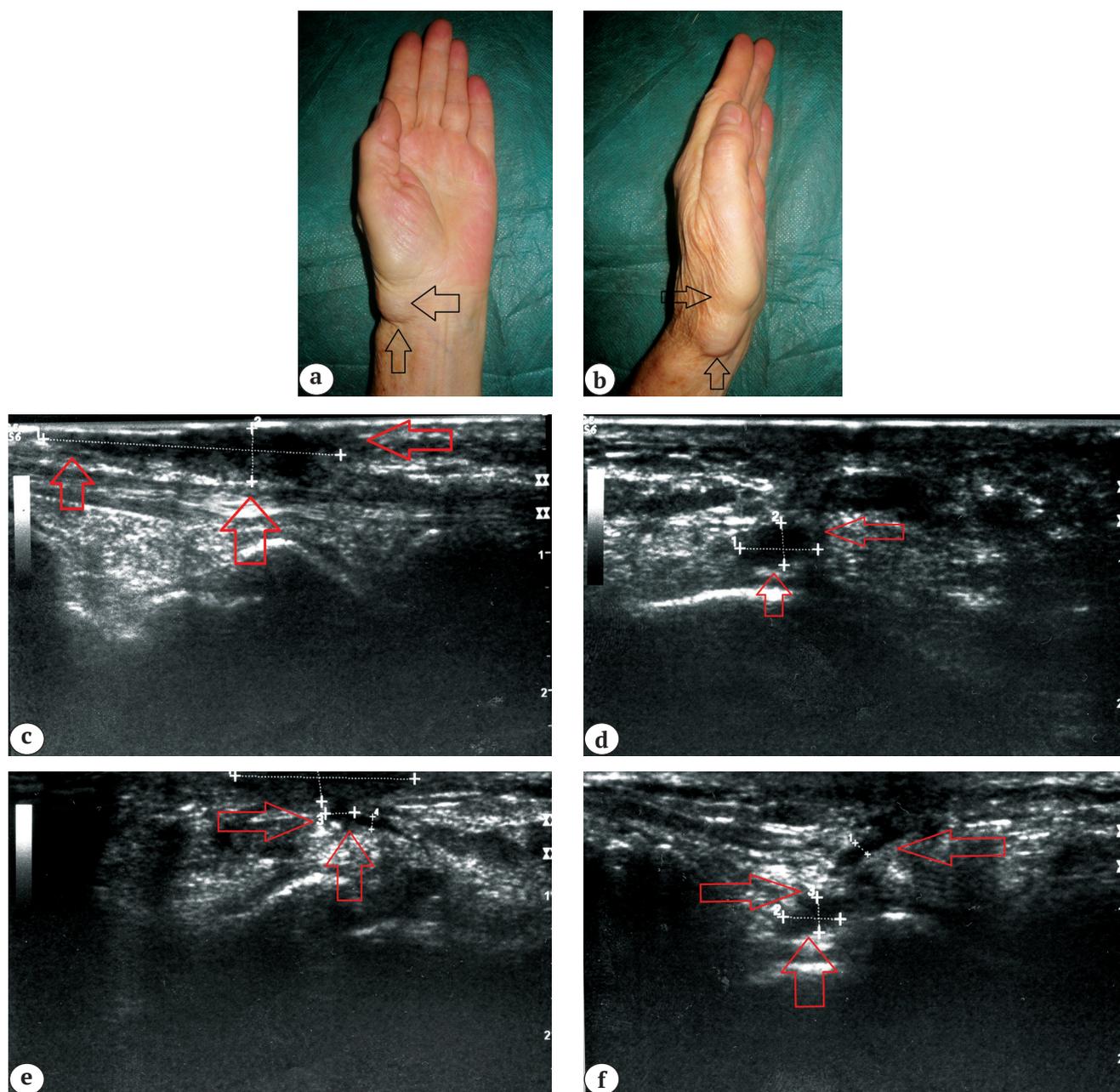
По размеру СК различали малые (менее 3 мм), средние (3–50 мм), гигантские (один из диаметров больше 50 мм). Гигантскими размерами отличались 5 синовиальных кист.

На сонограмме СК имели вид дополнительного объемного образования округлой, овальной или подковообразной формы с четкими контурами, одно- или многокамерные с четкими тонкими перегородками. Стенка кисты визуализировалась в виде эхогенной полосы. Внутреннее содержимое кисты на сонограмме определялось как однородная гипоэхогенная или анэхогенная «жидкостная» структура с эффектом последующего затенения (рис. 1, 2).

Количественные данные включали измерение СК (или каждой камеры СК). Сканирование выполнялось в двух обязательных проекциях — продольная и поперечная (относительно оси конечности), и произвольных (относительно оси образования).

Наибольшие размеры имели ладонные СК, исходящие из кистевого сустава. Меньшими размерами отличались СК кольцевидных связок пальцев кисти и сухожильных влагалищ сгибателей пальцев (0,3–0,7 см).

Подвижность, наличие или отсутствие спаенности образования с окружающими тканями определялись с помощью функциональных тестов. Например, при имитации солидного образования за счет гипертрофического разрастания синовиальной оболочки кисты тест сжатия датчиком приводил в случае кисты к существенному эластическому изменению ее формы.



**Рис. 1.** Синовиальная киста лучезапястного сустава:

a, b — внешний вид кисти (СК отмечена стрелками);

c, d — УЗИ — продольное сканирование;

e, f — УЗИ — поперечное сканирование: над сухожилием лучевого сгибателя кисти определяется дополнительное образование неправильной овальной формы с четкими неровными краями неоднородной структуры (отмечено стрелками) — анэхогенное с гипозоногенными включениями.

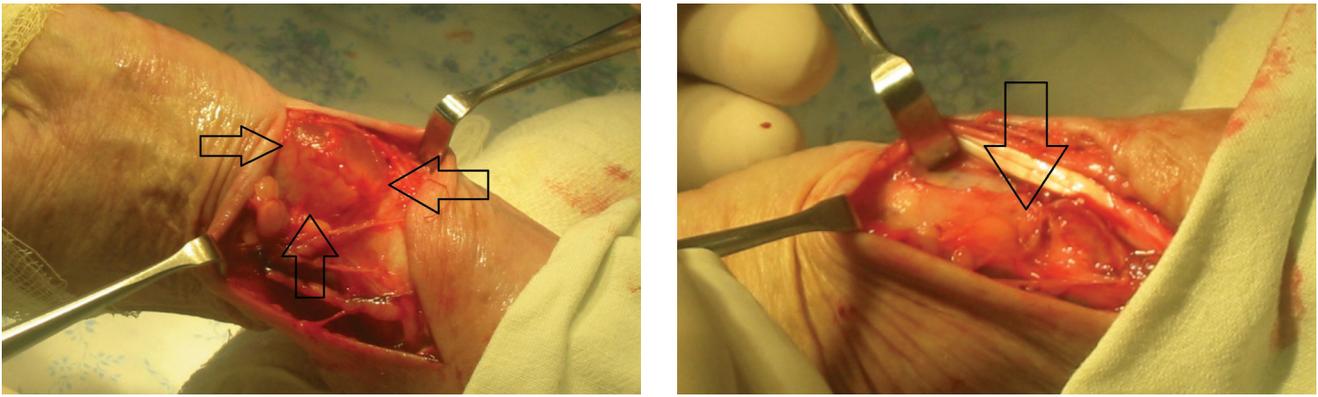
От этой камеры вглубь следует ножка кисты, соединяющаяся с дочерней кистой округлой формы с четкими неровными краями и однородной анэхогенной структурой и с последующей ножкой, заканчивающейся в полости лучезапястного сустава

**Fig. 1.** Synovial cyst of the wrist joint:

a, b — image of the hand (synovial cyst marked by arrows);

c, d — ultrasound examination, longitudinal scanning;

e, f — ultrasound examination, transverse scanning: a new growth of irregular oval shape with uneven borders and heterogeneous structure is identified above the radial flexor tendon (marked by arrows) — anechoic and hypoechoic inclusions. Pedicle of the cyst follows from this compartment and joins with secondary cyst of a round shape with clear uneven borders and homogeneous anechoic structure and with another pedicle ending in the wrist joint cavity



**Рис. 2.** Этапы оперативного лечения пациента с СК лучезапястного сустава. СК и область ножки после удаления СК отмечены стрелками

**Fig. 2.** Stages of surgery for the patient with synovial cyst of the wrist. Synovial cyst and pedicle area after removal of synovial cyst are marked by arrows

Степень сжимаемости была вариабельна: она значительно снижалась при высоком напряжении жидкости внутри СК, а также наличии в ней включений и перегородок, и была вовсе невозможна при ее глубоком расположении. Кроме того, внутри заполненных жидкостью СК в 255 (93,1%) случаях можно было наблюдать спонтанное или спровоцированное давлением датчика броуновское движение. Возможность уже при первом обследовании различать жидкостные и плотные новообразования является одним из важных достоинств ультразвуковой диагностики.

Обязательным компонентом ультразвуковой диагностики в рамках нашего исследования была визуализация окружающих анатомических структур и топическая диагностика.

Топическая диагностика включала исследование взаимоотношений с близлежащими мягкотканными и костно-хрящевыми структурами, а также наличие патологических изменений в этих структурах. Прогнозировалась вероятность появления или прогрессирования вторичных изменений в окружающих сухожилиях, нервах и/или сосудах при дальнейшем увеличении объема СК.

Динамическая УСГ выполнялась с целью исследования смещаемости выявленного образования по отношению к окружающим тканям, а также для характеристики окружающих СК скользящих структур (сухожилий, суставов и мышц). При исследовании СК, исходящих из суставов, на сонограмме определялась «ножка» кисти, направленная в полость сустава. У ладонных СК кистевого сустава поиски «ножки» обычно были затруднительны из-за ее извилистости, и в процессе ее визуализации требовалось постоянное перемещение датчика в нескольких косых проекциях.

Цветное доплеровское картирование (ЦДК) применялось для изучения васкуляризации обра-

зования и идентификации сосудов за счет на регистрации различных скоростей кровотока в области СК, разноцветного кодирования этих скоростей и сопоставления результата с двухмерным черно-белым изображением.

У параартикулярных кист «ножка» заканчивалась в периартикулярных тканях, или киста непосредственно располагалась на связке (характерно для кист, расположенных на кольцевидных связках пальцев кисти). При визуализации сухожильных СК выявлялась непосредственная связь полости кисты с сухожильным влагалищем. Полость кистевого сустава от СК отличала его более глубокое расположение и большой объем (рис. 3).

Используя технику дозированного сдавления датчиком, относительно несжимаемую синовиальную кисту, заполненную густой вязкой жидкостью, дифференцировали с теносиновитом, при котором жидкость легко перемещалась вдоль сухожильного влагалища.

Поиски скрытой СК проводили дорсальнее заднего полюса полулунной кости. Для более успешной визуализации кисть приводили в положение переразгибания. Гипоэхогенный хрящ полулунной кости в продольной проекции можно ошибочно принять за СК малых размеров, поэтому для дифференциальной диагностики исследовали соответствие выявленной структуры полулунной кости при продольном и поперечном сканировании. Кроме того, отличительным признаком хряща являлось отсутствие эффекта усиления УЗ-сигнала.

Длительно существующие СК были многокамерными, с более толстой стенкой и перегородками. При предшествующей травматизации кист (ушибы, ношение напульсника), после некоторых медицинских манипуляций (раздавливания, инъекций лекарственных веществ) возникали кровоизлияния в полость СК, что позже приво-

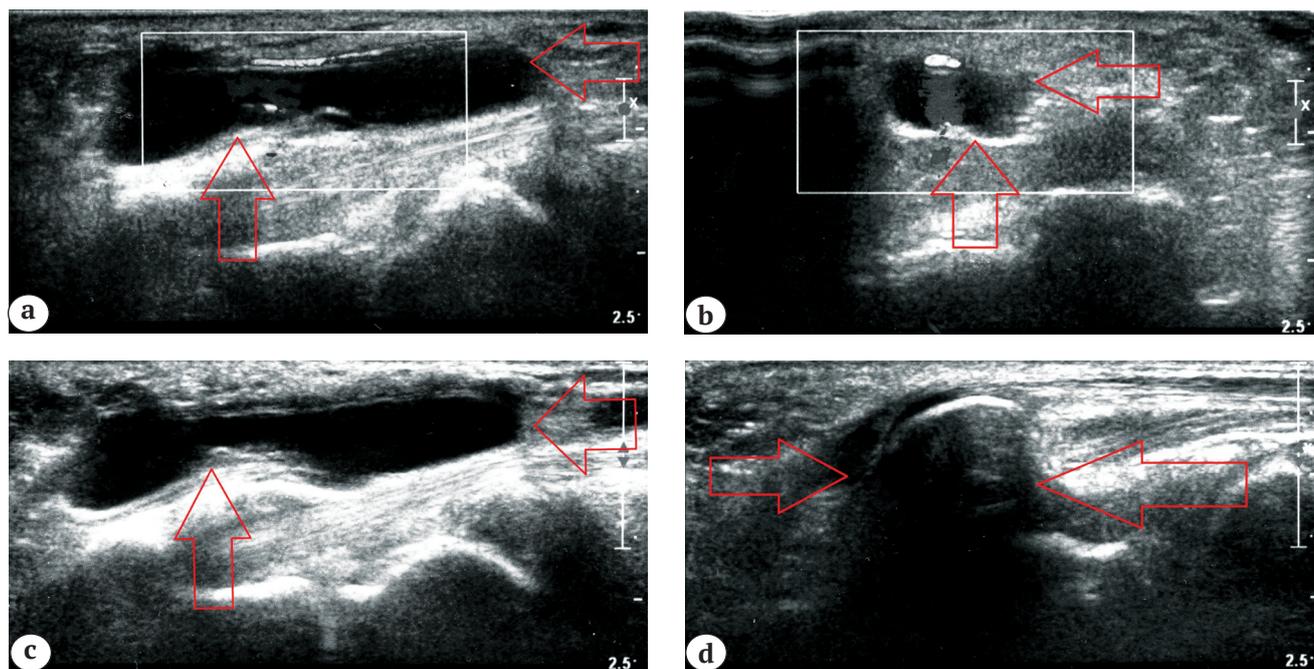
дило к фиброзу. СК приобретала неправильную форму, а ее внутренняя структура становилась неоднородной, с экзогенными включениями. В результате экзогенность СК повышалась и приближалась к солидному образованию. При визуализации СК гигантских размеров (у 3 пациентов) уплощение образования при надавливании датчиком ограничивало образование артефактов по периметру.

При ЦДК в стенках СК определялись единичные доплеровские сигналы. В полости кисты, в отличие

от жидкостных сосудистых образований, доплеровские сигналы не регистрировались.

В отличие от аневризмы на сонограмме СК отсутствовала пульсация, но при положении СК вблизи артерий (лучевой, локтевой или общепальцевых) пульсация передавалась на кисту, делая этот признак недостоверным.

Для дифференциальной диагностики использовали ЦДК, при котором в полости аневризмы регистрировались доплеровские сигналы, исчезающие при сдавливании датчиком питающего сосуда.



**Рис. 3.** Сонограммы СК из периартикулярных тканей кистевого сустава, расположенной на ладонно-локтевой поверхности запястья вдоль локтевого сосудисто-нервного пучка, наиболее узкая часть кисты — внутри канала Гийона: а — продольное сканирование; б — поперечное сканирование; с, d — соответственно продольное и поперечное сканирование в режиме ЦДК демонстрируют взаимоотношения СК с локтевой артерией

**Fig. 3.** Sonography of synovial cyst from periarticular tissues of the wrist joint located on the volar-ulnar surface of the wrist along ulnar neurovascular bundle. The narrowest cyst part is located inside of Gyuon canal: a — longitudinal scan; b — transverse scan; c, d — longitudinal and transverse scans with color Doppler imaging, respectively, demonstrate interrelations of the cyst with ulnar artery

У 170 (62%) пациентов СК располагались на тыльной поверхности запястья, а у 22 (8%) — на ладонной. В 18 (6,6%) случаях при ладонных СК было установлено близкое соседство СК с лучевой или локтевой артериями, а в 15 (5,5%) — со срединным и локтевым нервом.

Среди пациентов, направленных из поликлиники с предварительным диагнозом «СК» или «гигрома», на этапе ультразвукового исследования было выявлены следующие виды мягкотканной патологии: теносиновит, гемангиомы, фибромы, нейрофибромы, гигантоклеточные опухоли, ино-

родное тело. Пациенты с выявленными при УСИ новообразованиями кисти не вошли в данное исследование.

Причиной обращения за медицинской помощью больных с СК в 32 (11,7%) случаях являлось опасение за злокачественность природы объемного образования; в 125 (45,6%) — косметические проблемы; а в 35 (12,7%) — появление вторичной симптоматики, включающей болевой синдром, неврологические нарушения (результат сдавления нервных стволов) или ограничение скольжения заинтересованных сухожилий (при

проникновении кисты при движениях вместе с сухожилием в КФК).

СК сухожильных влагалищ, особенно локализованные на пальцах кисти или в области запястных каналов, несмотря на малые размеры, отличались более ранним появлением вторичной клинической симптоматики, и, как следствие, более ранним обращением больных. «Рабочая» классификация СК, основанная на их локализации и происхождении, представлена в таблице.

Установлено, что у 153 (55,8%) пациентов СК были связаны с полостью суставов. Из них наиболее часто 115 — (41,9%) был заинтересован кистевой сустав. У 64 (23,4%) пациентов были СК, исходящие из периартикулярных тканей. Большинство из них — 47 (17,2%) — располагались на тыльной стороне кисти, а их ножка заканчивалась в волокнах межкостных связок кистевого сустава. Скрытые СК в области запястья (размером до 5 мм) являлись УСГ находкой и были выявлены у 27 (9,9%) пациентов.

СК сухожильных влагалищ были обнаружены у 57 (20,8%) больных. В проекции запястья и предплечья было выявлено 36 (13,1%) СК. Из них 22 (8%) располагались на ладонной поверхности запястья и были связаны с влагалищами сухожилий сгибателей пальцев и кисти, а 14 (5,1%) — на тыльной и были связаны с влагалищами разгибателей пальцев и кисти. 12 (4,4%) СК были расположены

на ладонной поверхности проксимальной фаланги, а 9 (3,3%) — в проекции ПФС и проксимальной ладонной складки.

Среди сухожильных СК более половины — у 37 (13,5% больных — имели диаметр менее 0,5 см. В 5 (1,8%) случаях СК, связанные с сухожильными влагалищами сгибателей II и III пальцев, при сгибании кисти внедрялись в карпальный канал, вызывая неврологические нарушения в результате сдавления срединного нерва.

При магнитно-резонансной томографии СК, аналогично УСГ, визуализировались в виде дополнительного образования округлой или овальной формы с четкими контурами, а у многокамерных кист определялись четкие тонкие перегородки. Жидкостная структура характеризовалась появлением сигнала высокой интенсивности на T2-ВИ и низкой — на T1-ВИ. Внутренние включения характеризовались сигналом более высокой интенсивности на T1-ВИ и более низкой на T2-ВИ. Отличить аналогичное изображение внутрисуставной жидкости на МРТ помогал топический анализ изображения. Обнаружить СК или ее отдельную камеру малых размеров (0,3–5,0 см) при МРТ было затруднительно.

Операционные характеристики УСГ при исследовании составили: чувствительность 97,4%; специфичность 99,1%; диагностическая эффективность — 0,96.

Таблица/Table

**Классификация синовиальных кист по локализации и происхождению**  
**Classification of synovial cysts as per localization and origin**

Локализация и тип	Кол-во пациентов
СК, исходящие из полости суставов:	153
1) кистевого (ладонные/тыльные);	115
2) ПФС;	27
3) ПМФС	11
СК периартикулярных тканей:	64
1) связочного аппарата кистевого сустава (тыльные);	47
2) кольцевидных связок пальцев	17
Сухожильные СК в проекции:	57
1) запястья и предплечья (ладонные/тыльные);	36
2) ПФС и проксимальной ладонной складки;	9
3) проксимальной фаланги	12
Всего	274

## Обсуждение

Таким образом, подтверждены литературные данные, что осложнения, являющиеся результатом врачебных ошибок при диагностике СК, не соответствуют степени тяжести первичной причины обращения [1, 2]. Роль рентгенографии в диагностике СК ограничивалась выявлением сопутствующей костно-суставной патологии, в том числе деформирующего артроза при суставных СК.

Использование УЗИ как самостоятельного, так и в качестве вспомогательного метода диагностики при эндоскопических операциях представляет высокоинформативный и доступный путь обследования пациентов с патологией мягких тканей опорно-двигательного аппарата [9–19]. Одно из главных преимуществ ультразвуковой диагностики — возможность дифференциальной диагностики кисты и солидного образования, хотя иногда, при преобладании плотного компонента при гипертрофии синовиальной оболочки, киста на ультрасонограмме может выглядеть как солидное новообразование [3].

Многие пациенты с СК и доброкачественными новообразованиями кисти направляются к кистевым хирургам только после длительного безуспешного лечения (в том числе раздавливание, пункция, физиолечение) [11, 18–21]. Отсутствие онкологической настороженности, трудности дифференциальной диагностики лишь физикальными методами при обследовании пациента с неопухолевыми дегенеративно-дистрофическими заболеваниями, а также со злокачественными новообразованиями, часто приводят к недооценке тяжести процесса, ошибочному длительному периоду наблюдения, выполнению неадекватных оперативных вмешательств. В результате в патологический процесс вовлекаются соседние анатомические структуры. Это ведет к усложнению оперативного вмешательства, а иногда и к необходимости многократных этапных операций, длительной нетрудоспособности, социальной дезадаптации пациентов. Многие исследователи предлагают широкое применение МРТ и компьютерной томографии для диагностики СК [20, 21], но на практике использование таких методов ограничено высокой стоимостью обследования и возможной лучевой нагрузкой [3].

Проведенное исследование позволило сделать вывод, что УСГ при СК кисти и лучезапястного сустава позволяет выполнить топическую диагностику, определить вторичные изменения в окружающих анатомических структурах и установить причину вторичной клинической симптоматики. Показаниями к УСГ являются клинические признаки СК. Необходимость УСГ обусловлена неспецифичностью клинических проявлений СК, несоот-

ветствием размеров и выраженности клинических проявлений, частотой вторичного вовлечения в патологический процесс близлежащих структур, необходимостью определения взаимоотношения СК с окружающими тканями во избежание ятрогенных повреждений.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

## Литература [References]

1. Егиазарян К.А., Магдиев Д.А. Анализ оказания специализированной медицинской помощи больным с повреждениями и заболеваниями кисти в городе Москва и пути ее оптимизации. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2012;(2): 8–12.  
Egiazaryan K.A., Magdiev D.A. [The analysis of specialized medical care to patients with injuries and diseases of the hand in Moscow and ways to it optimization]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2012;(2):8–12.
2. Скороглядов А.В., Магдиев Д.А., Чуловская И.Г. Ультразвуковая диагностика в хирургии кисти. *Лечебное дело*. 2008;(3)85–88.  
Skoroglyadov A.V., Magdiev D.A., Chulovskaya I.G. [Ultrasound diagnosis in hand surgery]. *Lechebnoe delo*. 2008;(3)85–88.
3. Пугачева Е.Н., Корышков Н.А., Корышкова Л.В. Возможности комплексной ультразвуковой визуализации доброкачественных мягкотканых образований стопы и голеностопного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(1):62–67. DOI: 10.21823/2311-2905-2010-0-1-62-67.  
Pugacheva E.N., Koryshkov N.A., Koryshkova L.V. [Capabilities of complex sonographic imaging for benign soft tissue tumors of foot and ankle]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;(1):62–67. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2010-0-1-62-67.
4. Kim J.Y., Lee J. Considerations in performing open surgical excision of dorsal wrist ganglion cysts. *Int Orthop*. 2016;40(9):1935–1940. DOI: 10.1007/s00264-016-3213-4.
5. Kuliński S., Gutkowska O., Mizia S., Gosk J. Ganglions of the hand and wrist: Retrospective statistical analysis of 520 cases. *Adv Clin Exp Med*. 2017;26(1):95–100. DOI: 10.17219/acem/65070.
6. Sebaaly A., Hajj F., Kreichaty G., Ghanem I. Ganglion cyst arising from the first metacarpophalangeal joint in an adolescent. *J Med Liban*. 2014;62(3):173–175.
7. Longhurst W.D., Khachemoune A. An unknown mass: the differential diagnosis of digit tumors. *Int J Dermatol*. 2015;54(11):1214–1225. DOI: 10.1111/IJD.12980.
8. Teefey S.A., Dahiya N., Middleton W.D., Gelberman R.H., Boyer M.I. Ganglia of the hand and wrist: a sonographic analysis. *An AJR Am J Roentgenol*. 2008;191(3):716–720. DOI: 10.2214/AJR.07.3438.
9. Starr H.M., Sedgley M.D., Means K.R., Murphy M.S. Ultrasonography for Hand and Wrist Conditions. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016;24(8):544–554. DOI: 10.5435/JAAOS-D-15-00170.

10. Chiavaras M.M., Jacobson J.A., Yablon C.M., Brigido M.K., Girish G. Pitfalls in wrist and hand ultrasound. *AJR Am J Roentgenol.* 2014;203(3):531-540. DOI: 10.2214/AJR.14.12711.
11. Hennecke B., Umbricht R., Vögelin E. [Top ten indications for ultrasound imaging in the hand]. *Ther Umsch.* 2014;71(7):415-421. (in German). DOI: 10.1024/0040-5930/a000532.
12. Robinson C., Kocalkowski C., Bhosale A., Pillai A. Intratendinous ganglion cyst of the extensor digitorum longus tendon: A case report. *Foot (Edinb).* 2016;27:46-49. DOI: 10.1016/j.foot.2015.07.010.
13. Al-Hourani K., Gamble D., Armstrong P., O'Neill G., Kirkpatrick J. The Predictive Value of Ultrasound Scanning in Certain Hand and Wrist Conditions. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2018;23(1):76-81. DOI: 10.1142/S2424835518500108.
14. Chen I.J., Wang M.T., Chang K.V., Liang H.W. Ultrasonographic images of the hand in a case with early eosinophilic fasciitis. *J Med Ultrason (2001).* 2018 Feb 20. [Epub ahead of print]. DOI: 10.1007/s10396-018-0872-3.
15. Viviano S.L., Chandler L.K., Keith J.D. Ultrahigh Frequency Ultrasound Imaging of the Hand: A New Diagnostic Tool for Hand Surgery. *Hand (NY).* 2017 Sep 1:1558944717731856. [Epub ahead of print]. DOI: 10.1177/1558944717731856.
16. Slavchev S.A., Georgiev G.P. Ultrasound diagnosis of a ganglion cyst within an extensor digitorum brevis manus muscle. *Chir Main.* 2015;34(5):269-271. DOI: 10.1016/j.main.2015.06.004.
17. Oca Pernas R., Prada González R., Santos Armentia E., Hormaza Aguirre N., Tardáguila de la Fuente G., Trinidad López C., Delgado Sánchez-Gracián C. Benign soft-tissue lesions of the fingers: radiopathological correlation and clinical considerations. *Skeletal Radiol.* 2015;44(4):477-490. DOI: 10.1007/s00256-014-2040-1.
18. Colio S.W., Smith J., Pourcho A.M. Ultrasound-Guided Interventional Procedures of the Wrist and Hand: Anatomy, Indications, and Techniques. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2016;3(27):589-605. DOI: 10.1016/j.pmr.2016.04.003.
19. Yamamoto M., Kurimoto S., Okui N., Tatebe M., Shinohara T., Hirata H. Sonography-guided arthroscopy for wrist ganglion. *J Hand Surg Am.* 2012;37(7):1411-1415. DOI: 10.1016/j.jhsa.2012.04.012.
20. Teh J. Ultrasound of soft tissue masses of the hand. *J Ultrason.* 2012;12(51):381-401. DOI: 10.15557/JoU.2012.0028.
21. Freire V., Guérini H., Campagna R., Moutounet L., Dumontier C., Feydy A., Drapé J.L. Imaging of hand and wrist cysts: a clinical approach. *Am J Roentgenol.* 2012;199(5):618-628. DOI: 10.2214/AJR.11.8087.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Чуловская Ирина Германовна* — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Егиазарян Карен Альбертович* — д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Скворцова Мария Артуровна* — канд. мед. наук, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Лобачев Евгений Витальевич* — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Irina G. Chulovskaya* — Dr. Sci. (Med.), professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Karen A. Egiazaryan* — Dr. Sci. (Med.), associate professor, chair of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Maria A. Skvortsova* — Cand. Sci. (Med.), assistant of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Evgeny V. Lobachev* — PhD student, Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

# Артродезирование голеностопного сустава с использованием трех спонгиозных винтов

В.В. Хоминец, С.В. Михайлов, Д.А. Шакун, С.Е. Жумагазиев, А.В. Комаров

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ  
ул. Акад. Лебедева, д. 6, 194044, Санкт-Петербург, Россия

## Реферат

**Цель исследования** — оценить эффективность предложенного способа артрорезирования тремя спонгиозными винтами у пациентов с посттравматическим деформирующим артрозом голеностопного сустава.

**Материал и методы.** Особенность методики заключается в том, что после удаления хряща таранной и большеберцовой костей, оригинальной пластики аутологичной костью стопы выводят в оптимальное положение и фиксируют голеностопный сустав тремя спонгиозными винтами. Предложенным способом было прооперировано 23 пациента с посттравматическим деформирующим артрозом голеностопного сустава III–IV степени. Состояние всех пациентов до и после операции оценивали с использованием шкалы оценки голеностопного сустава и заднего отдела стопы, принятой Американским ортопедическим обществом стопы и голеностопного сустава (AOFAS).

**Результаты.** У 20 (88%) больных костный анкилоз голеностопного сустава был достигнут в срок до 2,5 мес., что было подтверждено рентгенологическим исследованием, у 2 (8%) больных анкилоз состоялся в срок до 4 мес. У одного больного (4%) возникла потеря корректного положения стопы с миграцией винтов. Пациенты, у которых отклонение таранно-большеберцового угла не превышало 5° по сравнению со здоровой конечностью после операции, имели наилучшие функциональные результаты.

**Заключение.** Предложенный способ обеспечивает надежное удержание таранной кости в заданном положении, одномоментную компрессию между замыкаемыми поверхностями сустава и позволяет начать раннюю и эффективную реабилитацию

**Ключевые слова:** посттравматический деформирующий артроз, артрорез голеностопного сустава, спонгиозные винты, костная пластика, таранно-большеберцовый угол.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126

## Ankle Arthrodesis with Three Cancellous Screws

V.V. Khominets, S.V. Mikhailov, D.A. Shakun, S.E. Shumagaziev, A.V. Komarov

Kirov Military Medical Academy  
6, ul. Akad. Lebedeva, 194044, St. Petersburg, Russian Federation

## Abstract

**Purpose** — to evaluate the efficiency of the proposed method of arthrodesis by three cancellous screws in patients with posttraumatic arthrosis of the ankle joint.

**Materials and Methods.** After removal of talus and tibia cartilage and autografting the proposed method features placement of foot into the optimal position and fixation of the ankle joint with three cancellous screws. 23 patients with posttraumatic ankle deformity arthrosis of grades III–IV underwent surgery according to the described procedure. Condition of all patients prior to and after the surgery was evaluated using the international ankle and rear foot assessment scale of the American Orthopedic Society of the Foot and Ankle (AOFAS).

Хоминец В.В., Михайлов С.В., Шакун Д.А., Жумагазиев С.Е., Комаров А.В. Артродезирование голеностопного сустава с использованием трех спонгиозных винтов. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):117-126. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126.

**Cite as:** Khominets V.V., Mikhailov S.V., Shakun D.A., Shumagaziev S.E., Komarov A.V. [Ankle Arthrodesis with Three Cancellous Screws]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):117-126. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126.

Комаров Артем Владимирович. Ул. Акад. Лебедева, д. 6, 194044, Санкт-Петербург, Россия / Artem V. Komarov. 6, ul. Akad. Lebedeva, 194044, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: ximikatu@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 07.02.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 23.04.2018.

**Results.** In 20 patients (88%) the ankle ankylosis was reported within 2.5 months, which was confirmed by X-ray examination. In 2 patients (8%) the ankylosis took place in the period up to 4 months. Loss of the correct position of the foot with screws migration was reported in one patient (4%). The authors observed that patients with postoperative deviation of the tibiotalar angle not exceeding 5 degrees as compared to a healthy limb demonstrated the best functional outcomes.

**Conclusion.** The suggested technique ensures a secure fixation of talus in a predetermined position, a single-step compression between the closed joint surfaces and allows an early effective rehabilitation.

**Keywords:** posttraumatic deformity arthrosis, ankle arthrodesis, cancellous screws, bone grafting, tibiotalar angle.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-117-126

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

**Consent for publication:** the patient provided voluntary consent for publication of case data.

## Введение

Среди заболеваний крупных суставов частота деформирующего артроза голеностопного сустава составляет от 9 до 25% [1–3]. Чаще деформирующий артроз голеностопного сустава развивается после перенесенной травмы (70–78%) или на фоне ревматоидного артрита (до 12%), и лишь в 7–10% диагностируется первичный деформирующий артроз [4, 5]. Основными причинами развития посттравматического деформирующего артроза голеностопного сустава являются: неустранимый подвывих стопы, неудовлетворительная репозиция отломков, хроническая нестабильность, а также неправильное реабилитационно-восстановительное лечение [6, 7].

Несмотря на активную разработку новых способов лечения посттравматического деформирующего артроза голеностопного сустава, артродез в ряде случаев является единственным возможным вмешательством, позволяющим устранить боль, патологическую установку конечности и восстановить ее опороспособность. Поэтому артродез многие авторы считают «золотым стандартом» ортопедии [8–11].

На сегодняшний день в клинической практике используют много вариантов оперативных методик артродеза голеностопного сустава, отличающихся хирургическими доступами, способами обработки суставных поверхностей, видами фиксации, которые включают применение аппарата внешней фиксации (Илизарова, Гришина, Calandruccio и т.д.), интрамедуллярных гвоздей, винтов и пластин, а также вариантами применения костной пластики [12–16]. При этом наиболее частыми причинами неудач являются несращения и инфекционные осложнения [17–19]. Хорошим результатом операции является образование костного анкилоза и удовлетворительное восстановление функции конечности. Поэтому при артродезировании голеностопного сустава важно соблюдать следующие принципы: максимально возможное удаление суставного хряща

и кист, выведение стопы в функционально выгодное положение, увеличение площади между анкилозируемыми поверхностями костей при помощи костной пластики, прочное удержание их в таком положении до полного сращения [20].

**Цель исследования** — оценить эффективность предложенного способа артродезирования при помощи трех спонгиозных винтов у пациентов с посттравматическим деформирующим артрозом голеностопного сустава.

## Материал и методы

В период с 2009 по 2016 г. предложенным способом было прооперировано 23 пациента с посттравматическим деформирующим артрозом голеностопного сустава III–IV стадии по классификации Kellgren – Lawrence: 11 (48%) мужчин и 12 (52%) женщин, средний возраст которых составил  $48 \pm 11$  лет.

У всех больных деформирующий артроз носил вторичный характер вследствие полученной ранее травмы, 14 больных ранее были оперированы в различных медицинских организациях от одного до трех раз. Им выполнялись следующие вмешательства: закрытая или открытая репозиция и остеосинтез при переломах лодыжек, дистального метаэпифиза большеберцовой кости. У 3 человек диагностировали смещение оси голеностопного сустава с варусной деформацией более  $10^\circ$ , у 5 — с вальгусной деформацией более  $10^\circ$ , у 2 больных — эквинусной деформацией более  $10^\circ$ . При этом смещения таранной кости у наблюдаемых больных не было, у 4 больных диагностировали подвывих стопы кзади.

Состояние всех пациентов до и после операции оценивали с использованием шкалы оценки голеностопного сустава и заднего отдела стопы, принятой Американским ортопедическим обществом стопы и голеностопного сустава (AOFAS) [21]. Для выяснения характера и тяжести деформации и определения тактики дальнейше-

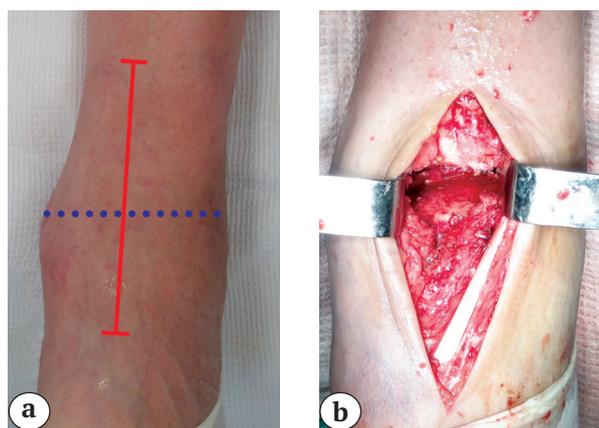
го лечения выполняли: рентгенографию обоих голеностопных суставов в двух стандартных проекциях и в боковой проекции в положении стоя с нагрузкой для определения угла между линиями, проведенными вдоль оси большеберцовой кости и оси шейки таранной кости (бокового таранно-большеберцового угла) [19, 22]. Также проводили рентген-функциональное исследование в боковой проекции, что позволяло оценить суммарную подвижность суставов среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости при максимальном тыльном и подошвенном сгибании (определяли углы между осью таранной кости и длинной осью первой плюсневой кости в крайних точках движения).

**Техника операции.** Выполняли стандартный передний доступ к голеностопному суставу длиной от 6,0 до 9,0 см (рис. 1 а). Удаляли переднюю часть капсулы голеностопного сустава и осуществляли резекцию краевых остеофитов. Тщательно удаляли хрящ суставных поверхностей большеберцовой кости и блока таранной кости с помощью остеотома, острых костных ложек и кусачек (рис. 1 б).

Для полноценного осмотра и обработки задних отделов сустава, а также медиальной и лате-

ральной борозд плафона большеберцовой кости использовали элеватор в качестве распорки. Его устанавливали поперек суставной щели последовательно — сначала в центре сустава, а затем по медиальному и латеральному краям. После обработки суставных поверхностей применяли костные губчато-кортикальные аутотрансплантаты, взятые из крыла подвздошной кости, размером 0,4–0,8 см (рис. 2).

Трансплантаты устанавливали между анкилозируемыми поверхностями таранной и большеберцовой костей с учетом силовых линий, которые проходили вертикально. Оставшиеся между опорными трансплантатами полости заполняли костной крошкой. В некоторых случаях (если расстояние между анкилозируемыми поверхностями голеностопного сустава после их резекции не превышает 1 см) возможно выполнение артродеза без использования костной пластики. Но при этом возникает необходимость в резекции малоберцовой кости в нижней трети, так как она может препятствовать полноценной компрессии между суставными поверхностями таранной и большеберцовой костей, создавая эффект распорки.

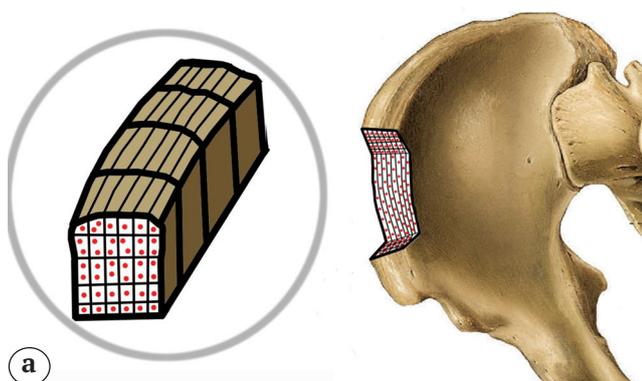


**Рис. 1.** Этапы операции:

а — передний доступ к голеностопному суставу;  
б — виден блок таранной кости после удаления суставного хряща

**Fig. 1.** Procedure stages:

а — anterior approach to ankle joint;  
б — visualized talar block after removal of articular cartilage



**Рис. 2.** Схема забора губчато-кортикального аутотрансплантата из гребня подвздошной кости (а).

Изготовление опорных трансплантатов при помощи осциллирующей пилы (б)

**Fig. 2.** Bone cortical-cancellous iliac crest grafts harvesting (а).

Preparation of support grafts from iliac crest with the oscillating saw (б).



Стопу устанавливали в функционально выгодное положение: нейтральное подошвенное сгибание  $90^\circ$ , наружная ротация первого луча  $5-10^\circ$  относительно гребня большеберцовой кости, вальгусная установка  $5^\circ$ . При этом таранно-большеберцовый угол, т.е. угол между линиями, проведенными вдоль оси большеберцовой кости и оси шейки таранной кости [19, 22], должен был соответствовать аналогичному углу здоровой конечности. В норме он составляет  $100-120^\circ$ . Таранно-большеберцовый угол определяли при планировании в предоперационном периоде по рентгенограмме здорового голеностопного сустава в боковой проекции в положении стоя. Данный угол выявлен в ходе ретроспективного анализа оценки отдаленных результатов у 12 больных. Контроль положения таранной кости и стопы осуществляли с помощью ЭОП.

В этом положении фиксировали голеностопный сустав двумя спицами, проведенными параллельно через переднюю поверхность метаэпифиза большеберцовой кости в блок таранной кости в направлении центральной части задней суставной поверхности подтаранного сустава (рис. 3а). Третью спицу вводили через задний отдел дистального метаэпифиза большеберцовой кости трансартикулярно в шейку таранной кости (рис. 3б). Эти спицы позволяли сохранить установленное положение таранной кости, поэтому при введении компрессирующих винтов через перед-

ний отдел дистального метаэпифиза большеберцовой кости в блок таранной кости смещения последней кпереди не возникало. Отверстия под винты выполняли по спицам канюлированным сверлом диаметром 5,0 мм.

Затем последовательно вводили два параллельных спонгиозных винта диаметром 6,5 или 7,3 мм с неполной резьбой, длина которой составляла 16 мм. Точки ввода находились на 2,5–3,0 см выше суставной щели, направление спереди назад и книзу (рис. 4).

Третий винт может быть введен двумя способами:

1) через заднемедиальный отдел дистального метаэпифиза большеберцовой кости на расстоянии 3,0 см от верхушки медиальной лодыжки в шейку таранной кости (рис. 4а);

2) через центральную часть заднего отдела дистального метаэпифиза большеберцовой кости на расстоянии 3,0 см выше щели голеностопного сустава в шейку таранной кости. В этом случае винт устанавливают через прокол кожи и подлежащего ахиллова сухожилия по задней поверхности голени в нижней трети на расстоянии 5,0–7,0 см от бугра пяточной кости (рис. 4б).

Особенностью данной методики являлось то, что больной переводился в положение на здоровый бок, что упрощало проведение направляющей спицы в таранную кость и уменьшало время использования ЭОП на 3–4 мин.



**Рис. 3.** Порядок проведения направляющих спиц при артрodesировании голеностопного сустава:

а — две спицы, проведенные через переднюю поверхность дистального метаэпифиза большеберцовой кости в блок таранной кости;

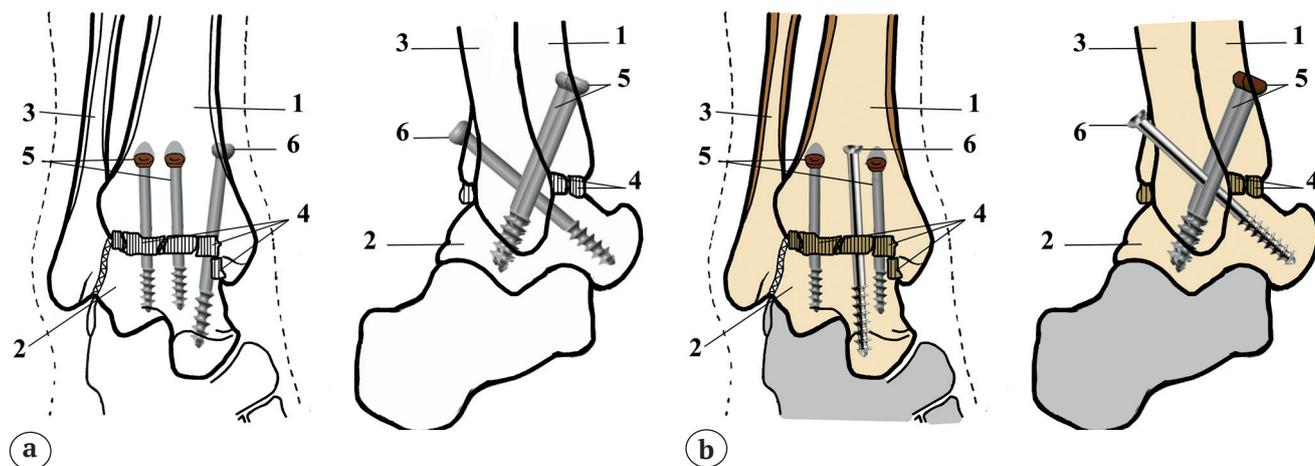
б — спица, проведенная с заднемедиального отдела дистального метаэпифиза большеберцовой кости в направлении шейки таранной кости

**Fig. 3.** Pin fixation of ankle joint:

a — two pins inserted through the anterior surface of distal tibia metaepiphysis into the talar block;

b — pin passed from the posteromedial aspect of distal tibial metaepiphysis in the direction of the talar neck

1 – большеберцовая кость; 2 – таранная кость; 3 – малоберцовая кость; 4 – костные кортикально-губчатые аутографтаты;  
 5 – винты, введенные с переднего края дистального метаэпифиза большеберцовой кости в блок таранной кости;  
 6 – винт, введенный в шейку таранной кости  
 1 – tibia; 2 – talus; 3 – fibula; 4 – bone cortical-cancellous autografts;  
 5 – screws inserted from anterior surface of distal tibia metaepiphysis into the talar block;  
 6 – screw inserted into the talar neck



**Рис. 4.** Схема артродеза голеностопного сустава тремя винтами:  
 а – 3-й винт (6), введенный через заднемедиальный отдел дистального метаэпифиза большеберцовой кости в шейку таранной кости;  
 б – 3-й винт (6), введенный через задний отдел дистального метаэпифиза большеберцовой кости в шейку таранной кости

**Fig. 4.** Plan of ankle arthrodesis by three screws.  
 а – third screw (6) inserted through posteromedial aspect of distal tibia metaepiphysis into talar neck;  
 б – third screw (6) inserted through posterior aspect of distal tibia metaepiphysis into talar neck

При наличии стойкой контрактуры голеностопного сустава в положении подошвенного сгибания выполняли удлиняющую Z-образную чрескожную ахиллотомию. Ее выполнение потребовалась у 2 (8%) больных. Рану ушивали послойно. Выполняли иммобилизацию голени и стопы гипсовой (полимерной) циркулярной повязкой на срок 2,5 мес. Дозированную нагрузку разрешали через 1,5–2 мес. в гипсовой повязке с доведением ее до полной к 2,5 мес., после чего повязку снимали. Через 3,5–4 мес. разрешали полную нагрузку без дополнительной опоры.

Рентгенографические исследования в послеоперационном периоде выполняли на сроках 1,5 и 2,5 мес., а также через год после операции.

Объем кровопотери при операциях колебался от 50 до 150 мл, составляя в среднем  $95 \pm 35$  мл. Длительность операций варьировала от 90 до 180 мин, в среднем  $150 \pm 24$  мин. Продолжительность стационарного лечения составила от 4 до 16 дней, в среднем,  $9,0 \pm 3,6$ .

Костную аутопластику применяли у 18 (78%) больных. Столь частое применение костной пластики было обусловлено наличием выраженного остеосклероза суставных поверхностей, что требовало значительного удаления не только хряща, но и

подлежащей под ним кости, поэтому дефект костной ткани мог составлять до 1,5 см. В некоторых случаях, особенно после переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости, имелись значительного размера кисты и полости, заполнение которых костнопластическим материалом способствовало формированию полноценного анкилоза. У 5 (22%) пациентов операция была дополнена остеотомией или резекцией малоберцовой кости. Необходимость этого элемента была обусловлена наличием неправильно (с вальгусной деформацией) сросшегося перелома малоберцовой кости, что вызывало ригидную деформацию голеностопного сустава. В 2 (8%) выполнялась удлиняющая ахиллотомия.

### Результаты

У 20 (88%) больных анкилоз голеностопного сустава был достигнут в срок до 2,5 мес., что было подтверждено рентгенологическим исследованием, у 2 (8%) больных – в срок до 4 мес. У одного больного (4%) возникла потеря корректного положения стопы с миграцией винтов. Это осложнение было обусловлено несоблюдением больным рекомендованного послеопе-

рационального режима. Больному потребовалось повторное хирургическое вмешательство с последующей иммобилизацией голени и стопы окончатой повязкой из быстротвердеющих полимеров. Анкилоз состоялся в срок до 6 мес. Таким образом, в течение 6 мес. после операции артродез голеностопного сустава у всех больных был достигнут.

В среднем оценка функциональных результатов по шкале AOFAS до операции составила  $28 \pm 12$  баллов (от 16 до 47), на момент последнего осмотра —  $82 \pm 11$  баллов (от 55 до 92). После операции клиничко-функциональное обследование больных было проведено в сроки от 6 до 48 мес. Хорошие функциональные результаты получены у 18 (77%) больных, удовлетворительные — у 5 (23%), неудовлетворительных результатов не было.

Анализ результатов показал, что пациенты, у которых отклонение таранно-большеберцового угла не превышало  $5^\circ$  по сравнению со здоровой конечностью после операции, имели наилучшие функциональные результаты.

Качество жизни оперированных пациентов значительно улучшилось, работоспособная часть пациентов приступили к трудовой деятельности по специальности.

В раннем послеоперационном периоде у 2 (8%) больных имело место поверхностное воспаление кожи в области хирургического разреза, которое устранили приемом антибиотиков.

### Клинический пример

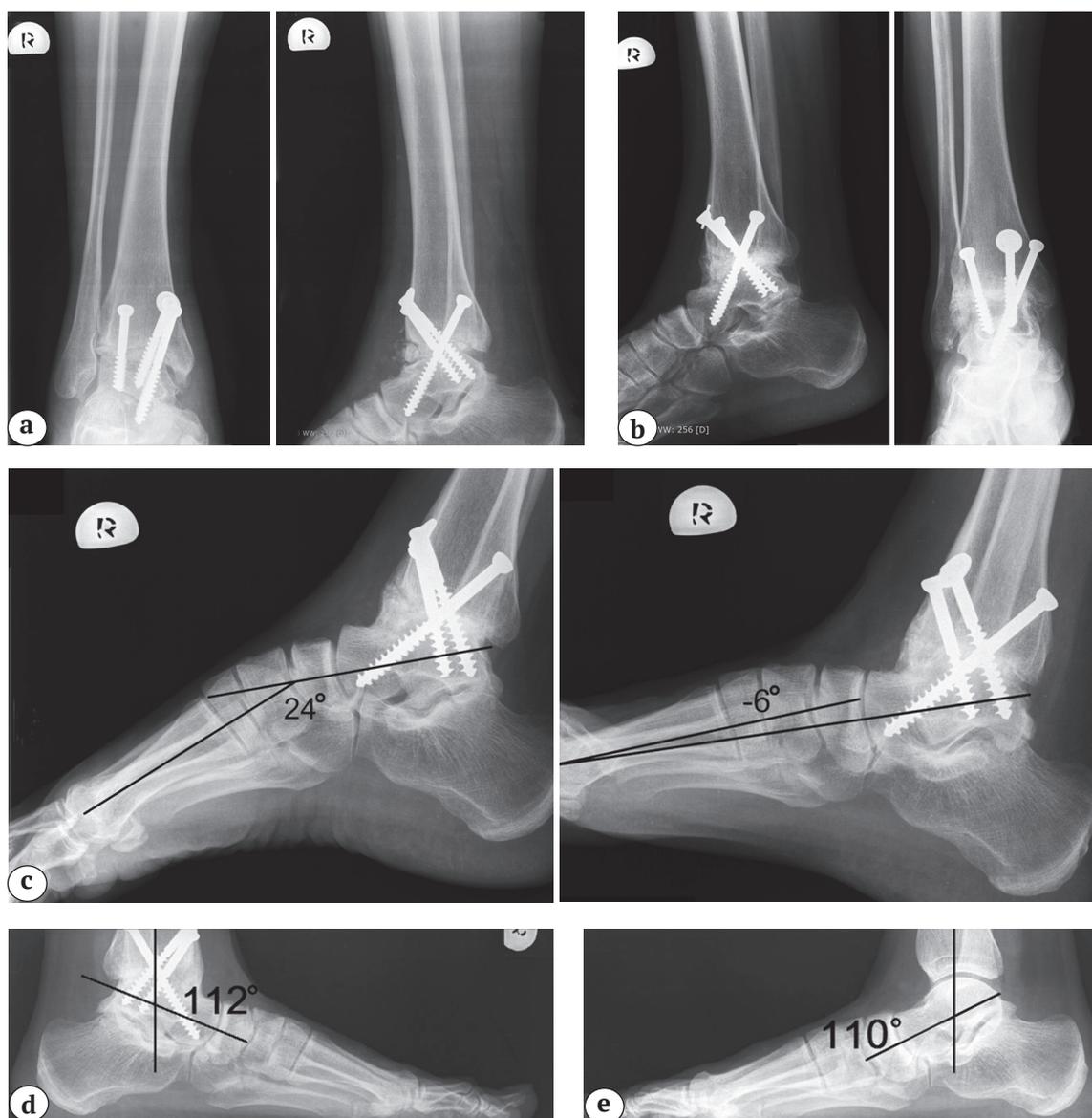
Пациентка С., 36 лет, в 2007 г. получила перелом правой малоберцовой кости в нижней трети, разрыв дистального межберцового синдесмоза, подвывих стопы кнаружи (по классификации АО 44В1). Получала консервативное лечение. В течение 5 лет отмечала нарастание хромоты и боли в области правого голеностопного сустава, в связи с чем обратилась в клинику в ноябре 2014 г.

При осмотре: больная ходит, хромота на правую ногу. Контуры правого голеностопного сустава сглажены. Движения ограничены: тыльное сгибание —  $85^\circ$ , подошвенное сгибание —  $110^\circ$ . На рентгенограммах и компьютерных томограммах отмечаются признаки посттравматического деформирующего артроза правого голеностопного сустава III стадии (рис. 5).

Больной выполнена операция: артродез правого голеностопного сустава тремя спонгиозными винтами с применением свободной костной аутопластики трансплантатами, взятыми из гребня правой подвздошной кости. Дозированную нагрузку разрешили через 8 нед. Через 10 нед. на рентгенограммах зарегистрированы признаки сращения ауто трансплантата с таранной и большеберцовой костями. Полная нагрузка разрешена через 12 нед. Осмотрена через год после операции. Ходит, практически не хромота, отека правого голеностопного сустава нет, положение стопы относительно голени среднефизиологическое. Суммарная подвижность суставов среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости составила  $30^\circ$ . Пациентка отмечает отсутствие болевого синдрома, оценка по шкале AOFAS — 92 балла (рис. 6).



**Рис. 5.** Рентгенограммы и компьютерные томограммы правого голеностопного сустава больной С. при поступлении в клинику: посттравматический деформирующий артроз голеностопного сустава III стадии  
**Fig. 5.** X-rays and CT scans of the right ankle joint of female patient S. at admission: posttraumatic deforming arthrosis off III grade



**Рис. 6.** Рентгенограммы правого голеностопного сустава больной С. после оперативного лечения:  
 а — через 10 нед. после выполнения артродеза голеностопного сустава тремя спонгиозными винтами со свободной костной аутопластикой;  
 б — через 1 год после операции — состоявшийся анкилоз голеностопного сустава;  
 с — рентгенологическая оценка тыльного и подошвенного сгибания, суммарная подвижность суставов среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости составила 30°;  
 д, е — рентгенограммы в боковой проекции здорового и артродезировавшего голеностопных суставов с нагрузкой с определением таранно-большеберцовых углов (угол составляет 112 и 110° соответственно)

**Fig. 6.** X-rays of right ankle joint of female patient S. after surgery:  
 а — after arthrodesis by three cancellous screws with free bone graft;  
 б — two years after the surgery, complete ankle ankylosis;  
 с — roentgenological assessment of dorsal and plantar flexion; overall ROM of mid foot in sagittal plane was 30°;  
 д, е — lateral x-rays of healthy and operated ankles under load with identification of tibiotalar angles (112° and 110° respectively)

## Обсуждение

Артродез голеностопного сустава в настоящее время остается «золотым стандартом» и наиболее распространенным методом лечения больных с посттравматическим деформирующим артрозом голеностопного сустава III–IV стадии. Успехом артродезирования голеностопного сустава является формирование анкилоза, который обычно приводит к восстановлению опороспособности, устранению болевого синдрома и патологической установки конечности. Частота формирования анкилоза при лечении предложенной методикой составила 100%, что соответствует последним данным, приводимым в литературе — 87–100% [14, 22–24]. У 20 (88%) больных анкилоз голеностопного сустава наступил на 10-й нед., что также соответствует данным, представленным в литературе [10, 19, 20, 24].

Р.А. DeNeer с соавторами удалось получить анкилоз в более короткие сроки [20]. Однако точное определение сроков образования анкилоза зависит от частоты и времени проведения послеоперационного рентгенологического обследования.

Для достижения анкилоза голеностопного сустава мы следовали определенным принципам, одним из которых является полное удаление хряща при максимально возможной визуализации сустава. Мы использовали передний доступ к голеностопному суставу, который обеспечивает достаточный обзор голеностопного сустава и облегчает подготовку анкилозируемых поверхностей для коррекции положения таранной кости [24]. Мы считаем, что резекция оставшегося хряща и склеротически измененной костной ткани при сохранении ее контуров позволяет создать широкие контактные поверхности, достичь стабильного анкилоза и исключает ротационные смещения блока таранной кости. Мы согласны с другими авторами, что применение костных аутооттрансплантатов, обладающих остеокондуктивными, остеоиндуктивными, остеогенными свойствами и отсутствием иммунологических реакций, остается «золотым стандартом», способствует снижению образования ложных суставов и являются предпочтительным материалом для артродеза [20, 25–28]. Аутооттрансплантаты из гребня подвздошной кости являются наиболее распространенными из-за легкости доступа и получения, незначительной болезненности, а также наличия большого количества как кортикальной, так и губчатой кости [29].

Не менее важным условием для успешного формирования анкилоза является оптимальное положение таранной кости и стопы относительно голени (большеберцовой кости) [19, 22]. По данным научной литературы, менее благоприятные результаты и высокая степень артроза подтаран-

ного сустава объясняются фиксацией стопы в некорректном положении [23, 30–32]. Также по данным некоторых авторов, правильно выполненный артродез имеет важное значение для удовлетворительного функционального результата и приводит к меньшей нагрузке на смежные суставы, включая коленный [30, 31, 33, 34].

Разработанная методика артродезирования голеностопного сустава с применением трех спонгиозных винтов, костной аутопластики или без нее, с выявлением оптимального таранно-большеберцового угла является перспективной для достижения анкилоза голеностопного сустава. Она обеспечивает надежное удержание таранной кости в заданном положении, одномоментную компрессию между замыкаемыми поверхностями сустава. После формирования анкилоза голеностопного сустава возможно осуществление движений в суставах стопы, главным образом в подтаранном, Шопаровом суставе и в суставе Лисфранка, что позволяет начать раннюю и эффективную реабилитацию, а потеря движений в голеностопном суставе в значительной степени компенсируется сохраненными движениями вышеуказанных суставов.

Пациент дал добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

## Литература [References]

- Ежов М.Ю. Стопа. Дегенеративно-дистрофические заболевания суставов стопы и голеностопного сустава. Н. Новгород; 2011. С. 12–13 с.  
Yezhov M.Yu. [Foot. Degenerative and dystrophic diseases of the joints of the foot and ankle joint]. Nizhny Novgorod; 2011. pp. 12–13. (in Russian).
- Рукина Н.Н., Ежов М.Ю., Ежов Ю.И. Особенности распределения нагрузки на отделы стопы в различных биомеханических условиях. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2012;17(3):32–36.  
Rukina N.N., Yezhov M.Yu., Yezhov Yu.I. [Peculiarities of load distribution on foot sections in different biomechanical conditions]. *Vestnik Ivanovskoi meditsinskoi akademii* [Bulletin of the Ivanovo Medical Academy] 2012;17(3):32–36. (in Russian).
- Омельченко Т.Н. Переломы лодыжек и быстро прогрессирующий остеоартроз голеностопного сустава: профилактика и лечение. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2013;(4):35–40.  
Omelchenko T.N. [Fractures of the ankles and fast-progressive osteoarthritis of the ankle joint: prevention and treatment]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopedics, traumatology and prosthetics]. 2013;(4):35–40. (in Russian).
- Saltzman C.L., Salamon M.L., Blanchard G.M., Huff T., Hayes A., Buckwalter J.A., Amendola A. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. *Iowa Orthop J*. 2005;25:44–46.

5. Thomas R.L., Sathe V., Habib S.I. The use of intramedullary nails in tibiototalcalcaneal arthrodesis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012;20(1):1-7. DOI: 10.5435/JAAOS-20-01-001.
6. Тихилов Р.М., Корышков Н.А., Емельянов В.Г., Стоянов А.В., Журавлев А.В., Привалов А.М. Опыт эндопротезирования голеностопного сустава в Российском научно-исследовательском институте травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2009;(3):56-60. Tikhilov R.M., Koryshkov N.A., Yemelyanov V., Stoyanov A.V., Zhuravlev A.V., Privalov A.M. [Ankle arthroplasty in the Vreden Russian Scientific Institute of Traumatology and Orthopedics]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova.* 2009;(3):56-60. (in Russian).
7. Михайлов К.С., Емельянов В.Г., Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Сорокин Е.П. Обоснование выбора операций артродезирования или эндопротезирования у пациентов с артрозом голеностопного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2016;(1):21-32. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-21-32. Mikhaylov K.S., Emelyanov V.G., Tikhilov R.M., Kochish A.Yu., Sorokin E.P. [Substantiation of surgery method in patient with ankle osteoarthritis: arthrodesis or arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2016;(1): 21-32. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-21-32.
8. Яременко Д.А., Бабуркина Е.П., Кишкар А.В. Артродез при последствиях осложнений травм голеностопного сустава. *Ортопедия, травматология и протезирование.* 2000;(3):77-81. Yaremenko D.A., Baburkina E.P., Kishkar A.V. [Arthrodesis with consequences of complications of ankle joint injuries]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopedics, traumatology and prosthetics]. 2000;(3):77-81. (in Russian).
9. Hintermann B., Barg A., Knupp M., Valderrabano V. Conversion of painful ankle arthrodesis to total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(4):850-858. DOI: 10.2106/JBJS.H.00229.
10. Plaass C., Knupp M., Barg A., Hintermann B. Anterior double plating for rigid fixation of isolated tibiotalar arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2009;30(7):631-639. DOI: 10.3113/FAI.2009.0631.
11. Valderrabano V., Horisberger M., Russell I., Dougall H., Hintermann B. Etiology of ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(7):1800-1806. DOI: 10.1007/s11999-008-0543-6.
12. Hendrickx R.P., Stufkens S.A., De Bruijn E.E. et al. Medium to long-term outcome of ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2011;32:940-947.
13. Onodera T., Majima T., Kasahara Y., Takahashi D., Yamazaki S., Ando R. et al. Outcome of transfibular ankle arthrodesis with Ilizarov apparatus. *Foot Ankle Int.* 2012;33:964-968.
14. Hendrickx R.P., Kerkhoffs G.M., Stufkens S.A., van Dijk C.N., Marti R.K. Ankle fusion using a 2-incision, 3-screw technique. *Oper Orthop Traumatol.* 2011;23(2):131-140. DOI: 10.1007/s00064-011-0015-0.
15. Khanfour A.A. Versatility of Ilizarov technique in difficult cases of ankle arthrodesis and review of literature. *Foot Ankle Surg.* 2013; 19(1):42-47. DOI: 10.1016/j.fas.2012.10.001.
16. Thomas R., Daniels T.R., Parker K. Gait analysis and functional outcomes following ankle arthrodesis for isolated ankle arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(3):526-535.
17. Архипов С.В., Лычагин А.В. Современные аспекты лечения посттравматического деформирующего артроза голеностопного сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2000;(4):64-67. Arkhipov S.B., Lychagin A.V. [Modern aspects of the treatment of posttraumatic deforming arthrosis of the ankle joint]. C.B. Arkhipov, A.V. Lychagin. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova.* 2000;( 4): 64-67. (in Russian).
18. Frey C, Halikus NM, Vu-Rose T, Ebramzadeh E. A review of ankle arthrodesis: predisposing factors to nonunion. *Foot Ankle Int.* 1994; 15:581-584.
19. Vanderwilde R., Staheli L.T., Chew D.E., Malagon V. Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70(3):407-415.
20. DeHeer P.A., Catoire S.M., Taulman J., Borer B. Ankle arthrodesis: a literature review. *Clin Podiatr Med Surg.* 2012;29(4):509-527. DOI: 10.1016/j.cpm.2012.07.001.
21. Kitaoka H.B., Romness D.W. Arthrodesis for failed ankle arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1992;7(3):277-284.
22. Scheepers T., Ginai A.Z., Mulder P.G., Patka P. Radiographic evaluation of cal-caneal fractures: to measure or not to measure. *Skeletal Radiol.* 2007;36(9):847-852. DOI: 10.1007/s00256-007-0330-6.
23. Fuchs S., Sandmann C., Skwara A., Chylarecki C. Quality of life 20 years after arthrodesis of the ankle. A study of adjacent joints. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85(7): 994-998.
24. Gordon D., Zicker R., Cullen N., Singh D. Open ankle arthrodeses via an anterior approach. *Foot Ankle Int.* 2013;34(3):386-391. DOI: 10.1177/1071100713477385.
25. DeOrio J.K., Farber D.C. Morbidity associated with anterior iliac crest bone grafting in foot and ankle surgery. *Foot Ankle Int.* 2005;26(2):147-151. DOI: 10.1177/107110070502600206.
26. Weatherall J.M., Mroczek K., McLaurin T., Ding B., Tejwani N. Post-traumatic ankle arthritis. *Bull Hosp Jt Dis (2013).* 2013;71(1):104-112.
27. Wheeler J., Sangeorzan A., Crass S.M., Sangeorzan B.J., Benirschke S.K., Hansen S.T. Locally generated bone slurry accelerated ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2009;30(7):686-689. DOI: 10.3113/FAI.2009.0686.
28. Whitehouse M.R., Lankester M.A., Winson I.G., Hepple S. Bone graft harvest from the proximal tibia in foot and ankle arthrodesis surgery. *Foot Ankle Int.* 2006;27(11):913-916. DOI: 10.1177/107110070602701108.
29. Ahlmann E., Patzakis M., Roidis N., Shepherd L., Holtom P. Comparison of anterior and posterior iliac crest bone grafts in terms of harvest-site morbidity and functional outcomes. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84-A(5):716-720.
30. Buck P., Morrey B.F., Chao E.Y. The optimum position of arthrodesis of the ankle. A gait study of the knee and ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(7):1052-1062.
31. Abdo R.V., Wasilewski S.A. Ankle arthrodesis: a long-term study. *Foot Ankle.* 1992;13(6):307-312.
32. Coester L.M., Saltzman C.L., Leupold J., Pontarelli W. Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83(2):219-228.
33. Glazebrook M. End-stage ankle arthritis: magnitude of the problem and solutions. *Instr Course Lect.* 2010; 59:359-365.
34. Segal A.D., Shofer J., Hahn M.E., Orendurff M.S., Ledoux W.R., Sangeorzan B.J. Functional limitations associated with end-stage ankle arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(9):777-783. DOI: 10.2106/JBJS.K.01177.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Хоминец Владимир Васильевич* — д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

*Михайлов Сергей Владимирович* — канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

*Шакун Дмитрий Анатольевич* — канд. мед. наук, преподаватель кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

*Жумагазиев Саян Елемесьевич* — ординатор кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

*Комаров Артем Владимирович* — ординатор ординатуры по специальности «травматология и ортопедия», ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Vladimir V. Khominets* — Dr. Sci. (Med.), professor, head of Department of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

*Sergey V. Mikhailov* — Cand. Sci. (Med.), senior lecturer of Department of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

*Dmitry A. Shakun* — Cand. Sci. (Med.), lecturer of Department of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

*Sayan E. Zhumagaziev* — resident of Department of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

*Artem V. Komarov* — resident of Department of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

# Хирургическое лечение цервикального стеноза у пациентов с мукополисахаридозом: систематический обзор

С.В. Колесов, Л.К. Михайлова, Д.А. Колбовский,  
В.С. Переверзев

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»  
Минздрава России  
Ул. Приорова, д. 10, 127299, Москва, Россия

## Реферат

Мультидисциплинарный подход к лечению пациентов с мукополисахаридозом позволяет добиться хороших результатов. Однако характерный для данного заболевания прогрессирующий стеноз позвоночного канала на уровне краниовертебрального перехода приводит к неврологическим проявлениям, снижению качества и продолжительности жизни. Решение этой проблемы является сложной задачей для спинальных хирургов, сопряженной с высоким риском осложнений. При помощи протокола «Предпочтительные параметры отчетности для систематических обзоров и мета-анализа» (PRISMA) проведен поиск в системах PubMed и eLIBRARY с использованием ключевых слов для определения статей, описывающих пациентов с мукополисахаридозом, которым выполнено хирургическое лечение по поводу цервикального стеноза. В обзоре собрана и проанализирована информация о демографических показателях, хирургической технике и результатах лечения цервикального стеноза у пациентов с мукополисахаридозом.

**Ключевые слова:** мукополисахаридоз, цервикального стеноз.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-127-137

## Surgical Treatment of Cervical Stenosis in Patients with Mucopolysaccharidosis: Systematic Review

S.V. Kolesov, L.K. Mikhaylova, D.A. Kolbovsky,  
V.S. Pereverzev

Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics  
10, ul. Priorova, 127299, Moscow, Russian Federation

## Abstract

A multidisciplinary approach to treatment of patients with mucopolysaccharidosis allows to achieve good results. However, progressive spinal canal stenosis at the level of the craniovertebral junction, characteristic of this disease, leads to neurological signs, as well as a decrease in quality and length of life. The solution to this problem is a difficult challenge for spinal surgeons, as it is associated with a high risk of complications. There is also a wide range of opinions and approaches to the surgical treatment of this group of patients.

Колесов С.В., Михайлова Л.К., Колбовский Д.А., Переверзев В.С. Хирургическое лечение цервикального стеноза у пациентов с мукополисахаридозом: систематический обзор. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2): 127-137. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-127-137.

**Cite as:** Kolesov S.V., Mikhaylova L.K., Kolbovsky D.A., Pereverzev V.S. [Surgical Treatment of Cervical Stenosis in Patients with Mucopolysaccharidosis: Systematic Review]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):127-137. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-127-137.

Переверзев Владимир Сергеевич. Ул. Приорова, д. 10, 127299, Москва, Россия / Vladimir S. Pereverzev. 10, ul. Priorova, 127299, Moscow, Russian Federation; e-mail: vcperverz@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 05.12.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 11.04.2018.

Using the referred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis» (PRISMA) protocol, a PubMed and eLIBRARY search was conducted using keywords to find articles describing patients with mucopolysaccharidosis who underwent surgical treatment for cervical stenosis. In this review, information on demographic parameters, surgical technique and the results of cervical stenosis treatment in patients with mucopolysaccharidosis is collected and analyzed.

**Key words:** mucopolysaccharidosis, stenosis.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-127-137

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Мукополисахаридозы (МПС) представляют собой группу редких наследственных прогрессирующих метаболических заболеваний. Выделяют семь типов МПС в зависимости от дефекта одного из одиннадцати лизосомальных ферментов. Клинические проявления связаны с нарушением утилизации и накопления гликозаминогликанов (ГАГ) в лизосомах клеток всех органов.

Особенности и тяжесть симптомов широко варьируют даже среди семи основных типов МПС. Наблюдается задержка физического развития, огрубение черт лица, системные поражения скелета, мышечная гипотония и общие двигательные нарушения. Со стороны внутренних органов выявляются изменения в виде гепатоспленомегалии; частые респираторные инфекции; приводящие к дыхательной недостаточности; поражение суставов; нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы; поражение глаз; изменение кожных покровов [1–3]. Характерно для МПС также поражение позвоночника, которое может привести к компрессии спинного мозга и, как следствие, к выраженной неврологической симптоматике. При стенозе на уровне шейного отдела позвоночника может развиваться тетрапарез или бульбарная симптоматика после незначительных травматических воздействий [3].

Применение фермент-заместительной терапии для МПС I, II, IV и VI типов, трансплантация гемопоэтических стволовых клеток у пациентов с МПС 1H, мультидисциплинарный подход к диагностике и терапии данного заболевания позволяют добиться улучшения результатов лечения пациентов. Тем не менее, прогрессирующий стеноз позвоночного канала на уровне краниовертебрального отдела позвоночника приводит к снижению качества и продолжительности жизни, а анатомо-физиологические особенности этой области позвоночника и возникающие в ней изменения ставят перед спинальными хирургами сложные задачи, решение которых возможно только в условиях привлечения специалистов из разных областей медицины.

**Цель** — обобщение результатов хирургического лечения цервикального стеноза у пациентов с мукополисахаридозом для определения направления дальнейших исследований.

## Материал и методы

С помощью протокола «Предпочтительные параметры отчетности для систематических обзоров и мета-анализа» (PRISMA) [4] был проведен поиск в базах данных PubMed и eLIBRARY. Изучены обзорные статьи, серии клинических случаев, клинические случаи, опубликованные до октября 2017 г., используя комбинации поисковых запросов на английском и русском языках «mucopolysaccharidosis», «MPS», «Hurler Syndrome», «Hunter Syndrome», «Morquio», «Maroteaux», «surgery», «cervical», «stenosis», «craniovertebral», «мукополисахаридоз», «МПС» «цервикальный», «краниовертебральный», «стеноз».

Первоначально статьи были подобраны по названию, затем детально проверены. Выполнен дополнительный поиск ссылок из полученных документов.

К рассмотрению приняты статьи, в которых представлены данные пациентов с МПС, подвергшихся декомпрессионной операции на шейном отделе позвоночника. Имелась достаточная информация для определения демографических показателей, хирургической техники и результатов лечения:

- демографические показатели (тип МПС, пол, возраст на момент операции, наличие фермент-заместительной терапии, сопутствующие заболевания);
- показания к операции (наличие неврологических проявлений, уровень стеноза, первичная неудачная операция);
- хирургические аспекты (использование инструментария, зона ламинэктомии, тип трансплантата, фиксация в гало-аппарате);
- результаты хирургического лечения (сроки наблюдения, смертность, повторная операция, инфекционные осложнения, неврологический статус, другие осложнения).

## Результаты

Первоначальный поиск позволил найти 59 статей в базах данных PubMed и eLIBRARY. Две из них были опубликованы на испанском языке, еще две исключены из-за дублирования. Из 19 статей, подходящих по критериям включения, были исключены 3 публикации клинических случаев из-за недостаточной информации о виде операции [5–7]. В одной серии клинических случаев речь идет о патологии на уровне верхнегрудного отдела позвоночника, поэтому данная статья была также элиминирована [8].

Четырнадцать публикаций, в том числе клинические случаи, подошли по критериям включения [9–21]. Но одно исследование было изъято из-за перекрывающихся пациентов, то есть информация была представлена на одном и том же клиническом материале [21]. Этапы отбора статей отображены на рисунке. Резюме проведенного поиска представлено в таблице.

### Пациенты

Всего в 13 статьях представлены данные о 57 пациентах — 24 мужчин и 19 женщин, у 14 пациентов пол не указан. Наибольшее число пациентов с МПС IV типа (30 человек — 52%).

Представляет интерес клинический случай пожилой пациентки с синдромом Гурлера, которая прооперирована в возрасте 56 лет. Информация о применении фермент-заместительной терапии (ФЗТ) или трансплантации гемопоэтических стволовых клеток (ТГСК) в большинстве публикаций не представлена. Возможно это связано с тем, что на момент выполнения операции ФЗТ могла быть недоступна. Также данный вид лечения оказывает минимальное воздействие на изменения со стороны позвоночника при МПС. Поэтому от оценки по этому критерию было решено воздержаться [22, 23].

### Показания к операции

Основными показаниями для проведения операции в публикациях клинических случаев явились: ухудшение неврологического статуса, атланта-аксиальная нестабильность, стеноз позвоночного канала (по данным МРТ или миелографии) [13, 14, 16–20]. В одном сообщении отмечалось ухудшение состояние пациента из-за позднего начала ФЗТ, а недооценка состояния при планировании экстренной операции привела к сложности интубации [15].

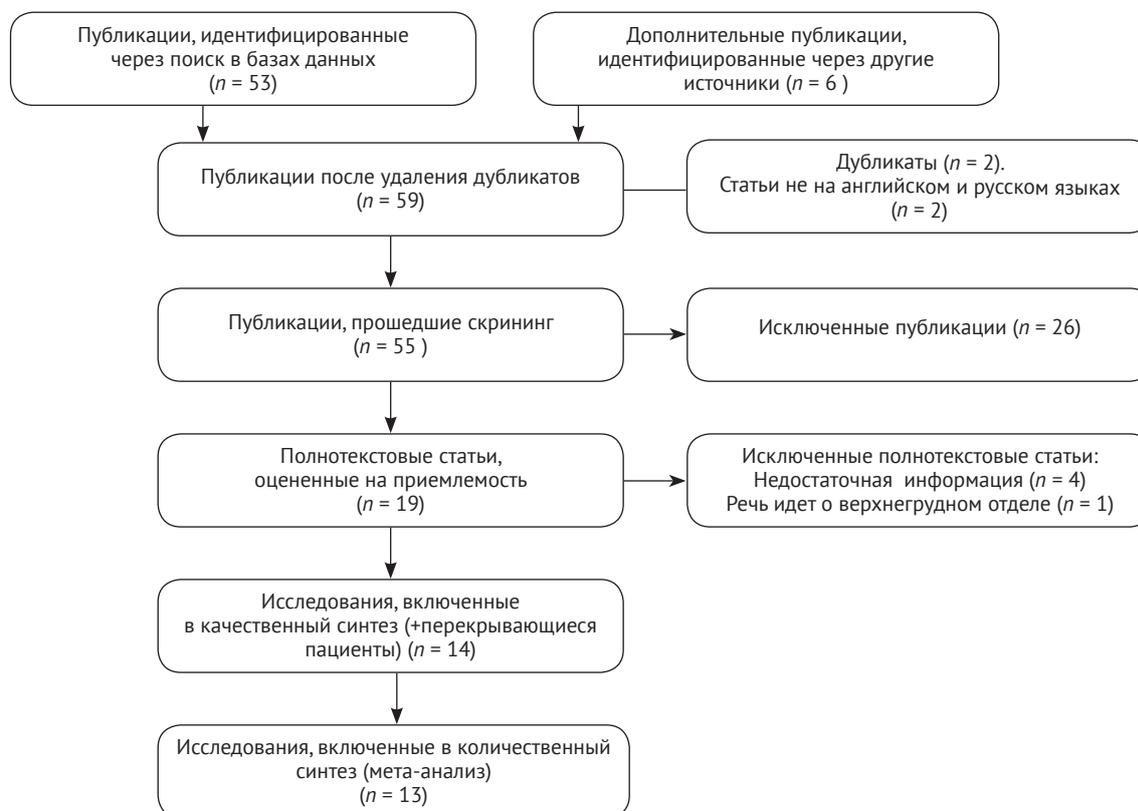


Рис. Алгоритм выполнения систематического обзора в соответствии с протоколом PRISMA

Fig. Algorithm for systematic review in accordance with the protocol "PRISMA"

Таблица

Сводные данные о пациентах с МПС, описанных в публикациях  
The summary of patients with MPS described in the articles

Статья	Тип МПС	Кол-во пациентов	Средний возраст на момент операции/пол	Показания к операции			Вид операции	Средний период наблюдения	Результаты/Осложнения															
				Неврологические симптомы	Уровень стеноза	Нестабильность (уровень)																		
Latre Ch. и др., 2013	VI	14	15 лет (6–31)/ Данных нет	Неврологические симптомы 1 (7%) пациент — норма, 1 (7%) — изменения глубоких сухожильных рефлексов, 9 (64%) — пирамидные знаки, 3 (21%) — параспазм	FM-C2	Нет	Ламинэктомия C1 + резекция заднего края большого затылочного отверстия, диссекция утолщенной атлантозатылочной мембраны, резекция остистых отростков C2-C5; стабилизация не использовалась не водном случае; перед операцией фиксация в головодержателе Mayfield	4–10 мес.	Улучшение по данным неврологического осмотра, оценки соматосенсорных вызванных потенциалов с верхних конечностей, а также МРТ в 62% случаев отмечено улучшение; у одного пациента ухудшение по СВП, у одного по данным МРТ; ухудшения неврологического статуса не выявлено не у одного пациента															
										C1-C2	C1-C3	FM-C3	C1-C3	Нет	Нет	Нет	Нет							
																		C1-C2	C1-C3	FM-C3	C1-C3	Нет	Нет	Нет
Cowie R.A. и др., 2001	VI	4	11 лет/М	Гипотония верхних и нижних конечностей; гиперрефлексия, спастика и клonus	C1-C3	C1-C2	Во всех случаях выполнена стандартная декомпрессия; 3 случая — спондилодез с использованием аутотрансплантатов (1 — из крыла подвздошной кости, 1 — тиббиальный трансплантат) + окципитоспондилодез при помощи титановой проволоки; фиксация в гало-аппарате до и после операции (срок не указан); 3 пациентам потребовалась трахеотомия	Данных нет	У 3 пациентов отмечено улучшение неврологического статуса; у 1 пациента после операции — ликворрея, которая потребовала повторной операции; при ревизии повреждения дурального мешка не выявлено; один пациент умер через 5 года от осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы															
										14 лет/Ж	Гипотония верхних и нижних конечностей; гиперрефлексия, спастика и клonus	C1-C3	FM-C3	C1-C3	Нет	Нет	Нет							
																		7 лет/М	Эпизоды внезапного падения без потери сознания; срочная операция из-за признаков компрессии ствола мозга; гиперрефлексия	C1-C3	FM-C4	C1-C3	Нет	Нет
16 лет/Ж	Снижение зрения	FM-C4	C1-C3	Нет	Нет	Нет	Нет																	

Dede O. и др., 2013	IV	20	63 мес (22-179 мес)/ 11 М, 9 Ж	Нестабильность, миеломалиция, неврологическая симптоматика	Данных нет	Нет	1 пациент — окципито-С3 спондилодез, 14 — окципито-С2 спондилодез; трансплантаты, в т. ч. 7 — из гребня крыла подвздошной кости, 1 — из ауторебра, 12 — неизвестно. 6 пациентов — фиксация титановой проволокой, 3 пациента — винтами, 6 — кабелем; 1 пациент — в гало-аппарат, 1 пациент — Minerva jacket (6-12 нед.)	8 лет 10 мес.	Спондилодез достигнут во всех случаях за исключением одного. Этот пациент потребовал ревизионной операции с трансартрикулярной фиксацией С1-С2. 7 пациентам выполнена повторная операция из-за нестабильности ниже уровня фиксации в среднем через 91 мес. с момента первичной операции. Все пациенты неврологически стабильны в течение всего периода наблюдения	
										Спондилодез удалось достигнуть во всех случаях, Один ранний демонтаж гало-аппарата из-за инфекции вокруг пинов и вторичной нестабильности
Sitoula P. и др., 2014	IV	6	3,7/М 5,8/М 14,9/Ж 18,1/Ж 15,8/Ж 10,5/Ж	Норма Тетрапарез Норма Тетрапарез Тетрапарез Тетрапарез	C1 C1 FM-C1 FM-C2 C1 C1-C3	Данных нет	3 случая — декомпрессия на уровне С1, 1 случай — С1-С2-С3, 1 случай — БЗО+С1, 1 случай — БЗО+С1-С2. Фиксация аппаратом FibertWire (Arthrex, Naples, FL)+ аутотрансплантат из гребня крыла подвздошной кости. Перед операцией фиксация в головодержателе Mayfield. Фиксация в гало-аппарате 8-12 нед.	2,4 года	Спондилодез удалось достигнуть во всех случаях, Один ранний демонтаж гало-аппарата из-за инфекции вокруг пинов и вторичной нестабильности	
										Окципито-С2
										Окципито-С2
										Окципито-С2
										0-С3
White K.K. и др., 2009	IV	1	11 лет/М	При неврологическом осмотре мышечная сила в верхних и нижних конечностях 3 балла из 5. Чувствительность сохранена. Гиперрефлексия верхних конечностей с сохраняющимся двусторонним клонусом и положительным симптомом Бабинского	C1	C1-C2	Декомпрессия С1, окципитоспондилодез с использованием титановой проволоки и Gallie bone graft. Фиксация в гало-аппарате 12 нед.	26 лет	Сохранялось стабильное повышение коленных и ахилловых рефлексов в течение всего периода наблюдения. Мышечная сила нижних конечностей оценивалась в 4-5 баллов. Осложнений не наблюдалось	
										С1
										С1-C2
Houten J.K. и др., 2012	IV	1	17/жен	Боль в шее, спастическая походка, гиперрефлексия, двусторонний симптом Хоффмана	C1-C2	C1-C2	Окципито-С4 спондилодез + аутотрансплантат из ауторебра. Фиксация винтами	5 лет	Улучшение походки, увеличение силы в верхних конечностях, неврологически стабильн в течение всего периода наблюдения. Осложнений не наблюдалось	
										С1-C2

Окончание таблицы

Статья	Тип МПС	Кол-во пациентов	Средний возраст на момент операции/пол	Показания к операции			Вид операции	Средний период наблюдения	Результаты/Осложнения		
				Неврологические симптомы	Уровень стеноза	Нестабильность (уровень)					
Михайлова Л.К. и др., 2017	VI	1	13/муж	Спаستический тетрапарез с преимущественным поражением нижних конечностей, более выраженный слева, мышечная сила в дистальных отделах верхних конечностей справа 4 балла, слева – 3; в проксимальных отделах нижних конечностей – справа 4 балла, слева – 3, в дистальных отделах – справа 3 балла, слева до 2). Патологические кистевые и стопные рефлексy. Спастический гипертонус препятствовал ходьбе	C0–C2	Данных нет	Наложено гало-аппарат, фиксирован шейный отдел позвоночника, выполнена резекция задней поперулки С1 позвонка, окципитостопидилодез. Металлоостеосинтез титановой конструкцией	7 мес.	Недооценка сложности выполнения интубации, позднее начало ФЗТ привели к ухудшению состояния пациента. Умер через год с момента операции		
O'Brien D.P. и др., 1997	II	3	29/муж	Частые эпизоды слабости в нижних конечностях, гиперрефлексия, двусторонний клонус. Спастическая походка	C0-C1	C1-C2	Резекция заднего края БЗО + ламинэктомия С1-С6 + дурапаластика	55 дней в больнице, далее не известно	После эндоскопической интубации выполнена формальная трахеостомия. Раневая инфекция, антибиотикотерапия		
					C0-C1	C1-C2				15 дней в больнице далее не известно	После эндоскопической интубации выполнена формальная трахеостомия.
					Нет	Нет				9 дней (через 3 мес. шунт)	Эндоскопическая интубация, трахеостомия не потребовалась

Weisstain J. и др., 2004	I	2	Данных нет / муж	Данных о неврологическом статусе не представлено	C1-C2	C1-C2	Окципито-С2 спондилодез, Мiпегва brace, фиксация в гало-аппарате	4 года	Осложнений нет
Mut M. и др., 2005	VI	1	18/муж	Пластический тетрапарез, клонус в верхних конечностях	БЗО-С7	Нет	Декомпрессия БЗО, ламинэктомия С1, Ламинэктомия С2-С4 без фиксации	Нет данных	Улучшение в неврологическом статусе. Осложнений нет
Khan S.A. и др., 2003	I	1	59/жен	Боли в шее, слабость при ходьбе, гиперрефлексия во всех 4 конечностях, двусторонний клонус в нижних конечностях. Сила мышц в верхних конечностях 3 балла, в нижних — 2 балла. Снижение мелкой моторики	С3-С4, С4-С5	Данных нет	С2-С4 ламинэктомия и декомпрессия, стабилизация аппаратом Cervifix (Synthes, Stratec Medical, Switzerland)	6 мес.	Послеоперационный период без особенностей. Постепенное восстановление силы во всех 4 конечностях. Через 16 нед. не испытывала боли, могла передвигаться при помощи ходунков. Мышечная сила в конечностях соответствовала 4 баллам из 5. Смерть через 6 мес. после операции от осложненной со стороны сердечно-сосудистой системы
Dickerman R.D., 2004	VII	1	17 мес./муж	Невозможность держать голову, снижение мышечной силы во всех конечностях, вздутие живота, одышка	С0-С1	С0-С1	Стабилизация в гало-аппарате до операции. Декомпрессия БЗО-С3. Окципитоспондилодез с использованием ауторебра и проволоки	Нет данных	После операции неврологический статус в норме. На рентгенограммах определяется декомпрессия позвоночного канала с удовлетворительным балансом

Из 20 прооперированных пациентов с синдромом Моркио 8 больным хирургическое вмешательство потребовалось из-за прогрессирующей нестабильности, у 3 пациентов наблюдалась компрессия без нестабильности, миелопатия и тетраплегия — по одному наблюдению, у 7 пациентов отмечались изменения сигнала на уровне стеноза по МРТ [10].

Четырнадцать пациентов с МПС VI типа требовали операции из-за ухудшения показателей по разработанной авторами шкале, оценивающей соматосенсорные вызванные потенциалы с верхних конечностей (срединный нерв), клинический неврологический осмотр и изменения на МРТ [12]. Четыре пациента, у которых диагностирован синдром Марото-Лами, подверглись операции. В трех случаях отмечались неврологическая симптоматика и стеноз позвоночного канала (по МРТ). Одному пациенту потребовалось выполнение срочной операции из-за признаков компрессии ствола мозга [11].

### *Хирургическая техника*

Наибольшее количество операций представлено в виде декомпрессии, окципитоспондилодеза и стабилизации с использованием металлоконструкций — 24 (42%) пациента [10, 14, 19]. Декомпрессия и окципитоспондилодез с использованием проволоки выполнен у 13 (23%) пациентов [9, 11, 20].

У 14 пациентов с МПС VI и 8 пациентов с МПС IV использовалась предоперационная фиксация в головодержателе Mayfield [9, 12], у 5 пациентов с МПС VI с этой же целью использовался гало-аппарат [11, 15]. Приведены данные о послеоперационной фиксации в гало-аппарате у 32 пациентов [9–11, 13, 17], в корсете Minerva — у 2 [11, 17].

В 14 случаях для спондилодеза использовался аутоотрансплантат из гребня крыла подвздошной кости, в 4 случаях — ауторebro, в одном случае — феморальный трансплантат, в 1 случае — тиббиальный, в еще одном — Gallie костный трансплантат [9, 11, 13, 20].

### *Отдаленные результаты и осложнения*

Период наблюдений больных после операции в приведенных статьях составил от 4 мес. до 26 лет, средний период составил 6,1 лет.

Интересным случаем является 26-летнее наблюдение за пациентом с синдромом Моркио, перенесшим операцию в возрасте 11 лет. Пациент проходил ежегодные осмотры до 37 лет. У него сохранялось стабильное повышение коленных и ахилловых рефлексов в течение многих лет. Мышечная сила нижних конечностей оценивалась в 4–5 баллов. В области груднопоясничного пере-

хода кифотическая деформация составляла 30°. Пациент самостоятельно передвигался по дому с использованием ходунков. В обществе пациент использовал электроскутер. Длительное время работал испано-английский переводчиком [13].

Тринадцать пациентов ходили без поддержки дома, но нуждались в ходунках или скутере в обществе. В одном случае неврологический статус улучшился после операции. Неврологических осложнений не наблюдалось не в одном случае [10].

Особого внимания заслуживает успешный результат лечения пациента с синдромом Слая (МПС VII), так как хирургическое лечение было выполнено в возрасте 17 мес. [20].

Основными осложнениями, описанными в отобранных статьях, является ухудшение неврологической симптоматики, нагноение послеоперационных ран, проблемы, связанные с металлоконструкцией в отдаленном послеоперационном периоде.

У одного пациента в послеоперационном периоде отмечалась ликворрея, которая потребовала повторной операции. При ревизии повреждения дурального мешка не выявлено [11].

Семь пациентов потребовали ревизионной операции из-за развития синдрома смежного уровня ниже фиксации [10].

У одного пациента развилась глубокая раневая инфекция в послеоперационном периоде, эффективное лечение антибиотиками [16]. В одном случае потребовался ранний демонтаж гало-аппарата из-за инфекции вокруг пинов и развития вторичной нестабильности [9]. Один пациент умер через год с момента операции вследствие развития легочных осложнений [15].

Ухудшение неврологического статуса после операции отмечалось в двух случаях [15]. Два пациента скончались через 6 мес. и 3 года с момента операции от осложнений, связанных с сердечно-сосудистой системой [11, 19].

### **Обсуждение**

Анализ выбранных литературных данных выявил отсутствие прямых закономерностей в описании клинико-рентгенологических проявлений заболевания у пациентов.

В основном рассматривается два варианта патологии краниовертебрального сегмента на фоне стеноза позвоночного канала за счет гипертрофии связочного комплекса: 1) краниовертебральная нестабильность, сопровождающаяся некупирующейся болью и осложняющая компрессию спинного мозга, обусловленную периодонтоидным накоплением ГАГ; 2) дисплазия зубовидного отростка атланта, вызывающая атлантаксиальную нестабильность, также приводит к компрессии спинного мозга на уровне шейного отдела у пациентов с МПС I, II, IV, VI, VII [24–27].

В большинстве случаев при вышеописанных проявлениях МПС дорсальная фиксация является наиболее распространенным и, по-видимому, оптимальным методом хирургического лечения [27]. Выбор хирургического доступа, а также объем вмешательства зависят от уровня нестабильности и степени компрессии спинного мозга [2, 24, 25, 27]. При наличии выраженной нестабильности также рекомендуется проведение дорсальной фиксации шейного отдела позвоночника в целях предотвращения патологической подвижности [28]. Поскольку как правило компрессия возникает на уровне краниовертебрального перехода (задняя дуга С1 может находиться внутри большого затылочного отверстия), а анатомия С1 или С2 позвонков часто изменена и непригодна для фиксации, это значительно усложняет проведение окципитоцервикальной фиксации. Если компрессия имеет место на уровне большого затылочного отверстия, может потребоваться резекция заднего края большого затылочного отверстия. Фиксацию зачастую необходимо продлевать до субаксиальных сегментов, так как нередко борозда позвоночной артерии слишком велика для проведения винтов в боковые массы С2 или трансартрикулярно. С целью дополнительной жесткой внешней фиксации шейного отдела позвоночника можно использовать гало-аппарат до или после операции.

В настоящий момент нет единого мнения об идеальном хирургическом подходе и методе лечения у пациентов с МПС — каждый хирург действует соответственно собственному клиническому опыту. Общеизвестно, что декомпрессию следует сочетать с инструментацией и спондилодезом.

Недавнее исследование по поводу реконструкции тазобедренного сустава у пациентов с МПС I после ТГСК продемонстрировало, что использование хирургических методов и показаний, применяемых при других состояниях в детском возрасте для обеспечения стабилизации и удовлетворительного покрытия головок бедренных костей не смогли предотвратить развитие артроза у пациентов с МПС I. Поэтому спинальные хирурги должны быть осторожны при экстраполяции полученного опыта хирургического лечения других часто встречающихся заболеваний позвоночника при лечении пациентов с МПС.

В результате проведенного анализа можно сделать ряд выводов, которые позволят разработать более эффективный подход к хирургическому лечению пациентов с МПС. Для данной категории пациентов, учитывая патологические изменения костно-связочного аппарата шейного отдела позвоночника в частности, необходимо применение стабильной металлофиксации. Основными показаниями к хирургическому вмешательству

являются неврологические проявления, а также нестабильность в области краниовертебрального перехода, которая чаще встречается у пациентов с МПС IV типа.

К сожалению, информации о проведении фермент-заместительной терапии, а, следовательно, ее влияния на исход оперативного лечения, в большинстве рассмотренных литературных источниках не приводится. В связи с этим мы считаем крайне важным проведение более широких исследований эффективности фермент-заместительной терапии не только в качестве консервативного лечения, позволяющего отсрочить операцию, но и его влияния на оперативное лечение. Также в литературе практически отсутствуют данные о причинах и механизме накопления ГАГ именно в области краниовертебрального перехода.

Принятие во внимание приведенных общих принципов может значительно упростить выбор тактики лечения пациентов с мукополисахаридозом. В то же время очевидно, что масштаб изучения данной патологии, особенно с хирургической точки зрения, в настоящее время крайне ограничен, что, вероятно обусловлено сложностью и редкостью заболевания. Данное обстоятельство требует разработки рекомендаций, основанных на практическом опыте, анализа отдаленных функциональных результатов хирургического лечения и показателей качества жизни, а также исследования течения основного заболевания.

В заключении необходимо отметить, что, проводя систематический обзор, авторы статей в основном обращают внимание на общие вопросы этиологии, патогенеза и клиники данного заболевания. Не обсуждаются тонкости предоперационной подготовки и хирургической техники. По нашему мнению и опыту, особенностью хирургического лечения является вопрос фермент-заместительной терапии в предоперационном периоде, сложность интубации вследствие изменения анатомии дыхательных путей, а также выбор объема декомпрессии и метода стабилизации краниовертебральной области. Стабилизация краниовертебрального сегмента у данных больных, с нашей точки зрения, является крайне сложным вопросом, так как из-за нарушения анатомии не всегда удается достоверно определить наличие нестабильности и подобрать тип фиксирующей металлоконструкции. Указанные вопросы требуют дальнейшего исследования, что позволит улучшить качество жизни этих пациентов.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

## Литература [References]

- Rasalkar D.D., Chu W.C.W., Hui J., Chu C.-M., Paunipagar B.K., Li C.-K. Pictorial review of mucopolysaccharidosis with emphasis on MRI features of brain and spine. *Br J Radiol.* 2011;84(1001):469-477. DOI: 10.1259/bjr/59197814.
- Solanki G.A., Martin K.W., Theroux M.C., Lampe Ch., White K.K., Shediak R. et al. Spinal involvement in mucopolysaccharidosis IVA (Morquio-Brailsford or Morquio A syndrome): Presentation, diagnosis and management. *J Inherit Metab Dis.* 2013;36(2):339-355. DOI: 10.1007/s10545-013-9586-2.
- Leone A., Rigante D., Amato D.Z., Casale R., Pedone L., Magarelli N., Colosimo C. Spinal involvement in mucopolysaccharidosis: a review. *Childs Nerv Syst.* 2015;31(2):203-212. DOI: 10.1007/s00381-014-2578-1.
- Knobloch K., Yoon U., Vogt P.M. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) statement and publication bias. *J Craniomaxillofac Surg.* 2011;39(2):91-92. DOI: 10.1016/j.jcms.2010.11.001.
- Horovitz D.D., Magalhães Tde S., Pena e Costa A., Carelli L.E., Souza e Silva D., de Linhares e Riello A.P., Llerena J.C. Jr. Spinal cord compression in young children with type VI mucopolysaccharidosis. *Mol Genet Metab.* 2011;104(3):295-300. DOI: 10.1016/j.ymgme.2011.07.019.
- Mut M., Cila A., Varli K., Akalan N. Multilevel myelopathy in Maroteaux-Lamy syndrome and review of the literature. *Clin Neurol Neurosurg.* 2005;107(3):230-235. DOI: 10.1016/j.clineuro.2004.05.003.
- Vinchon M., Cotten A., Clarisse J., Chiki R., Christiaens J.L. Cervical myelopathy secondary to Hunter syndrome in an adult. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1995;16(7):1402-1403.
- Baratela W.A., Bober M.B., Thacker M.M., Belthur M.V., Oto M., Rogers K.J., Mackenzie W.G. Cervicothoracic myelopathy in children with Morquio syndrome A: a report of 4 cases. *J Pediatr Orthop.* 2014;34(2):223-228. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000074.
- Sitoula P., Mackenzie W.G., Shah S.A., Thacker M., Ditro C., Holmes L. et al. Occipitocervical fusion in skeletal dysplasia. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(15):E912-918. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000381.
- Dede O., Thacker M.M., Rogers K.J., Oto M., Belthur M.V., Baratela W., Mackenzie W.G. Upper cervical fusion in children with morquio syndrome. *J Bone Jt Surg.* 2013;95(13):1228-1234. DOI: 10.2106/JBJS.J.01135.
- Thorne J.A., Javadpour M., Hughes D.G., Wraith E., Cowie R.A. Craniocervical abnormalities in type VI mucopolysaccharidosis (maroteaux-lamy syndrome). *Neurosurgery.* 2001;48(4):849-853.
- Lampe C., Lampe C., Schwarz M., Müller-Forell W., Harmatz P., Mengel E. Craniocervical decompression in patients with mucopolysaccharidosis VI: development of a scoring system to determine indication and outcome of surgery. *J Inherit Metab Dis.* 2013;36(6):1005-1013. DOI: 10.1007/s10545-013-9591-5.
- White K.K., Steinman S., Mubarak S.J. Cervical stenosis and spastic quadriplegia in Morquio disease (MPS IV). A case report with twenty-six-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(2):438-442. DOI: 10.2106/JBJS.H.00148.
- Houten J.K., Kinon M.D., Goodrich J.T. Morquio's syndrome and craniocervical instability. *Pediatr Neurosurg.* 2012;47(3):238-240. DOI: 10.1159/000334310.
- Михайлова Л.К., Кулешов А.А., Аржакова Н.И., Соколова Т.В., Ветрилэ М.С., Швачка И.В. и др. Синдром Марото-Лами – мукополисахаридоз VI типа: случай из практики (ошибки и осложнения). *Гений ортопедии.* 2017;23(1):80-84. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-1-80-84.
- Mikhailova L.K., Kuleshov A.A., Arzhakova N.I., Sokolova T.V., Vetrile M.S., Shvachka I.V. et al. Maroteaux-Lamy syndrome – mucopolysaccharidosis type VI: a case report (errors and complications). *Genij Ortopedii [Orthopaedic Genius].* 2017;23(1):80-84. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-1-80-84.
- O'Brien D.P., Cowie R.A., Wraith J.E. Cervical decompression in mild mucopolysaccharidosis type II (Hunter syndrome). *Child's Nerv Syst.* 1997;13(2):87-90. DOI: 10.1007/s003810050049.
- Weinstein J., Delgado E., Steinbach L., Hart K., Packman S. Musculoskeletal manifestations of hurler syndrome long-term follow-up after bone marrow transplantation. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(1):97-101.
- Jurecka A., Opoka-Winiarska V., Jurkiewicz E., Marucha J., Tylki-Szymańska A. Spinal cord compression in Maroteaux-Lamy syndrome: case report and review of the literature with effects of enzyme replacement therapy. *Pediatr Neurosurg.* 2012;48(3):191-198. DOI: 10.1159/000345635.
- Khan S.A., Sehat K., Calthorpe D. Cervical cord compression in an elderly patient with Hurler's syndrome: a case report. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28(16):E313-315.
- Dickerman R.D., Colle K.O., Bruno C.A., Schneider S.J. Craniocervical instability with spinal cord compression in a 17-month-old boy with Sly syndrome (mucopolysaccharidosis type VII): a surgical dilemma. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(5):E92-94.
- Solanki G.A., Sun P.P., Martin K.W., Hendriks C.J., Lampe C., Guffon N. et al. Cervical cord compression in mucopolysaccharidosis VI (MPS VI): Findings from the MPS VI Clinical Surveillance Program (CSP). *Mol Genet Metab.* 2016;118(4):310-318. DOI: 10.1016/j.ymgme.2016.06.001.
- White K.K., Hale S., Goldberg M.J. Musculoskeletal health in Hunter disease (MPS II): ERT improves functional outcomes. *J Pediatr Rehabil Med.* 2010;3(2):101-107. DOI: 10.3233/PRM-2010-0112.
- Zafeiriou D.I., Batziou S.P. Brain and spinal MR imaging findings in mucopolysaccharidosis: a review. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2013;34(1):5-13. DOI: 10.3174/ajnr.A2832.
- Leone A., Costantini A., Visocchi M., Vestito A., Colelli P., Magarelli N. et al. The role of imaging in the pre- and postoperative evaluation of posterior occipitocervical fusion. *Radiol Med.* 2012;117(4):636-653. DOI: 10.1007/s11547-011-0746-x.
- Visocchi M., Di Rocco F., Meglio M., Maciejczak T.A. Craniocervical junction instability: Instrumentation and fusion with titanium rods and sublaminar wires. Effectiveness and failures in personal experience. *Acta Neurochir.* 2003;145(4):265-272. DOI: 10.1007/s00701-002-1067-6.
- Wang C., Yan M., Zhou H.T., Wang S.L., Dang G.T. Open reduction of irreducible atlantoaxial dislocation by transoral anterior atlantoaxial release and posterior internal fixation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(11):E306-313. DOI: 10.1097/01.brs.0000217686.80327.e4.
- Ashraf J., Crockard H.A., Ransford A.O., Stevens J.M. Transoral decompression and posterior stabilisation in Morquio's disease. *Arch Dis Child.* 1991;66(11):1318-1321.
- Ain M.C., Chaichana K.L., Schkrohowsky J.G. Retrospective study of cervical arthrodesis in patients with various types of skeletal dysplasia. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(6):E169-174.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

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

*Михайлова Людмила Константиновна* — д-р мед. наук, профессор, консультант научно-поликлинического отделения, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

*Колбовский Дмитрий Александрович* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии позвоночника, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва

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

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

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

*Lyudmila K. Mikhaylova* — Dr. Sci. (Med.), professor, scientific consultant, Health out-patient clinic, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russian Federation

*Dmitry A. Kolbovsky* — Cand. Sci. (Med.), senior research fellow, attending surgeon, Department of Spinal Pathology, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russian Federation

*Vladimir S. Pereverzev* — PhD student, Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russian Federation

# Тотальное эндопротезирование тазобедренных и коленных суставов у пациентов с хронической болезнью почек (обзор литературы)

В.Ю. Мuryлев<sup>1,2</sup>, Н.А. Цыгин<sup>1,2</sup>, Е.В. Шутов<sup>2</sup>, А.Г. Жучков<sup>2</sup>, Я.А. Рукин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России

Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы 2-й Боткинский пр-д, д. 5, 125284, Москва, Россия

## Реферат

Хроническая болезнь почек становится все более распространенной медицинской проблемой. Ее течение характеризуется развитием остео дистрофии, предрасполагающей к повышенному риску переломов и суставных поражений, приводящих к необходимости эндопротезирования крупных суставов. В свою очередь, широкий спектр орган и метаболических нарушений, присущих почечной недостаточности, приводит к более тяжелому течению послеоперационного периода с более высокой летальностью, частыми инфекционными, сердечно-сосудистыми, геморрагическими, тромботическими и хирургическими осложнениями. Максимально выражены риски у больных на длительном гемодиализе.

Улучшению результатов эндопротезирования должны способствовать адекватная коррекция анемии, костно-минеральных и электролитных нарушений, артериальной гипертензии и оптимизация методики гемодиализа.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование, тазобедренный сустав, коленный сустав, хроническая болезнь почек, гемодиализ.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-138-145

## Total Hip and Knee Arthroplasty in Patients with Chronic Kidney Disease (Review)

V.Yu. Murylev<sup>1,2</sup>, N.A. Tsygin<sup>1,2</sup>, E.V. Shutov<sup>2</sup>, A.G. Zhuchkov<sup>2</sup>, Ya.A. Rukin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sechenov First Moscow State Medical University  
8, ul. Trubetskaya, 119991, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Botkin Moscow City Hospital  
5, 2-i Botkinskii pr-d, 125284, Moscow, Russian Federation

## Abstract

Chronic kidney disease is a common medical problem. It is characterized by a peculiar course leading to renal osteodystrophy resulting in increased risk of fractures and joint lesions with the concomitant need for major joints arthroplasty. Moreover, a wide spectrum of organ and metabolic deteriorations due to renal insufficiency causes a more complicated postoperative period with higher mortality and frequent infectious, cardiovascular, hemorrhagic, thrombotic and surgical complications. The highest risks are noted in patients on long lasting hemodialysis.

Мuryлев В.Ю., Цыгин Н.А., Шутов Е.В., Жучков А.Г., Рукин Я.А. Тотальное эндопротезирование тазобедренных и коленных суставов у пациентов с хронической болезнью почек (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):138-145. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-138-145.

**Cite as:** Murylev V.Yu., Tsygin N.A., Shutov E.V., Zhuchkov A.G., Rukin Ya.A. [Total Hip and Knee Arthroplasty in Patients with Chronic Kidney Disease (Review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2): 38-145. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-138-145.

Цыгин Николай Алексеевич. Ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия / Nikolai A. Tsygin. 8, ul. Trubetskaya, 119991, Moscow, Russian Federation; e-mail: nicktsygin@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 11.01.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 11.04.2018.

To improve the arthroplasty outcomes an adequate correction of anemia, bone-mineral and electrolyte disorders, arterial hypertension and optimization of dialytic modalities must be ensured.

**Keywords:** total arthroplasty, hip joint, knee joint, chronic kidney disease, hemodialysis.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-138-145

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

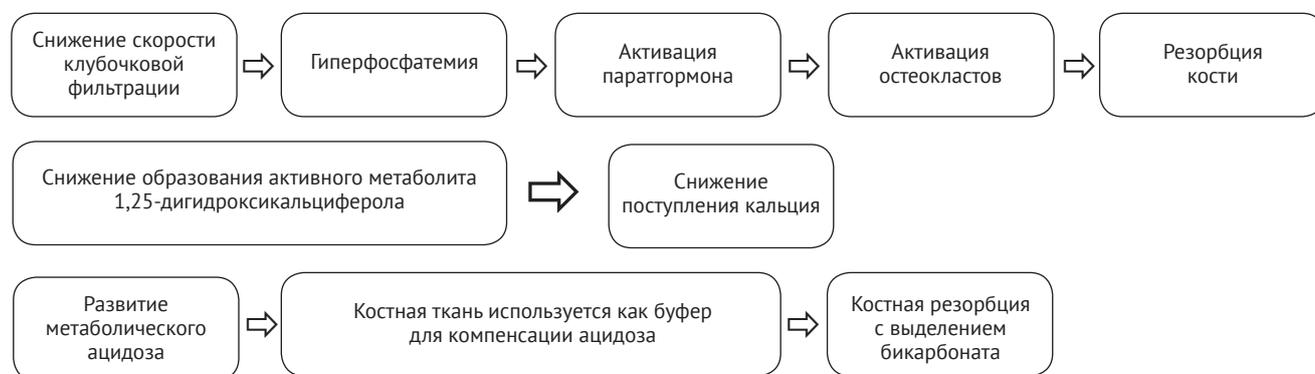
Тотальное эндопротезирование тазобедренного (ТЭТС) и коленного (ТЭКС) суставов давно и основательно вошло в практику ортопедической хирургии как метод лечения посттравматических, воспалительных и дегенеративных повреждений суставов, приводящих к утрате их нормальной функции и инвалидизации больных [1].

Основными показаниями к эндопротезированию служат остеоартрозы, ревматоидный артрит, асептический некроз, посттравматический артроз, ацетабулярные протрузии, переломы бедренной кости, опухоли костей, ряд вторичных артритов (болезнь Педжета, акилозирующий спондиллоартрит, ювенильный ревматоидный артрит). Решение о выполнении ТЭТС или ТЭКС принимается на основании неэффективности консервативных и физиотерапевтических мероприятий, направленных на купирование боли и сохранение функции сустава.

Особую категорию кандидатов на ТЭТС и ТЭКС представляют пациенты с коморбидными состояниями, сопровождающимися нарушением минерализации костной ткани. Именно к этой категории относятся больные с терминальной стадией хронической болезни почек (тХБП), получающие программный гемодиализ (ПГД) [2, 3]. Помимо общих причин формирования суставного повреждения, в данной ситуации процесс может осложняться наличием ренальной остеопатии, характерной для тХБП [4].

В настоящее время на смену термину «ренальная остеопатия» приходит понятие минеральной костной болезни при хронической болезни почек (МКБ-ХБП), более полно отражающее суть процесса [5]. Почки являются одним из ведущих звеньев в регуляции метаболизма кальция и фосфата — основных элементов минерализации костной ткани, поступающих с пищей. Регулятором кишечной абсорбции кальция является витамин D, активная гидроксильная форма которого (1,25-дигидроксикальциферол) синтезируется в почках при участии 1- $\alpha$ -гидроксилазы, дефицит которой развивается при тХБП за счет уменьшения объема функционирующей почечной паренхимы. Результатом является относительный дефицит кальция как компонента синтеза гидроксиапатита.

Абсорбция фосфата в кишечнике при этом не нарушается, а поскольку выделение фосфата почками осуществляется только путем клубочковой фильтрации при отсутствии возможности его секреции почечными канальцами, развивается гиперфосфатемия, особенно выраженная у анурических пациентов на хроническом ПГД. Гиперфосфатемия служит мощным стимулом для образования паратиреоидного гормона (ПТГ), обладающего свойством подавлять канальцевую реабсорбцию фосфата в почках, но этого не происходит из-за низкой клубочковой фильтрации или анурии на диализе [6, 7]. В то же время ПТГ вызывает резорбцию костной ткани путем активации остеокластов с развитием ее деминерализации (рис. 1).



**Рис. 1.** Патогенез развития минеральной костной болезни при хронической болезни почек (МКБ-ХБП)

**Fig. 1.** Pathogenesis of mineral bone disease (MBD) — chronic kidney disease (CKD)

Развивающаяся при гиперпаратиреозе остеопороз повышает риск переломов в 4 раза, что создает предпосылки для повреждения коленных и тазобедренных суставов с последующей потребностью в эндопротезировании [7–9]. Указанные патогенетические механизмы ассоциируются с классическим вариантом МКБ-ХБП, сопровождающимся гиперпаратиреозом и высокой интенсивностью метаболизма костной ткани (high turnover). В то же время, все чаще у пациентов на диализе отмечается низкий уровень ПТГ, секреция которого подавляется применением кальций содержащих препаратов, связывающих фосфат в кишечнике (фосфат-биндеров) и высоких доз витамина D, применяемых для лечения почечной остеодистрофии. Данная ситуация характеризуется низким обменом костной ткани (low turnover) и называется адинамической болезнью кости. Диагностика вариантов МКБ-ХБП регламентируется рекомендацией KDIGO: У пациентов с ХБП стадии 3–5D мы предлагаем ориентироваться на уровни ПТГ или костно-специфической щелочной фосфатазы при определении скорости обмена кости, так как значительное повышение или понижение этих показателей хорошо коррелирует с типом остеодистрофии [5].

Помимо костно-минеральных нарушений, у больных с тХБП и гиперпаратиреозом часто отмечаются очаги внекостной кальцификации, в частности, кальцификации аорты и коронарных артерий, что может приводить к развитию сердечно-сосудистых заболеваний, служащих основной причиной смерти пациентов и способных вызвать серьезные осложнения в послеоперационном периоде [5, 10].

Клинически МКБ-ХБП длительное время может протекать бессимптомно, но с прогрессирующим снижением почечной функции возникают боль, искривление нижних конечностей (чаще вальгусное) и повышенный риск переломов [7, 8].

Лечение МКБ-ХБП носит комплексный характер, направленный на коррекцию подлежащих метаболических нарушений. В додиализной стадии начинают с ограничения фосфата в диете путем уменьшения потребления животного белка. Если регистрируется гиперфосфатемия при отсутствии гиперкальциемии, назначают фосфат-биндеры (карбонат кальция) с нагрузкой кальцием не более 1,5 г в день. При гиперкальциемии или адинамической болезни кости показано применение в качестве фосфат-биндеров севеламера или карбоната лантана [5, 11].

Уровни ПТГ, превышающие норму более чем в 3–6 раз, требуют назначения препаратов витамина D — альфакальцидола или кальцитриола. При невозможности их применения из-за побочных эффектов, в первую очередь гиперкальцие-

мии возможно назначение кальцимитетиков (цинакальцет), подавляющих ПТГ за счет активации кальций-чувствительных рецепторов паращитовидных желез. В редких случаях, при выраженной гипертрофии паращитовидной железы и рефрактерных к лечению гиперкальциемии и гиперфосфатемии выполняется паратиреоидэктомия. Рекомендации KDIGO [5] допускают использование бифосфонатов на ранних (I–III) стадиях ХБП, основываясь на схожести происходящих изменений с постменопаузальным остеопорозом, однако данных об их эффективности у больных на гемодиализе не имеется.

Во всех случаях, при лечении ренальной остеодистрофии необходим регулярный контроль уровней кальция, фосфата, щелочной фосфатазы и ПТГ. В некоторых случаях требуется радиологическое исследование костного скелета и даже биопсия гребня подвздошной кости для определения типа и тяжести костного повреждения [12].

Рекомендации KDIGO [5] предписывают: У пациентов с ХБП стадии 3–5D целесообразно выполнять биопсию кости в следующих случаях: необъяснимые переломы, непрерывные боли в костях, необъясненная гиперкальциемия, необъясненная гипофосфатемия, возможная алюминиевая интоксикация, а также планирующаяся терапия бифосфонатами. В этом отношении представляется перспективным гистологическое исследование интраоперационного материала кости, полученного при эндопротезировании. Это могло бы позволить установить взаимосвязь типа и интенсивности нарушений костного метаболизма с риском осложнений эндопротезирования.

Несмотря на адекватное лечение МКБ-ХБП, редко удается достигнуть удовлетворительных результатов, и развивается тяжелое повреждение костной ткани, сопровождающееся рисками переломов. В исследовании А.М. Ball с соавторами проанализированы данные более чем 100 000 пациентов из листа ожидания почечной трансплантации [8]. Частота переломов бедра у диализных больных составила 2,9 случаев на 1000 пациентов в год. У реципиентов почечного трансплантата в ближайший период после пересадки она достигала 3,3 случаев на 1000 больных в год (риск на 34% выше), что связывается с длительным предшествовавшим диализом и необходимостью применения кортикостероидов. Однако в дальнейшем эта частота уменьшалась на 1% в месяц, и к 3-му году после пересадки риски сравнялись. Каждые последующие 10 лет возраста увеличивали риск переломов на 55%. Столь высокий риск переломов создает предпосылки для изучения эффективности ТЭТС и ТЭКС как оптимальных методов лечения дегенеративных и травматических повреждений суставов у больных с тХБП в большинстве случаев.

Первые работы, посвященные этой проблеме, содержали результаты наблюдений за немногочисленными группами пациентов, редко превышающими 30 человек. Первые сообщения отличались пессимизмом. Так, в работе D.P. Sakalkale с соавторами сообщалось о 58% летальности и высокой частоте хирургических осложнений [13]. В публикации H.E. Toomey при ТЭТС с использованием эндопротезов цементной фиксации у 15 больных (24 операции) на диализе отмечена высокая смертность (1 периоперационно, 40% в средние сроки 3 года после операции) [14]. Среднее время до ревизии сустава составило 7 лет. В 14 из 24 случаев отмечено расшатывание эндопротеза. Осложненное течение наблюдалось в отношении 16 (66%) ТЭТС. Наиболее значимыми ортопедическими осложнениями были перелом бедренной кости во время ревизии, перелом через 2 мес. после ревизии, дислокация во время судорог, смещение чашки, потребовавшее повторного цементирования, смерть от генерализованного сепсиса. Качество жизни диализных больных с ТЭТС было существенно хуже, чем у больных с остеоартрозом, несмотря на купирование болей и улучшение функции после 22 из 24 операций.

В многоцентровом исследовании J.R. Lieberman с соавторами проанализированы результаты 46 ТЭТС с периодом наблюдения в среднем 4,5 года [15]. Установлено, что пациенты на ПГД по сравнению с реципиентами почечного трансплантата имели большую смертность (45% против 16%), частоту осложнений (38% против 20%) и ревизий (19% против 3%). Это согласуется с результатом и выводами более поздней работы P.K. Cavanaugh с соавторами [16].

При использовании эндопротезов бесцементной фиксации при ТЭТС или биполярной гемипротезастики (БГА) у 7 больных (11 операций) на длительном гемодиализе S. Nagoya с соавторами не отметили случаев расшатывания в течение периода наблюдений в среднем около 8 лет, что по мнению авторов отдает предпочтение этому методу [17]. Пациенты получали сеанс диализа в день перед операцией с проведением следующего сеанса в сроки не ранее 24 ч, чтобы избежать гепаринизации. Периоперационно в течение 5 дней назначалось профилактическое применение антибиотиков. За период наблюдения умерло 2 из 7 больных от причин, не связанных с операцией.

На сложности эндопротезирования у больных на гемодиализе указывает работа K.E. Ponnusamy с соавторами, в которой сопоставляются результаты артропластики коленных и тазобедренных суставов примерно у 3000 диализ-зависимых и 600 не зависящих от диализа больных [18]. У

первых оказалась более высокой внутригоспитальная летальность (1,88% против 0,13% для тазобедренных суставов). В два раза чаще наблюдались осложнения и в три раза чаще исходно выявлялся остеонекроз. Сходные соотношения выявлялись у пациентов с эндопротезированием коленных суставов.

В ряде работ продолжено сопоставление результатов тотального эндопротезирования у пациентов на ПГД и после трансплантации почки [19]. В ретроспективном контролируемом исследовании E. Tornero с соавторами оценены результаты 114 ТЭТС: 20 у 18 больных на ПГД, 18 у 15 больных после трансплантации почки и 76 у 75 пациентов без заболеваний почек (контроль) [20]. Чуть менее половины случаев сопровождались бесцементным методом фиксации. Было установлено, что ранние послеоперационные осложнения (перипротезная инфекция, вывихи эндопротезов, тромбоз глубоких вен и др.) отмечаются значительно чаще в группах ПГД (40%) и трансплантации (33%) по сравнению с контролем (11,8%). Отсутствовали различия в частоте асептического расшатывания. Перипротезные переломы наблюдались только в группе на ПГД (10%). Больным с тХБП значительно чаще требовались гемотрансфузии. Нестабильность эндопротезов в следствие отдаленной перипротезной инфекции оказалась выше у больных с пересаженной почкой, что связывается с постоянной иммуносупрессивной терапией. Как больным на ПГД, так и с пересаженной почкой чаще требовалось ревизионное эндопротезирование. Авторы не отметили значимых различий в осложнениях у пациентов с цементной и бесцементной фиксацией протезов.

Схожие задачи ставились в исследовании P.K. Cavanaugh с соавторами, использовавшим данные американского Национального регистра стационарных пациентов за 5 лет [16]. Было отобрано 38 308 больных с ХБП/тХБП и 978 378 больных без болезней почек, перенесших ТЭТС или ТЭКС. Показано, что количество пациентов с тХБП, получивших эндопротезирование, ежегодно увеличивается на 13,5%. Более 3,5% всех процедур артропластики и около 6% ревизий в США выполнено лицам с ХБП/тХБП. У этих больных отмечена повышенная частота коморбидных состояний, в т.ч. застойной сердечной недостаточности (12,9%) и диабета (10,1%). У пациентов без ХБП эти показатели составили соответственно 2,4% и 1,2%. Расчеты показали, что больные на ПГД имеют максимальный риск раневой инфекции, тромбоза глубоких вен и ревизий сустава при ТЭТС по сравнению с пациентами без ПГД. У диализных больных по сравнению с реципиентами почечного трансплантата эти риски также оказались выше, равно как и показатели госпитальной смертности

и длительности госпитализации (6 против 3 дней). Потребность в гемотрансфузиях у больных на ПГД была в 4 раза выше, чем у больных без заболевания почек, и в 2 раза выше, чем при додиализной ХБП. Если в целом частота раневых осложнений была выше при ТЭТС, чем при ТЭКС, то риск раневой инфекции при ТЭКС оказался выше, чем при ТЭТС. Авторы делают вывод о необходимости оптимизации периоперационной терапии и предпочтении выполнения трансплантации почки до артропластики, учитывая меньшее количество осложнений по сравнению с пациентами на ПГД.

Результаты 18 ТЭКС у 15 больных на ПГД проанализированы J.-H. Chen с соавторами [21]. Использовался метод цементной фиксации с содержащим антибиотик цементом. Период наблюдения составил в среднем 25 (6–59) мес. Авторы не отметили смертей за весь период наблюдения, наблюдали значительное улучшение функции суставов. В раннем периоде наблюдений был лишь один случай пневмонии, в отдаленном — по одному случаю сепсиса, инсульта и инфаркта миокарда. Не отмечено случаев глубокой перипротезной инфекции или расшатывания компонентов эндопротеза. Авторы делают вывод об эффективности использования цемента с антибиотиком.

Одной из ведущих причин развития тХБП является сахарный диабет (СД). Сам по себе являясь существенным фактором риска хирургических осложнений, СД в сочетании с ХБП может привести к дополнительным сложностям. Исследование результатов артропластики у больных с СД и ХБП опубликовано В. J. Kildow с соавторами [22], использовавших американскую национальную базу данных. Оценены результаты ТЭТС у 26,7 тыс. больных диабетом и ХБП, 2,5 тыс. с диабетом на гемодиализе и 0,9 тыс. с диабетом после трансплантации почек. Рассматривались риски инфаркта миокарда (ИМ), тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА), тромбоза глубоких вен (ТГВ), инсульта, пневмонии и необходимости гемотрансфузий, хирургических осложнений: перипротезной инфекции, вывихов эндопротезов, перипротезных переломов, ревизий.

Оценка риска развития осложнений через 30, 90 дней и 2 года после операции показала их меньшую частоту у больных после трансплантации почки по сравнению с больными на гемодиализе. В первые 30 дней после операции риск осложнений во всех группах, за исключением ИМ и ТЭЛА в группе пациентов после трансплантации, оказался значимо выше. При сравнении групп на пациентов гемодиализе и после трансплантации у последних оказался более высоким риск инсульта, сепсиса, ТЭЛА и ТГВ. У больных на ПГД был выше риск ИМ, пневмонии и гемотрансфузий (рис. 2) [22].

Через 90 дней во всех группах по сравнению с контролем риск хирургических осложнений, за исключением перипротезных инфекций, переломов и ревизий, у пациентов после трансплантации почки оказался выше. У пациентов на гемодиализе по сравнению с пациентами, перенесшими трансплантацию, был выше риск ревизий, перипротезных переломов и инфекций. Аналогичное распределение наблюдалось и через 2 года, однако риск хирургических осложнений у реципиентов трансплантата оказался даже ниже, чем у пациентов с додиализной ХБП.

Ряд публикаций касаются вопросов риска развития острого почечного повреждения у больных с додиализными стадиями ХБП, подвергшихся артропластике. В исследовании В. К. Hassan с соавторами [23] у 702 пациентов после ТЭКС частота развития умеренной и тяжелой почечной недостаточности составила 9,7%. К факторам риска отнесены возраст, мужской пол, интраоперационная гипотензия, артериальная гипертензия, общая анестезия и профилактическое назначение диклоксациллина. У 1,2% острое почечное повреждение перешло в хроническое.

Суммируя данные многочисленных наблюдений за пациентами, подвергшимися артропластике и имевшими отягощенный преморбидный статус, В. Voss с соавторами [2] рекомендуют учитывать характер почечной патологии, проводить тщательную коррекцию электролитных нарушений, лечение ренальной анемии, контроль показателей коагуляции и диализного режима. В их работе также упоминается высокий риск развития острой почечной недостаточности после артропластики у пациентов с предиализными стадиями ХБП. В связи с этим рекомендуется избегать назначения нефротоксичных препаратов.

Таким образом, пациенты с ХБП и почечной остеодистрофией или МКБ-ХБП имеют повышенный риск возникновения переломов и поврежденных крупных суставов с последующей потребностью в эндопротезировании крупных суставов. При ТЭКС и ТЭТС в подобных случаях используется как цементная, так и бесцементная фиксация эндопротезов. Для пациентов на гемодиализе, по данным многочисленных исследований, характерны большая длительность госпитализации, больший процент сердечно-сосудистых, неврологических, тромботических, инфекционных, геморрагических и других общетерапевтических осложнений, в совокупности приводящих к большей летальности по сравнению с популяцией без ХБП [24–26]. Сообщается также о существенно большей частоте таких хирургических осложнений, как перипротезная инфекция и переломы, расшатывание компонентов эндопротезов и необходимость ревизий.

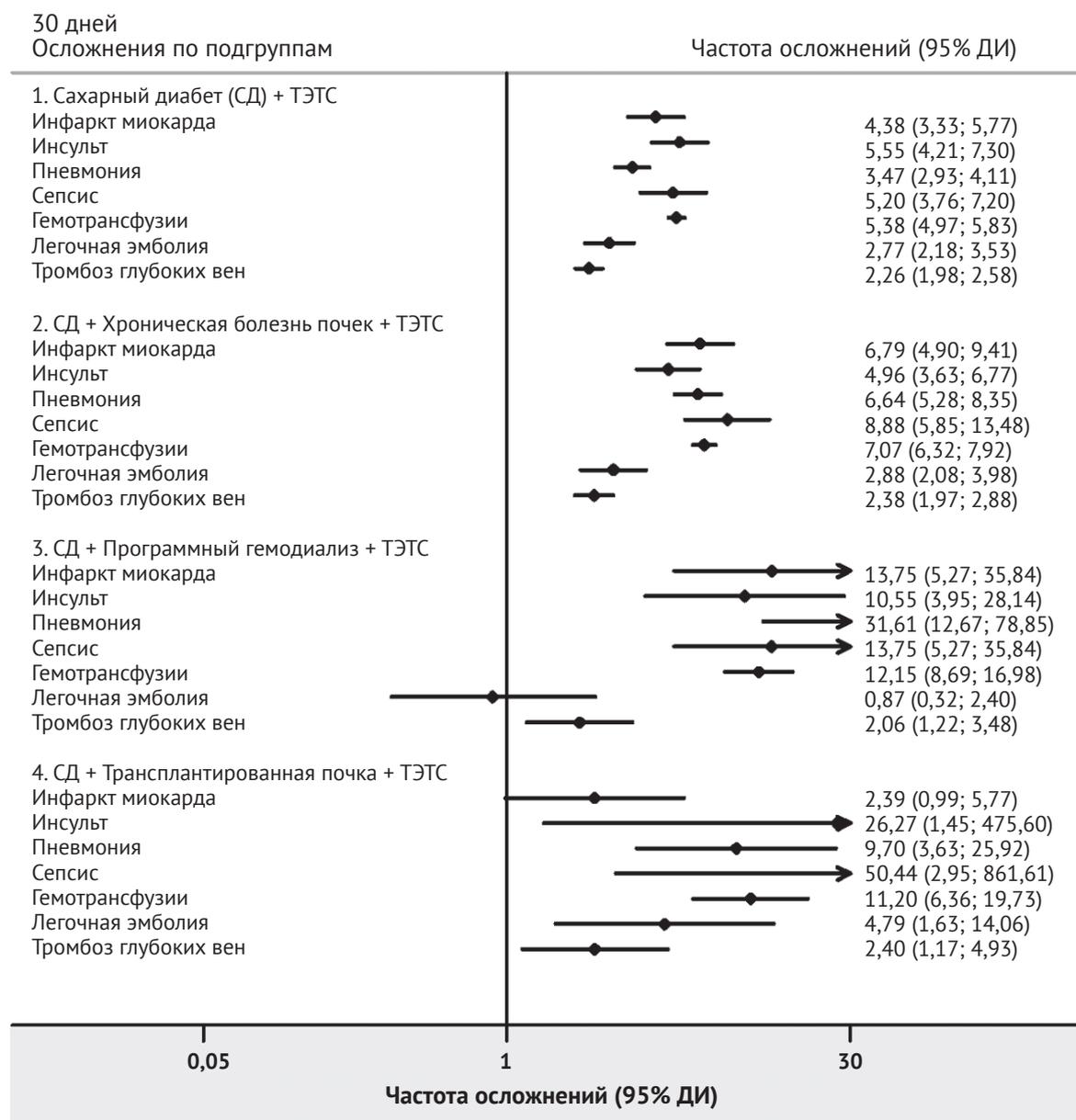


Рис. 2. Частота общих осложнений у больных без ХБП, с ХБП, с тХБП на гемодиализе и с трансплантированной почкой [22]

Fig. 2. Complications in patients without chronic kidney disease, with chronic kidney disease, with terminal stage of chronic kidney disease on hemodialysis and with transplanted kidney [22]

Несмотря на значимые клинические проблемы при артропластике у больных с ХБП, особенно у получающих лечение гемодиализом, этот вид ортопедической помощи нуждается в дальнейшем распространении, будучи высоко востребованным. Для улучшения результатов эндопротезирования необходима тщательная диагностика костно-минеральных нарушений и их коррекция с использованием фосфат-связывающих препаратов, альфа-кальцидола, кальцимитетиков и др. Следует провести терапевтические мероприятия

по повышению эффективности лечения ренальной анемии (препараты эритропоэтина, железа), инфекции, артериальной гипертензии и электролитных расстройств. Особое внимание должно уделяться планированию пред- и послеоперационной терапии гемодиализом [27].

По данным D. Lieu с соавторами [28] (табл.) и других авторов [16, 19], исходы эндопротезирования у реципиентов почечного трансплантата лучше, чем у пациентов, получающих диализ.

**Частота осложнений у пациентов с тХБП на ПГД и пациентов с трансплантированной почкой [28]**  
**Complications rate in patients groups with terminal chronic kidney disease on long term hemodialysis and with transplanted kidney [28]**

Осложнения	Гемодиализ	Трансплантированная почка
Смертность (количество (%) пациентов) 12 мес.	8/128 (6,3)	18/406 (4,4)
Общая смертность	43/128 (33,6)	103/406 (25,4)
Среднее время до смертности (мес.)	39,1 (в 6 исследованиях)	63 (в 4 исследованиях)
Смертность, связанная с ТЭТС	7/128 (5,5)	7/406 (1,7)
Ревизии (количество (%) эндопротезов) 12 мес.	4/153 (2,6)	10/602 (1,7)
За все время	25/153 (16,3)	96/602 (15,9)
Среднее время до ревизии (мес.)	83 (в 2 исследованиях)	88 (в 6 исследованиях)
Глубокая перипротезная инфекция (количество (%) эндопротезов) 12 мес.	4/153 (2,6)	11/602 (1,8)
За все время	13/153 (8,5)	27/602 (4,5)
Асептическая нестабильность (количество (%) эндопротезов)		
Вертлужный компонент	15/153	33/602
Бедренный компонент	13/153	29/602
Все компоненты (вертлужный или бедренный или оба)	26/153 (17)	98/602 (16,3)
Вывихи (количество (%) эндопротезов)	10/153 (6,5)	36/602 (6,0)

У пациентов с высоким риском осложнений артропластику можно отложить до посттрансплантационной стадии. Так или иначе, эндопротезирование у больных на гемодиализе должно осуществляться в условиях многопрофильной больницы, в составе которой, помимо отделения гемодиализа с высококвалифицированными нефрологами, должны быть отделения сосудистой хирургии, реанимации, кардиологии и эндокринологии, для успешного лечения возможных периоперационных осложнений, динамического совместного наблюдения и коррекции терапии.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

1. Кавалерский Г.М., Мурылев В.Ю., Якимов Л.А., Донченко С.В., Рукин Я.А. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов пожилого и старческого возраста. *Врач*. 2007;(5):60-63. Kavalerskii G.M., Murylev V.Yu., Yakimov L.A., Donchenko S.V., Rukin Ya.A. [Endoprosthetics of the hip joint in patients of elderly and senile age]. *Vrach [The Doctor]*. 2007;(5):60-63. (in Russian).
2. Voss B., Kurdi A., Skopec A., Saleh J., El-Othmani M.M., Lane J.M. et al. Renal and gastrointestinal considerations in joint replacement surgery. *J Nat Sci*. 2015;1(2):e46.
3. Go A.S., Chertow G.M., Fan D., McCulloch C.E., Hsu C.Y. Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *New Engl J Med*. 2004;351(13):1296-1305.
4. Martin K.J., Olgaard K., Coburn J.W., Coen G.M., Fukagawa M., Langman C. et al. Diagnosis, assessment, and treatment of bone turnover abnormalities in renal osteodystrophy. *Am J Kidney Dis*. 2004;43(3):558-565.
5. National Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for bone metabolism and disease in chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis*. 2003;42(4 Suppl 3):S1-201.
6. Cunningham J., Sprague S.M., on behalf of the Osteoporosis Work Group. Osteoporosis in chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis*. 2004;43(3):566-571.
7. Miller P.D. Chronic kidney disease and the skeleton. *Bone Res*. 2014;2:14044. DOI: 10.1038/boneres.2014.44.
8. Ball A.M., Gillen D.L., Sherrard D., Weiss N.S., Emerson S.S., Seliger S.L. et al. Risk of hip fracture among dialysis and renal transplant recipients. *JAMA*. 2002;288(23):3014-3018.
9. Lin Z.Z., Wang J.J., Chung C.R., Huang P.C., Su B.A., Cheng K.C. et al. Epidemiology and mortality of hip fracture among patients on dialysis: Taiwan National Cohort Study. *Bone*. 2014;64:235-239. DOI: 10.1016/j.bone.2014.04.017.
10. 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.
11. Ruf K.M., Clifford T. Management of chronic kidney disease-mineral bone disorder. *Orthopedics.* 2010;33(2):98-101. DOI: 10.3928/01477447-20100104-20.
  12. Trueba D., Sawaya B.P., Mawad H., Malluche H.H. Bone biopsy: indications, techniques, and complications. *Semin Dial.* 2003;16(4):341-345.
  13. 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.
  14. Toomey H.E., Toomey S.D. Hip arthroplasty in chronic dialysis patients. *J Arthroplasty.* 1998;13(6):647.
  15. 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.
  16. 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.
  17. 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. DOI: 10.1016/j.arth.2004.09.055.
  18. 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.
  19. Shrader M.W., Schall D., Parvizi J., McCarthy J.T., Lewallen D.G. Total hip arthroplasty in patients with renal failure: a comparison between transplant and dialysis patients. *J Arthroplasty.* 2006;21(3):324-329.
  20. Tornero E., Cofan F., Reategui D., Gracia-Toledo M., Campistol J.M., Riba J. et al. Outcomes of hip arthroplasty in patients with end-stage renal disease: a retrospective, controlled study. *Int J Adv Joint Reconstr.* 2015;1:11-18.
  21. Chen J-H., Kuo F.-C., Wang J-W. Total Knee Arthroplasty in Patients with Dialysis: Early Complications and Mortality. *Biomed J.* 2014;37(2):84-89. DOI: 10.4103/2319-4170.117897.
  22. Kildow B.J., Agaba P., Moore B.F., Hallows R.K., Bolognesi M.P., Seyler T.M. Postoperative impact of diabetes, chronic kidney disease, hemodialysis, and renal transplant after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2017;32(9S):S135-S140.e1. DOI: 10.1016/j.arth.2017.01.018.
  23. Hassan B., Sahlström A., Dessau R. Risk factors for renal dysfunction after total knee joint replacement. *Acta Orthop Belg.* 2015;81(4):647-653.
  24. Ackland G.L., Moran N., Cone S., Grocott M.P., Mythen M.G. Chronic kidney disease and postoperative morbidity after elective orthopedic surgery. *Anesth Analg.* 2011;112(6):1375-1381. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181ee8456.
  25. Craig R.G., Hunter J.M. Recent developments in the perioperative management of adult patients with chronic kidney disease. *British journal of anaesthesia.* 2008;101(3):296-310. DOI: 10.1093/bja/aen203.
  26. Foley R.N., Wang C., Collins A.J. Cardiovascular risk factor profiles and kidney function stage in the US general population: the NHANES III study. *Mayo Clin Proc.* 2005;80(10):1270-1277.
  27. Кавелерский Г.М., Мурылев В.Ю., Рукин Я.А., Шутов Е.В., Цыгин Н.А. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава у больных находящихя на хроническом гемодиализе. В кн.: Избранные вопросы хирургии тазобедренного сустава. СПб.; 2016. С. 178-184. Kavelerskii G.M., Murylev V.Yu., Rukin Ya.A., Shutov E.V., Tsygin N.A. [Total hip arthroplasty in patients on chronic hemodialysis]. In: Izbrannye voprosy khirurgii tazobedrennogo sustava [Selected issues of hip joint surgery]. St. Petersburg; 2016. pp. 178-184. (in Russian).
  28. Lieu D., Harris I.A., Naylor J.M., Mittal R. Review Article: Total hip replacement in haemodialysis or renal transplant patients. *J Orthop Surg.* 2014;22(3):393-398. DOI: 10.1177/230949901402200325

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Мурылев Валерий Юрьевич* — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Первый Московский ГМУ им. И.М. Сеченова МЗ России; заведующий Московским городским центром эндопротезирования на базе ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина», Москва

*Цыгин Николай Алексеевич* — врач травматолог-ортопед ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина»; аспирант травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Первый Московский ГМУ им. И.М. Сеченова» МЗ России, Москва

*Шутов Евгений Викторович* — д-р мед. наук, заведующий отделением диализа ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина», Москва

*Жучков Александр Геннадьевич* — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед Московского городского центра эндопротезирования на базе ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина», Москва

*Рукин Ярослав Алексеевич* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Первый Московский ГМУ им. И.М. Сеченова МЗ России, 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 City Arthroplasty Centre, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

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

*Evgenii V. Shutov* — Dr. Sci (Med), head of Dialysis Department, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

*Aleksandr G. Zhuchkov* — Cand. Sci. (Med), orthopaedic surgeon, Moscow City Arthroplasty Centre, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

*Yaroslav A. Rukin* — Cand. Sci. (Med), assistant professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

# Первичное эндопротезирование тазобедренного сустава у больных с терминальной стадией хронической болезни почек (обзор литературы)

А.Н. Цед<sup>1</sup>, А.К. Дулаев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России. Ул. Льва Толстого, д. 6-8, 197022, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» Будапештская ул., д. 3, лит. А, 192242, Санкт-Петербург, Россия

## Реферат

В статье представлен обзор современной отечественной и зарубежной литературы, касающейся особенностей первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек. Подробно освещены вопросы эпидемиологии больных данной категории. Значимой проблемой остается скрининг пациентов с патологией тазобедренного сустава, находящихся на заместительной почечной терапии. Также представлены результаты применения различных типов имплантов и их фиксации при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава: цементных, бесцементных, однополюсных. Подробно рассмотрены особенности и структура осложнений после первичной артропластики у данных больных. К сожалению, в отечественной литературе отсутствует необходимое количество публикаций по данной актуальной проблеме. Кроме того, представлены перспективные направления развития оказания специализированной помощи пациентам с патологией тазобедренного сустава, находящихся на гемодиализе.

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

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-146-153

## Primary Hip Arthroplasty in Patients with End-Stage of Chronic Kidney Disease (Literature Review)

A.N. Tsed<sup>1</sup>, A.K. Dulaev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University  
6-8, ul. L'va Tolstogo, 197022, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute Of Emergency Medicine  
3, lit. A, Budapeshtskaya ul., 192242, St. Petersburg, Russian Federation

## Abstract

The authors present a review of current national and international literature related to the specifics of primary hip joint arthroplasty in patients with end-stage of chronic kidney disease. Epidemiology aspects of such pathology are covered in detail. Screening of the patients with hip joint pathology undergoing substitute renal therapy remains a significant issue. The authors present the outcomes of use of various implant types and their fixation in primary

Цед А.Н., Дулаев А.К. Первичное эндопротезирование тазобедренного сустава у больных с терминальной 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.

**Cite as:** 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.

✉ Александр Николаевич Цед. Ул. Льва Толстого, д. 6-8, 197022, Санкт-Петербург, Россия / Alexander N. Tsed 6-8, ul. L'va Tolstogo, 197022, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: tsed@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 11.12.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 21.03.2018.

hip joint arthroplasty such as cemented, cementless and monopolar prostheses, as well as consider features and structure of complications following primary replacements in such patients. Unfortunately, the national literature lacks sufficient number of publications on the present problem. In addition, the paper presents a promising area for development of specialized care to patients on hemodialysis with hip joint pathology.

**Keywords:** hip joint arthroplasty, hemodialysis, chronic kidney disease.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-146-153

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

По данным современных регистров эндопротезирования, количество операций по замене тазобедренного сустава постоянно увеличивается и составляет на сегодняшний день более 2 млн ежегодно, из них более 70 тыс. — в России [1–5]. Основными показаниями к первичному эндопротезированию тазобедренного сустава являются: остеоартроз, аваскулярный некроз головки бедренной кости, дисплазия тазобедренного сустава, ревматоидный артрит и др. Патологические изменения костно-суставной системы области проксимального отдела бедра у больных с диализной артропатией также являются частым показанием к эндопротезированию. Проблемам эндопротезирования тазобедренного сустава у больных с хронической болезнью почек (ХБП) несправедливо уделяется недостаточное внимание. Нерешенными остаются целый ряд проблем, связанных, в первую очередь, с отсутствием выявляемости заболевания у пациентов на ранних стадиях, недостаточным количеством стационарных отделений гемодиализа в структуре многопрофильных больниц, а также отсутствием алгоритмов хирургического лечения и послеоперационного ведения этой категории больных.

**Цель исследования** — на основании литературных данных проанализировать частоту, структуру и особенности патологических изменений области проксимального отдела бедренной кости у пациентов с терминальной стадией ХБП, а также оценить эффективность эндопротезирования тазобедренного сустава у этой категории больных.

С использованием электронных баз данных eLIBRARY и MedLine были проанализированы отечественные и зарубежные литературные источники за последние 40 лет.

### **Эпидемиолого-экономические особенности**

По данным общероссийского регистра заместительной почечной терапии Российского диализного общества, на 31.12.2015 г. в России заместительную почечную терапию (ЗПТ) получали 44 136 пациентов с терминальной хронической почечной недостаточностью (ХПН). Темп прироста

больных в 2015 г. по отношению к предыдущему году составил 11,6%, что является большим показателем по сравнению с 2010–2014 гг. (средний показатель прироста пациентов за 2010–2014 гг. составил 10,8%), и по-прежнему опережает среднемировые значения, что в целом характерно для стран с недостаточной обеспеченностью ЗПТ. Показатель распространенности, то есть количество обеспеченных ЗПТ больных в пересчете на 1 млн населения, на декабрь 2015 г. в среднем по России возрос до 301,2. Учитывая такие темпы прироста количества пациентов, нуждающихся в хроническом гемодиализе, увеличилось и количество гемодиализных центров нашей страны. К концу 2015 г. количество гемодиализных центров на основе частно-государственного партнерства составило 218, что составляет 49,5% от их общего числа [6].

Что касается экономической стороны вопроса, лечение одного пациента, который находится на пожизненном гемодиализе, обходится бюджету Российской Федерации в 1–1,5 млн р. в год. При этом одна трансплантация донорской почки, согласно тарифам, установленным Минздравом России, по каналу высокотехнологичных видов медицинской помощи составляет на сегодняшний день порядка 900 тыс. р. Согласно данным регистра Общества трансплантологов, в России за последние годы производилось до 7,3 пересадок донорской почки на 1 млн населения в год [7].

В связи с этим наблюдается постепенное внедрение в практику новых принципов формирования государственных и частных медицинских организаций, в том числе в сфере оказания гемодиализной помощи, растет число новых центров, работающих на основе принципов государственно-частного партнерства [8–10]. Одной из основных причин, влияющих на создание таких отделений, является недостаточное количество государственных ресурсов, необходимых для быстрого лечения больных с ХПН [9, 11, 12].

Серьезной проблемой во многих регионах страны по-прежнему является недостаточное обследование пула больных, получающих заместительную почечную терапию, на предмет нарушений со стороны костно-суставной системы. Например, уровень паратгормона измеряется только у 88,8%

пациентов, тогда как адекватная диагностика и коррекция минерально-костных нарушений должны быть неотъемлемым компонентом диализной терапии. Измерение С-реактивного белка доступно лишь для 79,3% пациентов, а определение фибрина и в особенности его предшественника фибриногена — для 71,2% [8]. Отсутствие диагностики этих маркеров воспаления делает невозможным своевременное распознавание инфекционных осложнений, особенно после ортопедических операций.

Диагностику плотности костной ткани, остеопороза и определения риска связанных с ним переломов костей необходимо выполнять уже на ранних стадиях развития болезни. Для оценки МПК в настоящее время применяется рентгеновская, ультразвуковая денситометрия и количественная компьютерная томография (QCT). «Золотым стандартом» денситометрии является двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DEXA). Диагностика остеопороза у пациентов с терминальной ХБП не так проста. До сих пор не существует единой точки зрения на этот вопрос. Дело в том, что эти пациенты имеют совокупность различных нарушений метаболизма кости, объединенных термином «почечная остеодистрофия» [13].

Мнения различных экспертов варьируют от применения классического алгоритма диагностики остеопороза до утверждения, что ни переломы, ни критерии минеральной плотности кости, предложенные ВОЗ, не могут использоваться для диагностики остеопороза у таких пациентов, так как все формы почечной остеодистрофии могут приводить к переломам или иметь низкий T-критерий, а диагноз остеопороза у пациентов с ХБП должен устанавливаться в первую очередь путем исключения всех форм почечной остеодистрофии с помощью биохимических исследований или костной биопсии и подтверждением низкого объема трабекулярной кости [14].

### **Патофизиологические процессы развития ренальной остеопатии**

Патогенетические механизмы, развивающиеся при терминальной стадии болезни почек, приводят к развитию тяжелых осложнений со стороны опорно-двигательного аппарата, которые можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести почечную (или ренальную) остеодистрофию, а также ее варианты: остеомалацию, адинамическую костную болезнь, фиброзно-кистозный остеит, смешанную уремическую остеодистрофию, ко второй группе — диализный костно-суставной амилоидоз. «Золотым стандартом» диагностики ренальной остеодистрофии является биопсия костей. Для классификации и интерпретации результатов биопсии костей используется три основных

гистологических признака: обновление, минерализация, объем (bone turnover, mineralisation and volume), которые позволяют определить тип ренальной остеодистрофии и, соответственно, дальнейшую тактику лечения [15]. Диализный амилоидоз костей развивается обычно у пациентов, длительно находящихся на хроническом гемодиализе (более 6 лет) и характеризуется отложением на дистальных и проксимальных метаэпифизах костей, синовиальных оболочках амилоидных фибрилл бета-2-микроглобулина [16, 17]. При амилоидном поражении тазобедренного сустава в шейке бедренной кости, а также вертлужной впадине формируются мелкоочаговые костные кисты, которые могут приводить к патологическим переломам. J.P. Hуаих с соавторами еще в 1985 г. впервые описали отложение белка бета-2-микроглобулина после гистологического исследования патологически измененной шейки и головки бедренной кости [18].

Дистрофия почечной ткани и гиперфосфатемия, развивающиеся при ХБП, приводят к снижению продукции кальцитриола (1,25-дигидроксивитамина D3) — важнейшего регулятора кальциевого гомеостаза. Нарушение выработки кальцитриола приводит к развитию вторичной гипокальциемии [19]. Гипокальциемия совместно с гиперфосфатемией вызывают активацию компенсаторной секреции паратгормона, направленной на повышение почечной экскреции фосфора и коррекции уровня кальция [20]. Снижение уровня кальция в 2 раза приводит к повышению экспрессии паратгормона в 5 раз [21]. Доказано, что поддержание уровня ПТГ в пределах от двухкратного до четырехкратного превышения нормы позволяет предотвратить развитие двух основных форм остеодистрофии — фиброзного остеита и адинамической костной болезни [15]. Вторичный гиперпаратиреоз широко распространен среди пациентов с ХБП, частота его встречаемости достигает 50–60%.

Предполагается, что при повышении концентрации паратгормона и гиперфосфатемии [22, 23] происходит повышение экспрессии фактора роста фибробластов (FGF23). В норме FGF23 вырабатывается остеоцитами и остеобластами и принимает участие в повышении экскреции фосфатов почкам вместе с ингибированием синтеза кальцитриола [23]. При ХБП FGF23 ингибирует функцию остеобластов через индукцию фактора Dickkopf (DKK1), который является ингибитором сигнального пути WNT-β-catenin [24]. Известно, что сигнальный путь WNT-β-catenin необходим для активации пролиферации и дифференцировки остеобластов и для угнетения прогениторных элементов — адипоцитов и хондроцитов. Кроме того, сигнальный путь WNT-β-catenin определяет экспрессию остеобластами и остеоцитами антиостеокластического фактора OPG [25].

Кроме того, несмотря на снижение бета-катенина у пациентов с ХБП также наблюдается повышение ингибитора сигнального пути WNT- $\beta$ -catenin — склерозина [26]. Таким образом, существует гипотеза о наличии альтернативного паракринного способа угнетения сигнального пути WNT- $\beta$ -catenin [27], связанного с повышением экспрессии склерозина и не зависящего от фактора роста фибробластов ввиду отсутствия колокализации склерозина и FGF23 [26].

Помимо активации экспрессии FGF23 паратормоном имеется местная регуляция его экспрессии белками-ингибиторами, специфичными для остеоцитов, включая dentin matrix protein 1 (DMP1) конъюгированный с phosphate-regulating endopeptidase X-linked (PHEX). Ввиду установленного у пациентов с ХБП компенсаторного повышения экспрессии склерозина, PHEX и DMP1, существуют предположения о нарушении функции fibroblast growth factor receptor-1, через который опосредуется ингибирующее влияние PHEX и DMP1 на экспрессию FGF23. Вклад в повышенную концентрацию FGF23 также может вносить снижение его клиренса почками и почечной недостаточности [26, 28].

Таким образом, ингибирование пути WNT- $\beta$ -catenin является одним из ключевых моментов патогенеза почечной остеодинтрофии, который приводит к нарушению соотношения синтеза и резорбции костной ткани, и дальнейшие современные исследования направлены на возможности влияния на WNT- $\beta$ -catenin [25].

### **Особенности первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией ХБП**

Показаниями для эндопротезирования тазобедренного сустава у больных, получающих заместительную почечную терапию, являются: аваскулярный некроз головки бедра (до 4,5%) амилоидоз тазобедренного сустава (до 5%), деформирующий артроз тазобедренного сустава (69,03%), ревматоидный артрит (1,7%), переломы проксимального отдела бедренной кости, а также их последствия в виде гипотрофических ложных суставов (до 14,4%) [29].

По данным К.С. Abbot с соавторами [30] и D. Lieu с соавторами [31], частота заболеваний тазобедренного сустава у гемодиализных пациентов в 6,6 раз выше, чем у больных обычной популяции, и более чем в 5 раз по сравнению с пациентами после трансплантации почки [32–34].

Частота выполнения артропластики тазобедренного сустава среди пациентов гемодиализного профиля составляет 35 случаев на 10 000 чел. в сравнении с 5,3 случаев на 10 000 чел. в обычной

популяции в год [30]. На сегодняшний день отсутствуют данные относительно корреляции частоты патологических изменений проксимального отдела бедра среди пациентов мужского и женского пола, находящихся на гемодиализе.

По данным ряда авторов, средние сроки выполнения первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов, получающих заместительную почечную терапию, составляют от 6 до 18,8 лет от начала программного гемодиализа [35–37]. В то же время, сроки манифестации заболеваний проксимального отдела бедра, приводящие к замене тазобедренного сустава у пациентов после трансплантации почки, составляют от 2,5 до 5 лет [34, 38, 39]. В метаанализе D. Lieu с соавторами за 2014 г. приводятся данные о среднем возрасте пациентов, подвергшихся первичному эндопротезированию тазобедренного сустава с терминальной стадией ХБП. Примечательно, что средний возраст пациентов, подвергшихся пересадке почки, на момент эндопротезирования составлял 38 лет, в то время как средний возраст больных, находящихся на гемодиализе, составлял почти в 2 раза больше — 56 лет [31].

Англоязычные обзоры литературы и статьи, касающиеся первичной артропластики тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией ХБП, посвящены в основном сравнительному анализу результатов и осложнений между двумя группами больных: пациентов, находящихся на гемодиализе, и пациентов после трансплантации почки [40, 41]. Основная часть исследований посвящена среднесрочным и отдаленным результатам применения эндопротезов цементной фиксации у больных с различными формами коксартроза на фоне диализной артропатии. Так, в достаточно старых работах S.J. Chmell с соавторами (1983) [42], J.E. Kenzora с соавторами (1975) [43] приводятся отличные результаты по шкале Харриса в сроки более 36 мес. после применения цементных эндопротезов у всех 36 исследованных пациентов. Необходимо отметить, что в данных исследованиях применялась техника цементирования первого поколения. В более свежей работе с применением техники цементирования 3-го поколения S. Fukunishi с соавторами из 17 больных (19 артропластик) лишь в двух случаях (10,5%) встречались рецидивирующие вывихи и в одном случае (5,2%) глубокая парапротезная инфекция. Все описанные случаи потребовали выполнения ревизионных вмешательств. Функциональные результаты по шкале D'Aubigne и Postel улучшились с 6,2 до 12,8 баллов [35].

E. Goffin с соавторами в 2005 г. привел отдаленные результаты применения эндопротезов тазобедренного сустава цементной фиксации у 63 пациентов со средним сроком наблюдения 216 мес.

(от 1 до 332 мес.). Все пациенты являлись реципиентами аллогенной почки. Авторы приводят данные о 20-летней выживаемости имплантатов. Если говорить о бедренном компоненте, то его выживаемость составляет 78,8%, ацетабулярного компонента — 66,6% [44].

J. Vlascha с соавторами показали достаточно низкую эффективность цементной фиксации бедренных компонентов при гемиартропластике тазобедренного сустава по поводу внутрисуставных переломов. Они проанализировали результаты 26 операций у 23 пациентов, получающих гемодиализ, в сроки от 1 до 8 лет (средний срок 3,6 года). Контрольную группу составили 26 пациентов с переломом шейки бедренной кости без нарушения почечной функции. Срок наблюдения в этой группе составил от 5 до 10 лет (в среднем 7 лет). Показатель смертности в группе гемодиализа составил 21% по сравнению с 4% в контрольной группе. В группе исследования произошло асептическое расшатывание 8 бедренных компонентов, в группе контроля — лишь 3 ножек. Пятилетняя выживаемость бедренных компонентов составила 44% в группе гемодиализа и 96% — в контрольной группе.

В работе S. Sprague с соавторами изучена эффективность системной терапии активной формой витамина D3 (кальцитриол) при переломах проксимального отдела бедренной кости [46]. Авторы применяли различные методики остеосинтеза при внутрисуставных переломах проксимального отдела бедра. Назначали перорально активную форму препарата витамина D3 в дозе 1000 МЕ в сутки. В группе пациентов, которые получали препарат после оперативного лечения, через 12 мес. отмечено достоверное улучшение функциональных результатов по короткой шкале SF-12 по сравнению с пациентами, которые не получали системную терапию витамином D3 [46].

Также есть публикации, касающиеся применения бесцементных эндопротезов тазобедренного сустава больным, получающим хронический гемодиализ. В работе W.C. Li с соавторами приводятся данные о результатах использования компонентов бесцементной фиксации 25 пациентам с 1993 по 2004 г. Лишь в 1 случае (4%) авторы были вынуждены выполнить реэндопротезирование, связанное с асептическим расшатыванием обоих компонентов эндопротеза тазобедренного сустава. Еще у 1 пациента произошел интраоперационный перелом большого вертела, который не потребовал дополнительной фиксации, и в дальнейшем не отмечалось формирование ложного сустава. Интерес вызывают особенности формы костномозгового канала у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе. В частности, в этом исследовании приводятся данные о 5 (20%)

больных имевших тип 3 костномозгового канала по классификации Dorr [36]. Такие же данные приводят и другие авторы. Это свидетельствует о выраженной потере костной массы проксимального отдела бедренной кости у больных этой категории, что значительно усложняет процедуру имплантации ножки эндопротеза.

В работе В.-Н. Lim с соавторами приведены результаты 45 первичных артропластик тазобедренного сустава у 30 пациентов после пересадки почки по поводу аваскулярного некроза головки бедренной кости с использованием эндопротезов бесцементной фиксации [47]. Авторы сравнили полученные результаты с послеоперационными показателями 72 пациентов контрольной группы, средний возраст которых составил 44 года, с признаками остеопороза проксимального отдела бедра, но не имевших трансплантацию почки в анамнезе. Достоверных различий между двумя группами не получено, функциональные результаты по шкале Харриса в основной группе через 7 лет после операции улучшились в среднем с 48 до 94 баллов. Отмечено всего 3 случая развития послеоперационных осложнений: в 3 случаях (6,6%) — поздний износ полиэтилена, в 1 случае (2,2%) — рецидивирующий вывих эндопротеза. Авторы утверждают, что имплантация эндопротезов бесцементной фиксации пациентам с аваскулярным некрозом головки бедренной кости после трансплантации почки является наиболее оптимальным способом хирургического лечения [47].

В отечественной литературе отмечается недостаточное количество работ, посвященных этой актуальной теме. Приведем данные Я.А. Рукина с соавторами о результатах первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у 15 пациентов с применением цементной, бесцементной и гибридной фиксации компонентов. Авторы не отмечают ни одного случая асептического расшатывания, вывихов, инфекционных осложнений в сроки наблюдения 3 года. Лишь у 3 пациентов имелись признаки тромбоза глубоких вен нижних конечностей, которые не потребовали хирургических вмешательств [48].

Кроме того, необходимо отметить работу коллектива авторов под руководством В.А. Неверова, которые в 2006 г. опубликовали результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у 67 пациентов со сроками наблюдения от 2 до 10 лет. Отдаленные результаты прослежены у 49 больных. Отмечено всего 3 (4,4%) задних вывиха эндопротеза, которые были устранены закрыто, а также 5 (7,4%) ревизионных вмешательств по поводу асептического расшатывания ацетабулярного компонента эндопротеза [49].

Основными осложнениями, которые описываются во многих исследованиях, у пациентов

диализного профиля являются инфекции, кровотечения и высокая частота летальности. В крупных работах Е.К. Ponnusamy с соавторами [50] и Р.К. Cavanaugh с соавторами [51] сравниваются результаты эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов (41 242 пациентов суммарно в обоих исследованиях) больных с терминальной стадией ХБП с результатами 978 378 больных, неотягощенных сопутствующими заболеваниями. 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 со значимостью различий  $p < 0,0001$  было значительно больше среди пациентов с терминальной стадией ХБП (43,65%) по сравнению с пациентами обычной популяции (26,48%). Инфекционные осложнения встречались в 4 раза чаще у гемодиализных больных, а внутрибольничная летальность достигала 8,96% [50, 51].

Необходимо привести результаты исследования J.R. Lieberman с соавторами, которые указывают на большую летальность среди больных, находящихся на гемодиализе, по сравнению с реципиентами аллогенной почки (45% против 16%), а также более высокой частоты осложнений (38% среди гемодиализных пациентов и 20% среди больных после трансплантации почки). Частота ревизионных вмешательств составила 19% в группе гемодиализных пациентов и всего 3% среди пациентов с пересаженной почкой ( $p < 0,05$ ). Таким образом, можно утверждать, что пациентам с терминальной стадией ХБП эндопротезирование тазобедренного сустава более благоприятно выполнять после трансплантации аллогенной почки [40].

В заключение отметим, что в зарубежных исследованиях прослеживается тенденция к росту публикаций, касающихся не только отдаленных результатов применения эндопротезов различной фиксации, сравнительных анализов эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов, находящихся на гемодиализе и после трансплантации почки, а также детальное описание технологии и применяемых имплантов, но и статьи, посвященные патофизиологическим процессам, происходящим в костной ткани у больных с терминальной стадией ХБП. Больше внимания стало уделяться системному применению витамина D<sub>3</sub>, коррекции уровня паратгормона и регуляции кальций-фосфорного обмена. К сожалению, в отечественной литературе практически отсутствуют публикации по данной проблематике, что связано с невозможностью концентрировать пациентов этой категории в крупных научно-исследовательских центрах. Дальнейшие исследования в области при-

менения первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у больных с терминальной стадией ХБП, на наш взгляд, должны быть направлены на выработку комплексного подхода к выявлению пациентов, путем внедрения программ скрининга и специфической диагностики патологии опорно-двигательного аппарата, предоперационной подготовки, включающей коррекцию электролитных нарушений и регуляции уровня кальция, фосфора, паратгормона, витамина D, а также индивидуальный подход к выполнению оперативного вмешательства с учетом изменения качества костной ткани, наличия костных дефектов и особенностей строения ПОВ и вертлужной впадины.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература [References]

1. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Черный А.Ж., Муравьева Ю.В., Гончаров М.Ю. Данные регистра эндопротезирования тазобедренного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2007–2012 годы. *Травматология и ортопедия России*. 2013;(3):167–190. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Cherny A.Z., Muravieva Yu.V., Goncharov M.Yu. [RNIITO of Vreden Hip replacement register data from 2007–2012 years]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(3):167–190. (in Russian).
2. Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. Annual Report 2014. Available at: [www.dmac.adelaide.edu.au/aoanjrr](http://www.dmac.adelaide.edu.au/aoanjrr).
3. Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. Annual Report 2016. Available at: <http://aoanjrr.dmac.adelaide.edu.au>.
4. Prime M.S., Palmer J., Khan W.S. National Joint Registry for England and Wales. 11th Annual Report 2014. Available at: <http://www.njrcentre.org.uk/njrcentre/default.aspx>.
5. Ranstam J., Kärrholm J., Pulkkinen P., Mäkelä K., Espehaug B., Pedersen A.B. et al. NARA study group. Statistical analysis of arthroplasty data. II. Guidelines. *Acta Orthop*. 2011;82(3):258–267. DOI: 10.3109/17453674.2011.588863.
6. Томилина Н.А., Андрусев А.М., Перегудова Н.Г., Шинкарев М.Б. Заместительная терапия терминальной хронической почечной недостаточности в Российской Федерации в 2010–2015 гг. Отчет по данным Общероссийского Регистра заместительной почечной терапии Российского диализного общества. Часть первая. *Нефрология и диализ*. 2017; 19(4, приложение):1–95. DOI: 10.28996/1680-4422-2017-4suppl-1-95. Tomilina N.A., Andrushev A.M., Peregudova N.G., Shinkarev M.B. [Renal replacement therapy for End Stage Renal Disease in Russian Federation, 2010–2015. Russian National Renal Replacement Therapy Registry Report of Russian Public Organization of Nephrologists «Russian Dialysis Society», Part 1]. *Nephrologia i dialysis* [Nephrology and Dialysis]. 2017;19(4, suppl):1–95. (in Russian). DOI: 10.28996/1680-4422-2017-4suppl-1-95.
7. Готье С.В., Мойсюк Я.Г., Хомяков С.М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации.

- VI сообщение регистра Российского трансплантологического общества. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2014;16(2):5-23.
- Gotie S.V., Moisyk Ya.G., Nomyakov S.M. [Donation and organ transplantation in the Russian Federation. VI-th report of registry of Russian transplant society]. *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov* [Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs]. 2014;16(2):5-23. (in Russian).
8. Бикбов Б.Т., Томила Н.А. Заместительная терапия больных с хронической почечной недостаточностью в Российской Федерации в 1998–2011 гг. Отчет по данным Российского регистра заместительной почечной терапии. Часть первая. *Нефрология и диализ*. 2014;16(1):11-127.  
Bikbov B.T., Tomilina N.A. [Renal replacement therapy for ESRD patients in Russian Federation, 1998–2011. Report of Russian RRT Registry. Part 1]. *Nephrologia i dialys* [Nephrology and dialysis]. 2014;16(1):11-127. (in Russian).
  9. Ершов Д.Л. Перспективы реализации государственно-частного партнерства в здравоохранении субъектов РФ. Экономические науки. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2013;10(17):3-35.  
Ershov D.L. [Prospects the implementation of public-private partnerships in health care entities in the Russian federation]. *Economicheskie nauki. Mezhdunarodny nauchno-issledovatel'ski journal* [Economics. International Research Journal]. 2013;10(17):3-35. (in Russian).
  10. Мухаметзянов И.Ш. Проблемы реформирования региональной службы диализа. Казань: Медицина; 2001. 213 с.  
Muhametzianov I.Sh. [Problems of reforming of the regional service of dialysis]. Kazan: Meditsina; 2001. 213 p. (in Russian).
  11. Ибрагимов А.И., Загоруйченко А.А., Акчурин М.Р., Котенко О.Н. Актуальные вопросы организации гемодиализной помощи в Российской Федерации. *Бюллетень национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко*. 2015;(4-5):128-136.  
Ibragimov A.I., Zagoruichenko A.A., Akchurin M.R., Kotenko O.N. [Current issues of hemodialysis aid in the Russian Federation]. *Bulleten nacionalnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obschestvennogo zdoroviya imeni N.A. Semashko* [Bulletin of the national research Institute of public health named after N.A. Semashko]. 2015;(4-5):128-136.
  12. Суслов В.П., Круглов Е.Е., Горюнов В.В., Ватазин А.В., Смоляков А.А., Вашук И.А. Состояние и перспективы развития службы диализа в Московской области. *Альманах клинической медицины*. 2009;(20):66-70.  
Suslov V.P., Kruglov E.E., Gorunov V.V., Vatazin A.V., Smolyakov A.A., Vaschuk I.A. [The state and prospects of development of dialysis services in the Moscow region]. *Al'manah klinicheskoy mediciny* [Almanac of Clinical Medicine]. 2009;(20):66-70. (in Russian).
  13. Hodsmen A.B. Fragility fractures in dialysis and transplant patients. Is it osteoporosis, and how should it be treated? *Perit Dial Int*. 2001;21(Suppl 3):247-255.
  14. Miller P.D. Treatment of osteoporosis in chronic kidney disease and end-stage renal disease. *Curr Osteoporos Rep*. 2005;3(1):5-12.
  15. 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.
  16. 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.
  17. Jadoul M. Dialysis-related amyloidosis: importance of biocompatibility and age. *Nephrol Dial Transplant*. 1998;13 Suppl 7:61-64.
  18. Huaux J.P., Noël H., Bastien P., Malghem J., Maldague B., Devogelaer J.P., Nagant de Deuxchaisnes C. [Articular amyloidosis, femoral neck fracture and chronic periodic hemodialysis]. *Rev Rhum Mal Osteoartic*. 1985;52(3):179-182. (in French).
  19. Ho L.T., Sprague S.M. Renal osteodystrophy in chronic renal failure. *Semin Nephrol*. 2002;22(6):488-493.
  20. Nikodimopoulou M., Liakos S. Secondary hyperparathyroidism and target organs in chronic kidney disease. *Hippokratia*. 2011;15(Suppl 1):33-38.
  21. Habener J.F., Kemper B., Potts J.T. Jr. Calcium-dependent intracellular degradation of parathyroid hormone: a possible mechanism for the regulation of hormone stores. *Endocrinology*. 1975;97(2):431-441.
  22. Lavi-Moshayoff V., Wasserman G., Meir T., Silver J., Naveh-Many T. PTH increases FGF23 gene expression and mediates the high-FGF23 levels of experimental kidney failure: a bone parathyroid feedback loop. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2010;299(4):F882-889. DOI: 10.1152/ajprenal.00360.2010.
  23. Silver J., Naveh-Many T. FGF-23 and secondary hyperparathyroidism in chronic kidney disease. *Nat Rev Nephrol*. 2013;9(11):641-649. DOI: 10.1038/nrneph.2013.147.
  24. Carrillo-López N., Panizo S., Alonso-Montes C., Román-García P., Rodríguez I., Martínez-Salgado C. et al. Direct inhibition of osteoblastic Wnt pathway by fibroblast growth factor 23 contributes to bone loss in chronic kidney disease. *Kidney Int*. 2016;90(1):77-89. DOI: 10.1016/j.kint.2016.01.024.
  25. Baron R., Kneissel M. WNT signaling in bone homeostasis and disease: from human mutations to treatments. *Nat Med*. 2013;19(2):179-192. DOI: 10.1038/nm.3074.
  26. Gracioli F.G., Neves K.R., Barreto F., Barreto D.V., Dos Reis L.M., Canziani M.E. et al. The complexity of chronic kidney disease-mineral and bone disorder across stages of chronic kidney disease. *Kidney Int*. 2017;91(6):1436-1446. DOI: 10.1016/j.kint.2016.12.029.
  27. Wesseling-Perry K. Osteocyte dysfunction and renal osteodystrophy: not just calcium and phosphorus anymore. *Kidney Int*. 2017;91(6):1276-1278. DOI: 10.1016/j.kint.2017.02.026.
  28. Bell O., Gaberman E., Kilav R., Levi R., Cox K.B., Molkentin J.D. et al. The protein phosphatase calcineurin determines basal parathyroid hormone gene expression. *Mol Endocrinol*. 2005;19(2):516-526. DOI: 10.1210/me.2004-0108.
  29. Marston S.B., Gillingham K., Bailey R.F., Cheng E.Y. Osteonecrosis of the femoral head after solid organ transplantation: a prospective study. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84-A(12):2145-2151.
  30. Abbott K.C., Bucci J.R., Agodoa L.Y. Total hip arthroplasty in chronic dialysis patients in the United States. *J Nephrol*. 2003;16(1):34-39.
  31. Lieu D., Harris I.A., Naylor J.M., Mittal R. Review article: Total hip replacement in haemodialysis or renal transplant patients. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2014;22(3):393-398. DOI: 10.1177/230949901402200325.
  32. Beaulé P.E., Amstutz H.C. Management of Ficat stage III and IV osteonecrosis of the hip. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004;12(2):96-105.
  33. Bucci J.R., Oglesby R.J., Agodoa L.Y., Abbott K.C. Hospitalizations for total hip arthroplasty after renal

- transplantation in the United States. *Am J Transplant.* 2002;2(10):999-1004.
34. Deo S., Gibbons C.L., Emerton M., Simpson A.H. Total hip replacement in renal transplant patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77(2):299-302.
  35. Fukunishi S., Fukui T., Nishio S., Imamura F., Yoh K., Yoshiya S. Results of total hip arthroplasty for dialysis arthropathy in long-term hemodialysis patients. *J Orthop Sci.* 2009;14(3):285-291. DOI: 10.1007/s00776-009-1330-2.
  36. Li W.C., Shih C.H., Ueng S.W., Shih H.N., Lee M.S., Hsieh P.H. Uncemented total hip arthroplasty in chronic hemodialysis patients. *Acta Orthop.* 2010;81(2):178-182. DOI: 10.3109/17453671003628749.
  37. 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. DOI: 10.1016/j.arth.2004.09.055.
  38. Bradford D.S., Janes P.C., Simmons R.S., Najarian J.S. Total hip arthroplasty in renal transplant recipients. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;(181):107-114.
  39. Devlin V.J., Einhorn T.A., Gordon S.L., Alvarez E.V., Butt K.M. Total hip arthroplasty after renal transplantation. Long-term follow-up study and assessment of metabolic bone status. *J Arthroplasty.* 1988;3(3):205-213.
  40. 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.
  41. Shrader M.W., Schall D., Parvizi J., McCarthy J.T., Lewallen D.G. Total hip arthroplasty in patients with renal failure: a comparison between transplant and dialysis patients. *J Arthroplasty.* 2006;21(3):324-329. DOI: 10.1016/j.arth.2005.07.008.
  42. Chmell S.J., Schwartz C.M., Giacchino J.L., Ing T.S. Total hip replacement in patients with renal transplants. *Arch Surg.* 1983;118(4):489-495.
  43. Kenzora J.E., Sledge C.B. Hip arthroplasty and the renal transplant patient. In: *The Hip. Procs third open scientific meeting of the hip society.* St. Louis: CV Mosby; 1975. pp. 33-59.
  44. Goffin E., Baertz G., Rombouts J.J. Long-term survivorship analysis of cemented total hip replacement (THR) after avascular necrosis of the femoral head in renal transplant recipients. *Nephrol Dial Transplant.* 2006;21(3):784-788. DOI: 10.1093/ndt/gfi233.
  45. Blacha J., Kolodziej R., Karwanski M. Bipolar cemented hip hemiarthroplasty in patients with femoral neck fracture who are on hemodialysis is associated with risk of stem migration. *Acta Orthop.* 2009;80(2):174-178. DOI: 10.3109/17453670902875237.
  46. Sprague S., Slobogean G., Bogoch E., Petrisor B., Garibaldi A., O'Hara N., Bhandari M. Vitamin D use and health outcomes after surgery for hip fracture. *Orthopedics.* 2017;40(5):e868-875. DOI: 10.3928/01477447-20170907-01.
  47. 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.
  48. Рукин Я.А., Кавалерский Г.М., Мурьев В.Ю., Шутов Е.В., Цыгин Н.А. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе. Сборник тезисов III Конгресса Ассоциации травматологов и ортопедов г. Москвы с международным участием «Травматология и ортопедия столицы. Время перемен». 2016; С. 198-199. Режим доступа: [arthro.ru/cpanel/FCKeditor/userfiles/file/thesis\\_congress\\_atom\\_2016.pdf](http://arthro.ru/cpanel/FCKeditor/userfiles/file/thesis_congress_atom_2016.pdf).  
Rukin Ya.A., Kavalerski G.M., Muryev V.U., Shutov E.V., Tsygin N.A. [Hip replacement in patients on chronic hemodialysis]. *Sbornik tezisov III Kongressa Asociacii travmatologov i ortopedov Moskvy s mezhdunarodnym uchastiem "Travmatologia i ortopedia stolicy. Vremya peremen"* [The collection of theses of the III Congress of the Association of traumatologists and orthopedists of Moscow with international participation "Traumatology and orthopedics of the capital. Time for a change"]. 2016; pp. 198-199. (in Russian).
  49. 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):214-215.0.
  50. 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.
  51. 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.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Александр Николаевич Цед* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии 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, ортопедии и вертебологии, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»; заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, 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, Department of Traumatology and Orthopedics, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexander K. Dulaev* — Dr. Sci (Med.), professor, head of Department of Traumatology, Orthopedics and Vertebrology, Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine; head of Department of Traumatology and Orthopedics, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation



зации хотя бы в положении легкого подошвенного сгибания стопы, привычного для большинства травматологов? К сожалению, авторы не приводят собственное пояснение данного положения и не дают ссылок на соответствующие источники литературы.

• Защищая выбор сухожилия короткой малоберцовой мышцы для лечения застарелых разрывов ахиллова сухожилия, авторы пишут об одном из наиболее распространенных, хорошо изученных и технически простых вмешательствах (транспозиции сухожилия длинного сгибателя большого пальца) следующее: «Применение этих методик требует значительного опыта хирурга и технически трудно исполнимо [25, 26]». Здесь авторы лукавят, поскольку одна из работ, на которую они ссылаются — [25], посвящена эндоскопически ассистируемому выполнению вмешательства, а другая [26] — минимально инвазивной

технике. Понятно, что подобные модификации технически сложны. Выполняемая же через обычный доступ транспозиция длинного сгибателя первого пальца технически проста и требует всего один доступ вместо трех при используемой авторами методике.

И в заключение о названии статьи. Авторы пишут о «собственном подходе к оперативному лечению застарелых повреждений ахиллова сухожилия». Но ведь никакого «подхода» не было. В маленькой группе из 13 пациентов применена одна на всех хирургическая методика. Статья могла бы быть названа «Наш опыт применения транспозиции сухожилия короткой малоберцовой мышцы для лечения застарелых разрывов ахиллова сухожилия». Такое изменение позволило бы авторам сконцентрироваться на действительно важном для читателя детальном описании техники вмешательства.

**Бережной Сергей Юрьевич**

*д-р мед. наук, врач травматолог-ортопед  
филиала «Мединцентр» ГлавУнДК при МИД России  
e-mail: Doktor@Berezhnoi.ru*

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

### Общие положения

В журнале «Травматология и ортопедия России» публикуются статьи по широкому кругу проблем травматологии и ортопедии, а также смежным специальностям: реконструктивно-восстановительной микрохирургии, комбустиологии, протезированию и др.

Журнал имеет следующие **основные рубрики**:

- Клинические исследования
- Теоретические и экспериментальные исследования
- Методы исследований
- Организация травматолого-ортопедической помощи
- Случаи из практики
- Новые технологии в травматологии и ортопедии
- 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.

В разделах **«Клинические исследования», «Теоретические и экспериментальные исследования», «Методы исследований»** публикуются законченные оригинальные работы, в которых представлены результаты новых научных исследований, не опубликованные ранее в других изданиях.

В разделе **«Случаи из практики»** публикуются интересные и редкие клинические наблюдения с обязательным обсуждением и списком литературы по данной теме.

**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. Обязательно следует указывать цель обзорной статьи, базы данных, в которых проводился информационный поиск, и его хронологические рамки. Объем обзорных статей не должен превышать 25–30 страниц, количество литературных источников – не более 100 наименований.

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 формата А4).

**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.**

### 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).

В исключительных случаях, при невозможности отправить статью через сайт журнала, редакция принимает рукописи, присланные по электронной почте в форме присоединенных файлов на адрес редакции: journal@miiito.org. Дата получения рукописи по электронной почте считается датой ее поступления в редакцию. В качестве дополнительного файла следует загрузить электронный вариант направления от организации, подтверждающего право автора на публикацию данного материала, заверенного печатью. В направлении должно быть указано, что представленный материал не был ранее опубликован или направлен в другие периодические издания с целью публикации, а также что в статье не содержится информации ограниченного доступа и она может быть опубликована в открытой печати.

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.

### 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.

### 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](http://www.ICMJE.org)).

Текст статьи печатается на одной стороне листа формата А4 с полуторными интервалами между строчками, стандартными полями (сле-

ва – 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**.

В редакцию должны быть представлены 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 и названия учреждений. Он должен состоять из следующих разделов:

- Название статьи.

• Структурированное резюме на русском языке объемом 300–400 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-prev.nlm.nih.gov/#/fieldSearch>.

• Текст статьи с таблицами и рисунками по месту их упоминания.

• Информация о конфликте интересов и финансировании.

- Благодарности (если таковые имеются).

- Список литературы.

#### 2. Титульный лист:

- Название статьи

- Фамилии и инициалы авторов

• Полное наименование учреждения, в котором работают авторы в именительном падеже с обязательным указанием статуса организации (аббревиатура перед названием) и ведомственной принадлежности; город, страна, почтовый адрес. 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://www.translit.ru> (вариант BSI))
- название организации с указанием города, страны и почтового адреса, 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**

#### **Структура научных статей**

**Во введении** описывается состояние изучаемой проблемы, ее актуальность и значимость. Следует упомянуть опубликованные работы по данной теме, обозначить их достоинства и недостатки, то есть показать необходимость проведения исследования. Объем данного раздела не должен превышать одной страницы. В конце раздела указывается цель исследования или гипотеза, проверяемая исследованием или наблюдением.

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 указы-

вать учреждение, на базе которого выполнялось исследование.

Рекомендуется использовать название действующего вещества, а не торгового (коммерческого названия). Обязательно должны указываться названия аппаратуры, оборудования, реактивов и т.д. с указанием фирмы-изготовителя.

#### **Защита участников исследований**

При представлении результатов исследований с участием человека авторы должны указать, были ли проведены процедуры оценки протокола исследования официальным комитетом по этике (локальным и национальным) или, в его отсутствие – соответствует ли исследование требованиям Хельсинкской декларации пересмотра 2013 г. ([www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html](http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html)). 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, если только она не является необходимой для научных целей. В частности, для обеспечения анонимности недостаточно замаскировать на фотографии область глаз пациента. Пациент (родитель или опекун) должен предоставить письменное информированное согласие на подобную публикацию. При получении информированного согласия опознаваемому 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 учетом соответствующих требований и законодательства письменное согласие пациента должно храниться у авторов. Автор должен предоставить журналу письменное заявление о получении и архивировании письменного согласия пациента.

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>).

При представлении сведений об экспериментах на животных авторам следует указать, действовали ли они в соответствии с местными и национальными руководствами по уходу и использованию

лабораторных животных, а также «Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» (<http://conventions.coe.int/Treaty/RUS/Treaties/Html/123.htm>).

#### **Статистическая обработка результатов исследования**

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.

Материал раздела «**Результаты исследования**» следует излагать в логической последовательности. Вместо объемных таблиц лучше использовать графики, 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.

В разделе «**Обсуждение**», **который является обязательным для всех статей**, приводится 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 надо 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.

**Выводы** необходимо сопоставлять с целями исследования, избегая неквалифицированных заявлений и выводов, неподтвержденных фактами. Не стоит заявлять о первостепенной значимости исследования или ссылаться на работу, которая полностью не закончена.

#### **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.

**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 тексте 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 вариативности, 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://WWW.NCBI.NLM.NIH.GOV/BOOKS/NBK7256/](http://www.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., Нишнианидзе О.О. 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., Nishnianidze O.O. [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.

DOI: 10.14341/OMET2016449-52.

3. Keeney J.A., Nunley R.M., Baca G.R., Clohisey 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.