

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

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

# ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

**Учредитель и издатель**

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии  
имени Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Главный редактор Р.М. Тихилов**

**Том 27, № 2, 2021**

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» — 33020

# Травматология и ортопедия России

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь редколлегии

**Колесникова Ирина Владимировна** (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Агаджанян В.В.** – д-р мед. наук, профессор  
(ККЦОЗШ, 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  
(НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия)

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

**Борзунов Д.Ю.** – д-р мед. наук (Уральский ГМУ, Екатеринбург, Россия)

**Губин А.В.** – д-р мед. наук, профессор  
(НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия)

**Дулаев А.К.** – д-р мед. наук, профессор  
(СПбНИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия)

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

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

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

**Корыткин А.А.** – канд. мед. наук  
(Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия)

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

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

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

**Маланин Д.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(Волгоградский ГМУ, Волгоград, Россия)

**Мироманов А.М.** – д-р мед. наук, профессор  
(Читинская ГМА, Чита, Россия)

**Мурылев В.Ю.** – д-р мед. наук, профессор  
(Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, 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  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

**Рябых С.О.** – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия)

**Середа А.П.** – д-р мед. наук  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

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

**Томас П.** – д-р медицины, профессор  
(Мюнхенский университет им. Людвига и Максимилиана, Мюнхен, Германия)

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

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

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

**Шевцов В.И.** – член-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор  
(Уральский ГМУ, Екатеринбург, Россия)

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

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

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

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

Учредитель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России  
Адрес: 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, дом 8.

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

Контент журнала доступен под лицензией Creative Commons – Attribution 4.0 International, CC-BY. 

ООО «Типография Лесник», 197183, Санкт-Петербург, ул. Сабировская, дом 37.

Цена свободная.

Редакторы Колесникова И.В., Шен А.С.

Технический редактор Гаврилова С.В.



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

SCIENTIFIC AND PRACTICAL PEER-REVIEWED JOURNAL

# **TRAVMATOLOGIYA I ORTOPEDIYA ROSSII**

**TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS OF RUSSIA**

**Founder and Publisher**

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics

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

**Vol. 27, N 2, 2021**

# Traumatology and Orthopedics of Russia

Editor-in-Chief

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

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Deputy editor

**Igor I. Shubnyakov** – Dr. Sci. (Med.)

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Executive secretary

**Irina V. Kolesnikova**

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

## EDITORIAL BOARD

**Vagram V. Agadzhanian** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Kuzbass 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 National Medical  
Research Center of Children's Orthopedics and Trauma Surgery,  
St. Petersburg, Russia)

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

**Dmitry Yu. Borzunov** – Dr. Sci. (Med.)  
(Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia)

**Aleksander V. Gubin** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Priorov National Medical Research Center of Traumatology  
and Orthopedics, Moscow, Russia)

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

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

**Nikolay N. Kornilov** – Dr. Sci. (Med.)  
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology  
and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

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

**Andrey A. Korytkin** – Cand. Sci. (Med.)  
(Tsvivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology  
and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)

**Aleksander Yu. Kochish** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology  
and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

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

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

**Dmitry A. Malanin** – Dr. Sci. (Med), Professor

(Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia)

**Alexander M. Miromanov** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Chita State Medical Academy, Chita, Russia)

**Valery Yu. Murylev** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, 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 National Medical Research Center of Traumatology  
and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Sergey O. Ryabykh** – Dr. Sci. (Med.)  
(Ilizarov National Medical Research Center of Traumatology  
and Orthopedics, Kurgan, Russia)

**Andrey P. Sereda** – Dr. Sci. (Med.)  
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology  
and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Leonid N. Solomin** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology  
and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

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

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

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

**Robert Hube** – MD (Center of Arthroplasty, Munich, Germany)

**Vladimir I. Shevtsov** – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member  
of Russian Academy of Sciences (Ural State Medical University,  
Ekaterinburg, Russia)

The journal is listed among the peer-reviewed scientific periodicals recommended  
by Higher Attestation Commission at the Ministry of Education and Science.

The journal is currently indexed in Emerging Sources Citation Index (Web of Science), Russian Science Citation Index,  
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 Orthopedics of Russia" founded in 1993. The journal publishes regular issues quarterly, four times per year.  
Registered by Russian State Press Committee. Media registration certificate N 0110540 dated 12.04.1993.

Founder and Publisher: Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics.  
Address: 8, Akademika Baikova str., St. Petersburg, Russia, 195427.

Editorial office address: 8, Akademika Baikova str., St. Petersburg, Russia, 195427.  
Phone: +7 (812) 670-86-84; e-mail: journal@rniito.org. <https://journal.rniito.org>

The content is available under the Creative Commons – Attribution 4.0 International, CC-BY license. 

Printed in "Typography Lesnik", 197183, St. Petersburg, Sabirovskaya str., 37.

Free price.

Editors: I.V. Kolesnikova, A.S. Shen

Computer layout: S.V. Gavrilova



## СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА .....	7	МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ		<b>Силантьева Т.А., Ермаков А.М., Тряпичников А.С.</b>	
<b>Артюх В.А., Божкова С.А., Бояров А.А., Муравьева Ю.В., Кочиш А.А.</b>		Гистологическая оценка перипротезной инфекции с использованием шкалы HOES и анализа экспрессии CD15 при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава.....	84
Эффективность одноэтапного ревизионного эндопротезирования при свищевой форме хронической перипротезной инфекции тазобедренного сустава.....	9	<b>Григорьевский В.В., Грицай Н.П., Цокало В.Н., Лютко О.Б., Григорьевская А.В.</b>	
<b>Тряпичников А.С., Ермаков А.М., Силантьева Т.А., Бурцев А.В.</b>		Патоморфология тканей голени и корреляции лабораторных данных с морфометрическими показателями поражения при травматическом остеомиелите .....	99
Эффективность хирургической обработки с сохранением имплантата при лечении ранней послеоперационной и острой гематогенной перипротезной инфекции тазобедренного сустава.....	23	СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ	
<b>Кенис В.М., Мельченко Е.В., Маркова Т.В., Аль-Каисси Али, Сапоговский А.В., Агранович О.Е., Петрова Е.В.</b>		<b>Родионова С.С., Буклемишев Ю.В., Карпов И.Н., Шугаева О.Б., Торгашин А.Н.</b>	
Патология верхних конечностей у детей с мукополисахаридами.....	34	Переломы тел позвонков как проявление остеомаляции, индуцированной фосфатурической мезенхимальной опухолью .....	114
<b>Салихов М.Р., Шулепов Д.А., Злобин О.В., Дмитриева Н.Н., Мидаев А.И.</b>		ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАВМАТОЛОГО-ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ	
Малоинвазивный артроскопический метод лечения пациентов с медиальным эпикондилитом локтевого сустава .....	44	<b>Базаров А.Ю.</b>	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ		Маршрутизация и лечение больных гематогенным остеомиелитом позвоночника на примере Тюменской области .....	124
<b>Божкова С.А., Гордина Е.М., Марков М.А., Афанасьев А.В., Артюх В.А., Малафеев К.В., Иванькова Е.М.</b>		ОБЗОРЫ	
Влияние комбинации ванкомицина с препаратом серебра на длительность антимикробной активности костного цемента и формирование биопленки штаммом MRSA .....	54	<b>Корыткин А.А., Герасимов С.А., Ковалдов К.А., Герасимов Е.А., Пронских А.А., Новиков А.В., Морозова Е.А.</b>	
<b>Осочук С.С., Яковлева О.С., Марцинкевич А.Ф., Карпенко Е.А.</b>		Миниинвазивные доступы, применяемые при эндопротезировании тазобедренного сустава: систематический обзор .....	132
Влияние трехмесячного приема аторвастатина и $\alpha$ -кальцидола на некоторые морфометрические показатели костной ткани .....	65	<b>Колесник А.И., Загородний Н.В., Очкуренко А.А., Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Донченко С.В., Солодилов И.М., Иванов Д.А., Овчаренко А.В., Суриков В.В.</b>	
<b>Золотов А.С., Исоков С.Х., Исокова А.Х.</b>		Осложнения хирургического лечения пациентов со свежими переломами вертлужной впадины: систематический обзор .....	144
Оптимальная игла для шва сухожилий: традиционная режущая или обратно-режущая? Экспериментальное исследование.....	75	ЛЕКЦИИ	
<i>Редакционный комментарий к статье А.С. Золотова с соавторами «Оптимальная игла для шва сухожилий: традиционная режущая или обратно-режущая?» .....</i>	81	<b>Березин П.А., Брагина С.В., Петрушин А.Л.</b>	
		Травматический вывих бедра: лекция.....	156
		НЕКРОЛОГ	
		<b>Вячеслав Федорович Коршунов.....</b>	170

## CONTENTS

EDITORIAL .....	7	RESEARCH METHODS	
CLINICAL STUDIES		<b>Silantieva T.A., Ermakov A.M., Tryapichnikov A.S.</b>	
<b>Artyukh V.A., Bozhkova S.A., Boyarov A.A., Muravyova J.V., Kochish A.A.</b>		Histological Evaluation of Periprosthetic Infection Using HOES and CD15 Expression Analysis in Hip Revision Arthroplasty .....	84
Efficiency of the One-Stage Revision Hip Arthroplasty in Chronic Periprosthetic Joint Infection with Sinus Tract .....	9	<b>Grigorovskiy V.V., Gritsay N.P., Tsokalo V.N., Lyutko O.B., Grigorovskaya A.V.</b>	
<b>Tryapichnikov A.S., Ermakov A.M., Silantieva T.A., Burtsev A.V.</b>		Morphometric Parameters of Lower Leg Tissues and Their Correlation with Laboratory Data in Patients with Post-Traumatic Osteomyelitis .....	99
Efficiency of Surgical Debridement and Implant Retaining in Treatment of Early Postoperative and Acute Hematogenous Periprosthetic Infections of Hip .....	23	CASE REPORTS	
<b>Kenis V.M., Melchenko E.V., Markova T.V., Al Kaissi Ali, Sapogovskiy A.V., Agranovich O.V., Petrova E.V.</b>		<b>Rodionova S.S., Buklemishev Yu.V., Karpov I.N., Shugaeva O.B., Torgashin A.N.</b>	
Upper Limb Pathology in Children with Mucopolysaccharidoses .....	34	Vertebral Fractures as a Manifestation of Phosphaturic Mesenchymal Tumor-Induced Osteomalacia .....	114
<b>Salikhov M.R., Shulepov D.A., Zlobin O.V., Dmitrieva N.N., Midaev A.I.</b>		TRAUMA AND ORTHOPEDIC CARE	
Minimally Invasive Arthroscopic Treatment of Patients with Medial Epicondylitis .....	44	<b>Bazarov A.Yu.</b>	
THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES		Routing and Treatment of Patients with Hematogenous Vertebral Osteomyelitis on the Tyumen Region Example .....	124
<b>Bozhkova S.A., Gordina E.M., Markov M.A., Afanasyev A.V., Artyukh V.A., Malafeev K.V., Ivan'kova E.M.</b>		REVIEWS	
The Effect of Vancomycin and Silver Combination on the Duration of Antibacterial Activity of Bone Cement and Methicillin-Resistant <i>Staphylococcus aureus</i> Biofilm Formation .....	54	<b>Korytkin A.A., Gerasimov S.A., Kovaldov K.A., Gerasimov E.A., Pronskikh A.A., Novikov A.V., Morozova E.A.</b>	
<b>Asachuk S.S., Yakovleva O.S., Martsinkevich A.F., Karpenka A.A.</b>		Minimally Invasive Approaches for Total Hip Arthroplasty: Systematic Review .....	132
The Effect of Three-Month Atorvastatin and $\alpha$ -Calcidol Administration on Some Bone Tissue Morphometric Parameters .....	65	<b>Kolesnik A.I., Zagorodniy N.V., Ochkurenko A.A., Lazarev A.F., Solod E.I., Donchenko S.V., Solodilov I.M., Ivanov D.A., Ovcharenko A.V., Surikov V.V.</b>	
<b>Zolotov A.S., Isokov S.Kh., Isokova A.Kh.</b>		Complications of Acute Acetabular Fractures Surgical Treatment: Systematic Review .....	144
The Optimal Surgical Needle for Tendon Suture: Cutting Edge or Reverse Cutting Edge? .....	75	LECTURES	
<i>Editorial Comment on the Article by A.S. Zolotov et al. "The Optimal Surgical Needle for Tendon Suture: Cutting Edge or Reverse Cutting Edge?"</i> .....	81	<b>Berezin P.A., Bragina S.V., Petrushin A.L.</b>	
		Traumatic Hip Dislocation: Lecture .....	156
		OBITUARY	
		<b>Vyacheslav F. Korshunov</b> .....	170

### Уважаемые Читатели нашего журнала!

В этом номере журнала представлены статьи по разным направлениям специальности. Тем не менее, обращает на себя внимание, что шесть из них в той или иной степени освещают вопросы ортопедической инфекции. И это, на наш взгляд, не случайно. По данным многочисленных публикаций, частота перипротезных инфекций составляет 1,0–1,5% после первичных операций и достигает 6–8% после ревизионных, а если принимать во внимание, что эрадикация инфекции, по самым оптимистичным данным, не превышает 75–80%, то становится понятным интерес практикующих врачей к этой проблеме. Думаю, что не лучше обстоят дела и с перимплантной инфекцией у пациентов с травмой. С момента проведения последней согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции (Филадельфия, 2018) прошло ровно 3 года, а число публикаций и интерес к этой проблеме не только не уменьшились, а даже выросли. Это связано со многими причинами, начиная от организационных — кто и где должен лечить этих пациентов, заканчивая собственно новыми технологиями, направленными на повышение эффективности лечения.

Вопросы правильной маршрутизации пациентов с ортопедической инфекцией имеют принципиальное значение как с позиции оптимизации расходов на лечение, так и повышения результативности. В этой связи интересна статья А.Ю. Базарова, в которой автор рекомендует проводить диагностику пациентов с гематогенным остеомиелитом в учреждениях не ниже третьего уровня, а лечение — в специализированных отделениях областных клинических больниц и федеральных центров.

Одним из важных моментов в выборе тактики лечения больных с перипротезной инфекцией является понимание степени поражения костной ткани. В статье Т.А. Силантьевой с соавторами рассматриваются вопросы использования иммуногистохимических исследований для оценки глубины поражения перипротезных тканей и риска развития остеомиелита. Эти же авторы отмечают высокую эффективность санирующих операций при ранних сроках ревизий, когда, по логике предыдущей статьи, нет поражения костной ткани и достаточно выполнить тщательную хирургическую обработку. В идеале одномоментная операция имеет несомненные преимущества перед двух-трехэтапными, однако существуют определенные



противопоказания к этому виду операций, одним из которых является наличие свищевого хода как показателя тяжести поражения тканей. Результаты исследования В.А. Артюха с соавторами показывают отсутствие значимой разницы при одномоментной санации и замене имплантата у больных с наличием свищей. Значительно более важными факторами являются состояние мягких тканей, особенности патогенной микрофлоры, длительность заболевания. В случае решения о применении двухэтапной методики одним из основных направлений исследований является повышение локального антимикробного действия различных препаратов. В работе С.А. Божковой с соавторами убедительно показано, что комбинация серебра и ванкомицина пролонгировала антимикробную активность костного цемента и препятствовала формированию микробных пленок.

Ортопедическим проблемам остеопороза посвящена публикация белорусских коллег С.С. Осачука с соавторами. В их экспериментальной работе изучено действие совместного применения статинов и витамина D. Авторы отметили увеличение слоя вновь образованной костной ткани, улучшение васкуляризации и их позитивное дополнение друг друга.

Вопросы малоинвазивной хирургии всегда находят живой отклик как у пациентов, так и у хирургов. В систематическом обзоре А.А. Корыткина с соавторами в сравнительном аспекте рассматриваются преимущества и недостатки различных вариантов миниинвазивных доступов. Авторы делают очень интересный вывод об отсутствии каких-либо значимых превосходств различных доступов, однако указывают на достаточно высокую частоту послеоперационных осложнений:

перипротезные переломы встречались в 5,83%, вывихи — в 5,4%, раннее расшатывание компонентов — в 4,5% наблюдений. Это лишний раз свидетельствует о более длительной кривой обучения и подчеркивает необходимость выбора строгих показаний к этому виду доступа.

Публикация М.Р. Салихов с соавторами посвящена малоинвазивной хирургии — артроскопическому лечению медиального эпикондилита локтевого сустава. Авторы отмечают сложности применения этой технологии, однако полученные результаты говорят об ее эффективности при строгом соблюдении техники операции.

Большой интерес для практических врачей представляет систематический обзор осложнений хирургического лечения свежих переломов вертлужной впадины (Колесник А.И. с соавт.). Подробно проанализированы возможные осложнения: среди интраоперационных наиболее часто встречаются некорректная репозиция отломков, повреждение седалищного нерва, реже — расположение части имплантата в вертлужной впадине, поврежде-

ние верхней ягодичной артерии и других сосудов. Среди ранних послеоперационных осложнений наиболее распространены поверхностная и глубокая раневая хирургическая инфекция, реже — венозные тромбозы. Поздние послеоперационные осложнения в основном представлены развитием гетеротопической оссификации, посттравматическим коксартрозом, реже выявляются асептический некроз головки бедренной кости, остаточная протрузия и вторичное повреждение головки бедренной кости. Именно по этим причинам последующее эндопротезирование тазобедренного сустава относится к разряду наиболее сложных.

В заключение необходимо отметить, что в журнале по-прежнему преобладают статьи, посвященные ортопедическим проблемам. В редакцию практически не поступают работы по неотложной травматологии, что существенно ограничивает спектр обсуждаемых вопросов. Призываем коллег уделять этой проблеме больше внимания. Ждем Ваших работ!

*С уважением,  
главный редактор журнала  
«Травматология и ортопедия России»  
профессор Р.М. Тихилов*



## Эффективность одноэтапного ревизионного эндопротезирования при свищевой форме хронической перипротезной инфекции тазобедренного сустава

В.А. Артюх, С.А. Божкова, А.А. Бояров, Ю.В. Муравьева, А.А. Кочиш

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Введение.** Хроническая перипротезная инфекция (ППИ) остается одним из самых грозных осложнений эндопротезирования (ЭП) тазобедренного сустава (ТБС). Среди проблем, ограничивающих широкое применение методики одноэтапного ревизионного ЭП при хронической ППИ, выделяют наличие свищевой хода, с которым связывают развитие полимикробной инфекции, сложности бактериологической диагностики и дефекты мягких тканей.

**Цель исследования** — оценка влияния функционирующего свищевой хода на исходы одноэтапного ревизионного эндопротезирования (реЭП) у пациентов с хронической ППИ. **Материал и методы.** В проспективное когортное сравнительное исследование были включены 78 больных, которым в 2017–2020 гг. выполнено одноэтапное реЭП. Были сформированы две группы сравнения: 48 (61,54%) больных без свищевой хода (НСФ ППИ) и 30 (38,45%) пациентов со свищами (СФ ППИ). **Результаты.** Наличие свищевой хода увеличивало длительность одноэтапного реЭП: 230 и 197,5 мин соответственно в группах СФ и НСФ ППИ, ( $p = 0,020$ ), а также интраоперационную кровопотерю (850 и 700 мл,  $p = 0,046$ ). Наличие функционирующего свищевой хода было достоверным симптомом локального инфекционного воспаления подкожной клетчатки (86,67%,  $p = 0,00031$ ), рубцового перерождения подкожной клетчатки (66,67%,  $p < 0,05$ ), фасциита (36,67%,  $p = 0,012$ ), гнойных затеков (66,67%,  $p = 0,00027$ ) в области оперативного вмешательства. В структуре ведущих возбудителей в обеих группах преобладала монобактериальная инфекция (в группе НСФ ППИ — у 82,98%, в группе СФ ППИ 77,78%,  $p = 0,084$ ), в большинстве наблюдений выделены стафилококки. Медиана длительности наблюдения составила 20 мес. Инфекция купирована у 93,03% ( $n = 28$ ) пациентов с НСФ ППИ и 82,15% ( $n = 43$ ) со СФ ППИ ( $p > 0,05$ ). Оценка после операции в группах НСФ и СФ ППИ: NHS 92 и 90 баллов ( $p = 0,79$ ) соответственно, EQ-5D-5L — 0,82 и 0,78 баллов ( $p = 0,84$ ) соответственно. Доля пациентов, которым были показаны ревизионные операции, не связанные с ППИ, в группе СФ ППИ более чем в два раза превышала данный показатель в группе сравнения — 25 и 11,62% соответственно ( $p > 0,05$ ). **Заключение.** В результате исследования не было установлено статистически значимой разницы между исходами одноэтапного реЭП у больных со свищевыми ходами и без них. Для достижения благоприятных исходов оперативного лечения должны учитываться такие факторы, как история заболевания, состояние мягких тканей в области операции и особенности патогенной микрофлоры.

**Ключевые слова:** перипротезная инфекция, одноэтапное ревизионное эндопротезирование, свищевой ход, тазобедренный сустав.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Артюх В.А., Божкова С.А., Бояров А.А., Муравьева Ю.В., Кочиш А.А. Эффективность одноэтапного ревизионного эндопротезирования при свищевой форме хронической перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):9-22. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-9-22>.

**Cite as:** Artyukh V.A., Bozhkova S.A., Boyarov A.A., Muravyova J.V., Kochish A.A. [Efficiency of the One-Stage Revision Hip Arthroplasty in Chronic Periprosthetic Joint Infection with Sinus Tract]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):9-22. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-9-22>.

Артюх Василий Алексеевич / Vasily A. Artyukh; e-mail: [artyukhva@mail.ru](mailto:artyukhva@mail.ru).

Рукопись поступила/Received: 06.04.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 31.05.2021.



## Efficiency of the One-Stage Revision Hip Arthroplasty in Chronic Periprosthetic Joint Infection with Sinus Tract

Vasily A. Artyukh, Svetlana A. Bozhkova, Andrey A. Boyarov, Julia V. Muravyova, Andrey A. Kochish

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

### Abstract

**Background.** Chronic periprosthetic joint infection (PJI) remains the one among the most severe complications of total hip arthroplasty. Presence of sinus tract associated with polymicrobial infection development, complexity of bacteriological diagnostics and damage of soft tissues lead to constrictions of one-stage revision hip arthroplasty (RHA). **The aim of this study** was to assess the influence of draining sinus tract on the outcomes of one-stage RHA in patients with chronic hip PJI. **Materials and Methods.** A prospective cohort comparative study included 78 patients who underwent one-stage RHA in 2017-2020. Two groups were formed: 48 (61.54%) patients without sinus tract (WST) and 30 (38.45%) patients with sinus tract (ST). **Results.** The presence of a sinus tract significantly increased the duration of a one-stage RHA in groups of ST and WST (230 and 197.5 min respectively,  $p = 0.02$ ), as well as blood loss (850 ml and 700 ml, respectively,  $p = 0.046$ ). Sinus tract was a reliable symptom of soft tissue local infectious inflammation (86.67%,  $p = 0.00031$ ), fasciitis (36.67%,  $p = 0.012$ ), purulent cavity (66.67%,  $p = 0.00027$ ). The structure of the pathogens was comparable. Monobacterial infections predominated in the WST group (82.98%) and in the ST group (77.78%,  $p = 0.08$ ). In most cases staphylococci were isolated. The median follow-up was 20 months for both groups. The PJI was healed in 93.0% ( $n = 28$ ) patients in WST group and 82.2% ( $n = 43$ ) in ST PJI ( $p > 0.05$ ). Postoperative evaluation in the WST and ST groups: HHS 92 and 90 points ( $p = 0.79$ ), EQ-5D-5L – 0.82 and 0.78 points ( $p = 0.84$ ) respectively. The proportion of patients who were indicated revision surgery with no PJI association in the ST group exceeded this indicator more than twice according to the WST group – 25 and 11.62%, respectively ( $p > 0.05$ ). **Conclusion.** As a result of the study, there was no statistically significant difference between the outcomes of one-stage RHA in patients with and without sinus tract. Factors such as the anamnesis morbi, the soft tissues condition at the surgical site and the pathogenic microflora characteristics should be taken into account in order to achieve favourable outcomes of surgical treatment.

**Keywords:** periprosthetic joint infection, one-stage revision hip replacement, sinus tract.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

Хроническая перипротезная инфекция (ППИ) остается одним из самых грозных осложнений эндопротезирования (ЭП) тазобедренного сустава (ТБС), которое требует оперативного лечения, приводит к ухудшению функциональных результатов, существенно повышает финансовую нагрузку как на пациентов, так и на систему здравоохранения [1, 2]. Несмотря на совершенствование хирургической техники и профилактики, количество случаев ППИ увеличивается пропорционально росту числа операций ЭП. Разработка средств диагностики инфекционных осложнений позволяет увеличить продолжительность жизни больных [1, 3, 4, 5].

В соответствии с современными представлениями о патогенезе ППИ результат лечения считают успешным при полном устранении симптомов инфекционного воспаления и восстановлении функции конечности [6]. В случае хронической ППИ эта цель достигается одно- или двухэтапным ревизионным ЭП (реЭП) [7]. Обе операции имеют свои преимущества и недостатки. Наибольшее распростране-

ние получила двухэтапная методика. Сторонники двухэтапного реЭП указывают, что иногда данная стратегия дает преимущество при эрадикации ППИ, особенно при полирезистентных возбудителях или функционирующем свищевом ходе [8].

Одноэтапное реЭП чрезвычайно привлекательно как для пациента, так и для врача. За десять лет практики А. Zahar с соавторами (2019) выяснили, что одноэтапное реЭП позволяет излечить ППИ у 94% больных, а 75,9% пациентов не нуждаются в повторных операциях по поводу нестабильности эндопротеза [9]. Среди достоинств одноэтапного реЭП выделяют большую удовлетворенность пациентов результатами лечения, более низкий уровень смертности, более короткий срок госпитализации, меньшую продолжительность антибактериальной терапии (АБТ), сокращение финансовых затрат. У пациентов зафиксировано снижение частоты перипротезных переломов, вывихов, случаев укорочения конечностей [10].

В публикациях, посвященных проблемам одноэтапного реЭП, ортопеды, как правило, анали-

зируют эффективность той или иной хирургической техники или методов эрадикации инфекции. Однако пока недостаточно изучен функционирующий свищевой ход как очевидный симптом инфекционного поражения мягких тканей, его влияние на результаты лечения. Лишь в нескольких работах, обобщенных в систематическом обзоре, было убедительно показано отрицательное влияние свищевого хода на исходы одноэтапного реЭП [11]. J. Jenny с соавторами представили результаты одноэтапного реЭП: в 6 из 11 случаев рецидива ППИ до операции у пациентов был выявлен функционирующий свищевой ход [12]. J. Lange с соавторами обобщили исходы одноэтапного реЭП у 56 пациентов. При первичном осмотре развитие ППИ было диагностировано в пяти случаях, в том числе в трех — свищевой ход и в одном — абсцесс [13]. По мнению исследователей, свищевой ход сам по себе не является абсолютным противопоказанием к одноэтапному реЭП, но ухудшает прогноз исхода лечения. Кроме того, анализ публикаций на протяжении последнего десятилетия показал изменение взглядов на проблему свищевого хода при одноэтапном реЭП. Так, T. Gehrke с соавторами считают свищевой ход противопоказанием к операции при отсутствии данных о микробиологическом пейзаже раны, а дефицит мягких тканей в области послеоперационной раны — относительным противопоказанием [10]. Позже A. Zahar с соавторами рассматривали свищ и дефицит мягких тканей как противопоказание к операции только при отсутствии возможности первичного закрытия операционной раны [9].

Таким образом, анализ современных публикаций позволил установить, что для одноэтапного реЭП проблемным является отсутствие обоснования операции у больных, имеющих функционирующий свищевой ход. Возможно, недостаточное внимание к данной проблеме обусловлено малым количеством пациентов со свищами (от 3 до 9), которым было выполнена одноэтапная замена ЭП [9, 12, 13].

*Цель исследования* — оценить влияние функционирующего свищевого хода на исходы одноэтапного реЭП у пациентов с хронической ППИ.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

В проспективное сравнительное когортное исследование были включены больные хронической ППИ, которые были госпитализированы для реЭП ТБС в клинику ФГУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» в 2017–2020 гг.

*Критерии включения* в исследование:

– хроническая ППИ в области ТБС вне зависимости от пола и возраста пациента;

– выделен штамм возбудителя, чувствительный к антибиотикам с пероральной формой препаратов;

– дефект кости позволяет имплантировать стандартные или ревизионные конструкции эндопротеза: дефекты вертлужной впадины типов I–IIA по классификации Paprosky [14], дефекты бедренной кости I–IIIB по классификации Mallory [15];

– мягких тканей достаточно для укрытия раны;

– инфекционное воспаление мягких тканей ограниченное (свищ, абсцесс);

– отсутствуют другие несанированные очаги хронической инфекции;

– имплантат-ассоциированный остеомиелит первого (медуллярный) или второго (поверхностный) анатомических типов, физиологический класс больного А, В (I, S) по классификации Cierny–Mader [16].

*Критерием невключения* считали синдром системной воспалительной реакции, сепсис.

*Критерии исключения* применяли в ходе обследования пациентов или в процессе самой операции:

– инфекционное воспаление мягких тканей неограниченной формы (флегмоны, затеки) или гнойные затеки к сосудисто-нервным пучкам;

– имплантат-ассоциированный остеомиелит III (локализованный) или IV (диффузный) анатомических типов, физиологический класс пациента С по классификации Cierny–Mader;

– дефекты вертлужной впадины 3B типа по Paprosky и бедренной кости типа 4 и более по Mallory, которые были выявлены до операции или сформировались в результате хирургической обработки;

– дефект мягких тканей после иссечения свища, не позволяющий ушить рану.

Из 135 подготовленных к одноэтапному реЭП пациентов запланированная операция была выполнена у 78 (57,8%). В ходе операции у 57 (42,2%) больных были выявлены критерии исключения, в результате чего им было проведено двухэтапное реЭП.

Всем пациентам, отвечавшим критериям включения, выполняли одноэтапное реЭП ТБС. Если до или во время операции обнаруживали критерии исключения, тактику лечения больных меняли на двухэтапное реЭП. За 2017–2020 гг. в исследование включили 78 пациентов. В зависимости от наличия или отсутствия у пациентов функционирующего свищевого хода на момент госпитализации были сформированы две группы сравнения. В первую группу вошли 48 (61,54%) больных, у которых свищевого хода не было (НСФ ППИ). Во вторую были включены 30 (38,45%) пациентов со свищевой формой ППИ (СФ ППИ) (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема исследования

Figure 1. Study flow chart

Диагностику ППИ выполняли в соответствии с критериями Международной согласительной конференции (ICM) 2013 г. [17]. В данной редакции свищевой ход, наряду с положительным результатом двух микробиологических посевов, является одним из двух «больших» признаков ППИ, достаточных для подтверждения диагноза. При отсутствии данных критериев для диагностики ППИ считали достаточными три из пяти «малых» признаков. Оценку характера ППИ (острая или хроническая) выполняли на основании современного представления о патогенезе имплантат-ассоциированной инфекции и классификации ППИ, предложенной W. Zimmerli [18].

Обязательным условием реализации одноэтапного реЭП было выделение штамма микробного возбудителя, чувствительного к пероральным антибиотикам. Для того чтобы выявить патоген, в предоперационном периоде выполняли пункцию сустава, после чего проводили микробиологическое исследование аспирата. У пациентов с функционирующим свищом было невозможно получить внутрисуставную жидкость в результате пункции, или ее количество оказывалось недостаточным для исследования. В этих наблюдениях брали образцы тканей из глубины свищевого хода, с поверхности кости или эндопротеза для последующего бактериологического анализа по разработанной методике (патент на изобретение RU 2 698 175 С1. 2019. Р).

### Хирургическая техника

Все операции одноэтапного реЭП были выполнены по единому хирургическому протоколу.

Больного укладывали на здоровый бок на операционном столе, делали разрез по старому операционному рубцу (60 (76,92%) наблюдений — передний доступ, 17 (21,79%) — задний, 1 (1,28%) — другой) с иссечением последнего и радикальной послойной хирургической обработкой мягких тканей на всю глубину раны. Функционирующий свищевой ход (30 пациентов, 38,46%) иссекали в пределах здоровых тканей и не считали противопоказанием к одноэтапному реЭП, если рану можно было ушить первично. Все конструкции эндопротеза, костный цемент и другие инородные тела тщательно удаляли. Остеотомию большого вертела не выполняли. Костную рану вертлужной впадины и бедренной кости обрабатывали фрезами, рашпилями до хорошо кровоточащей поверхности. Образцы тканей (не менее пяти) для гистологического и бактериологического исследования получали из наиболее глубоких участков раны, а также из-под бедренного и вертлужного компонентов эндопротеза. Операционную рану промывали 6–10 л растворов антисептиков (0,02% полигексанида (Lavasept (B. Braun), 0,05% хлоргексидина биглюконата («ЮжФарм»)) с помощью устройства для пульсирующего струйного лаважа Pulsavac (Zimmer-Biomed). После завершения радикальной хирургической обработки (РХО) костные полости тампонируют салфетками с 10% раствором повидон-йода (EGIS Pharmaceuticals, PLC) в течение 5–10 мин. Выполняли смену инструментов, хирургических простыней, перчаток. Выбор фиксации эндопротеза осуществляли с учетом типа дефектов костей таза и бедра, а также поверхности костной раны. Цементную фиксацию

(62 наблюдения, 77,8%) выбирали в случаях, когда дефекты кости были незначительные или могли быть восполнены стандартными ревизионными конструкциями (аугментами). В тех случаях, когда поверхность кости была склерозирована и дефекты кости не позволяли обеспечить стабильную фиксацию конструкций, имплантировали бесцементные эндопротезы (16 случаев, 22,2%). У 19 (24,4%) пациентов фиксация эндопротеза была гибридная, у 9 (11,5%) — антигибридная. Послеоперационная рана была ушита первично во всех случаях, так как это было одним из критериев включения пациентов в группу исследования. В большинстве наблюдений (70 пациентов, 89,7%) рану ушивали послойно отдельными узловыми швами, у 8 (10,3%) больных потребовалась пластика местными тканями. Дренирование послеоперационной раны по Редону выполняли у 24 больных (30,8%) в течение 24–48 ч. Асептическую повязку меняли ежедневно. Лабораторный контроль выполняли дважды в неделю, оценивая динамику восстановления основных показателей гомеостаза, в том числе скорость оседания эритроцитов (СОЭ) и С-реактивный белок (СРБ). Мобилизацию больных начинали на следующий день после удаления дренажей или на 3–4-е сут. после операции. Полную нагрузку разрешали через 3–8 нед. после операции в зависимости от фиксации эндопротеза.

### *Антибактериальная терапия*

В 76 (97,4%) наблюдениях проводили стартовую АБТ широкого спектра, но с обязательным учетом выделенных до операции возбудителей. Накануне операции или перед началом анестезии пациенту устанавливали центральный венозный катетер для парентерального введения препаратов в периоперационном периоде. Выбор антимикробных средств для добавления в костный цемент также осуществляли на основании результатов предоперационного микробиологического исследования. При необходимости АБТ корректировали после получения результатов исследования интраоперационного биологического материала. Контроль безопасности АБТ включал оценку активности печеночных трансаминаз и уровня креатинина.

### *Оценка результатов*

Результат эрадикации ППИ ТБС изучали не менее чем через 12 мес. после одноэтапного реЭП. Появление симптомов инфекции в течение года после операции считали рецидивом ППИ, спустя год и более — инфекционным осложнением, возникшим по причинам, не связанным с предыдущим клиническим случаем ППИ.

Оценку функциональных результатов одноэтапного реЭП у пациентов с хронической ППИ

ТБС выполняли по шкале Harris Hip Score (HHS), предполагающей оценку по четырем параметрам: боль, функция, деформация, амплитуда движений. Качество жизни пациентов оценивали с применением опросника EQ-5D-5L, профиль здоровья составлен с учетом трех уровней выраженности проблем по пяти направлениям (подвижность, уход за собой, обычная деятельность, боль/дискомфорт, тревога/депрессия) и балльной оценки, полученной с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ).

### *Статистический анализ*

Регистрацию, систематизацию первичных данных и визуализацию полученных результатов выполняли в электронных таблицах Microsoft Office Excel 365. Статистический анализ проводили средствами программной системы Statistica 10.

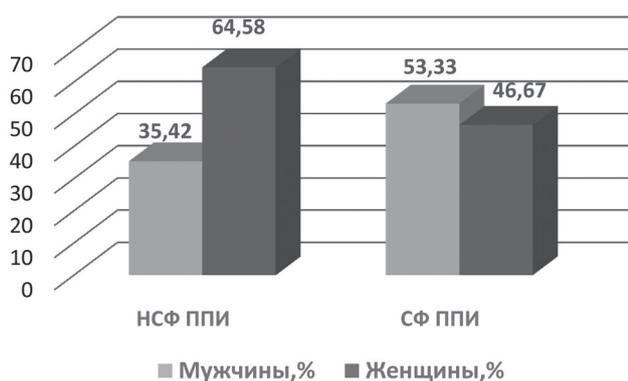
Для описания количественных показателей выполняли проверку на нормальность распределения по критериям Колмогорова–Смирнова, Шапиро–Уилка. При нормальном распределении для описания признака использовали его среднее значение и среднее квадратичное отклонение. При распределении, отличном от нормального, брали медиану (Me), в качестве мер рассеяния — нижний (Q1) и верхний (Q3) квартили (25–75% МКИ). Сравнение количественных параметров (возраст, длительность стационарного лечения, длительность операции и объем кровопотери) в исследуемых группах осуществляли с использованием критериев Манна–Уитни.

Номинальные данные (пол, тип ППИ, коморбидность, тип спейсера и исход) описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. В связи с малым количеством наблюдений сравнение номинальных данных проводилось при помощи критерия  $\chi^2$  Пирсона с поправкой на непрерывность Йетса. Доверительный интервал (ДИ) для категориальных данных определяли на основе частотных распределений. Различия между группами считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

С количественной оценки зависимости вероятности исхода от наличия фактора риска, был рассчитан показатель отношения шансов (odds ratio, OR) с 95% доверительным интервалом (95% ДИ).

### *Результаты*

При распределении больных по половому признаку установлено преобладание лиц женского пола в группе больных НСФ ППИ ( $p > 0,05$ ), при этом гендерное распределение пациентов в группе СФ ППИ было сопоставимым (рис. 2).



**Рис. 2.** Распределение больных по половому признаку в группах сравнения

**Figure 2.** Distribution of patients by gender in comparison groups

Медиана возраста пациентов с НСФ ППИ на момент операции составила 67,5 (63–77,5) лет, в группе со СФ ППИ — 70 (62–79) лет и не имела значимых различий ( $p = 0,712$ ). В обеих группах большинство пациентов страдали хронической гематогенной инфекцией (табл. 1). Во время лечения ППИ до специализированной помощи (одноэтапного реЭП 33,3% больных со СФ и 14,58% пациентов с НСФ ППИ перенесли различные saniрующие операции ( $p = 0,807$ ). Как правило, это были хирургические вмешательства незначительного объема, направленные на купирование симптомов синдрома системной воспалительной реакции (ССВР). После манифестации симптомов инфекционного осложнения больные в обеих группах длительное время не получали специализированной ортопедической помощи. Медиана периода ожидания реЭП была статистически значимо выше в группе СФ ППИ (256 дней (180–519)) по сравнению с пациентами группы НСФ ППИ (111 дней (20–435)) ( $p = 0,018$ ).

Сравнительный анализ частоты встречаемости сопутствующих заболеваний не выявил существенных различий между группами сравнения (табл. 2). Среди сопутствующих заболеваний чаще других отмечали патологию сердечно-сосудистой

системы (хроническая сердечная недостаточность (ХСН), ишемическая болезнь сердца (ИБС), артериальная гипертензия) и желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Физический статус больных преимущественно определяли как легкие заболевания без существенных функциональных ограничений, что отвечало критериям 2-го класса по классификации Американского общества анестезиологов (ASA), оценивающей физический статус. В то же время пациентов с наиболее тяжелым соматическим статусом (ASA 3) наблюдали только в группе со СФ ППИ (2 пациента, 6,67%).

Медиана ИМТ превышала норму и составила 27,71 и 26,5 в группах НСФ и СФ ППИ соответственно ( $p > 0,05$ ). Больше половины больных — 32 (68,04%) в группе НСФ ППИ и 18 (59,9%) в группе СФ ППИ — имели избыточную массу тела, при этом распределение пациентов по степени ожирения в группах сравнения была сходной.

Наличие свищевого хода значимо увеличивало длительность одноэтапного реЭП: 230 и 197,5 мин в группах СФ и НСФ ППИ соответственно ( $p = 0,020$ ), что при сопоставимой скорости потери крови (3,69 и 3,54 мл/мин,  $p > 0,05$ ) приводило к значимо большей интраоперационной кровопотере (850 и 700 мл соответственно ( $p = 0,046$ ). В группах сравнения не было выявлено значимых различий по частоте и длительности дренирования, а также по количеству установленных дренажей (табл. 3). Медиана объема дренажной кровопотери в группе СФ была почти в 1,5 раза выше, чем в группе сравнения, однако данные различия не были статистически значимыми. Количество доз перелитой эритроцитарной массы в группах НСФ и СФ ППИ 2 дозы (2–3) и 3 дозы (2–4) соответственно ( $p = 0,241$ ), а также объем трансфузии свежезамороженной плазмы СЗП (590 (540–600) и 600 (560–890) мл соответственно ( $p = 0,082$ ) не имели статистически значимых отличий, хотя данные показатели были выше у пациентов со СФ ППИ.

Медианы длительности госпитализации и стоимости лечения у пациентов в группах сравнения значимо не отличались (табл. 3).

Таблица 1

**История заболевания у пациентов в сравниваемых группах**

Параметр	НСФ ППИ <i>n</i> = 48	СФ ППИ <i>n</i> = 30	<i>p</i>
Хроническая послеоперационная, <i>n</i> (%)	14 (29,16)	11 (36,7)	> 0,05
Хроническая гематогенная, <i>n</i> (%)	34 (70,83)	19 (63,3)	> 0,05
Санирующая операция до одноэтапного реЭП, <i>n</i> (%)	7 (14,58)	10 (33,33)	> 0,05
Интервал времени: манифестация ППИ — одноэтапное реЭП (медиана, МКИ)	111 (20–435)	256 (180–519)	0,018

Таблица 2

**Частота встречаемости сопутствующих заболеваний и шкала анестезиологического риска у пациентов в группах сравнения**

Параметр	НСФ ППИ, n (%)	СФ ППИ, n (%)	p
ИМТ, кг/м (медиана, МКИ)	27,71 (23,43–31,2)	26,5 (22,92–30,79)	0,958
Ожирение:			
норма	16 (34,04)	12 (40,0)	> 0,05
избыточный вес:	17 (36,12)	10 (33,3)	> 0,05
1 ст.	13 (27,66)	6 (20,0)	> 0,05
2 ст.	2 (4,26)	1 (3,3)	> 0,05
3 ст.	0	1 (3,3)	> 0,05
Ишемическая болезнь сердца	25 (53,19)	15 (55,56)	> 0,05
Хроническая сердечная недостаточность	27 (57,45)	18 (66,67)	> 0,05
Нарушение сердечного ритма	8 (17,02)	6 (23,08)	> 0,05
Артериальная гипертензия	33 (70,21)	25 (86,21)	> 0,05
Заболевания периферических сосудов	14 (29,79)	12 (46,15)	> 0,05
Сахарный диабет	2 (4,26)	3 (12,0)	> 0,05
Заболевания дыхательной системы	7 (14,89)	6 (21,43)	> 0,05
Злокачественные опухоли	3 (6,38)	2 (7,69)	> 0,05
Заболевания печени и желчевыводящих путей	9 (19,15)	5 (17,86)	> 0,05
Заболевания ЖКТ	39 (82,98)	21 (77,78)	> 0,05
Заболевания соединительной ткани	2 (4,26)	0	> 0,05
Анемия	16 (34,04)	9 (33,3)	> 0,05
Нарушения системы коагуляции и прием антикоагулянтов	7 (14,89)	4 (15,38)	> 0,05
Заболевания почек и МВП	9 (19,15)	4 (15,38)	> 0,05
Курение	5 (10,64)	2 (7,69)	> 0,05
Алкоголизм	17 (36,17)	6 (22,2)	> 0,05
ASA, класс:			
1	2 (4,17)	2 (6,67)	> 0,05
2	46 (95,83)	26 (86,67)	> 0,05
3	0	2 (6,67)	> 0,05

Таблица 3

**Сравнительная характеристика периоперационного периода в группах одноэтапного реЭП**

Параметр	НСФ ППИ (М, МКИ)	СФ ППИ (М, МКИ)	p
Время операции, мин	197,5 (137,5–240)	230 (219–255)	0,020
Кровопотеря во время операции, мл	700 (400–1000)	850 (700–1300)	0,046
Дренажи:			
– количество, ед.	0,35 (0–1)	0,8 (0–1)	0,353
– длительность, день	2 (1,5–3,5)	3,5 (2–5)	0,099
– кровопотеря, мл	275 (150–560)	410 (350–500)	0,51
Пункции:			
– количество, ед.	2 (1–3)	1 (1–3)	1,0
– кровопотеря, мл	30 (15–70)	30 (10–150)	0,758
Трансфузия эритроцитарной массы, доза	2 (2–3)	3 (2–4)	0,241
Трансфузия свежзамороженной плазмы, мл	590 (540–600)	600 (560–890)	0,082
Длительность госпитализации, день	27 (22–33)	27 (22–36,5)	0,75

До операции в группе со СФ ППИ такие маркеры воспаления, как количество лейкоцитов, СОЭ, уровень СРБ, были значимо выше, чем в группе НСФ ППИ (табл. 4). Кроме того, при госпитализации у больных со СФ ППИ в сравнении с больными НСФ ППИ уровень гемоглобина был несколько ниже ( $p = 0,059$ ).

Информация о размере костных дефектов была доступна у 71 из 78 (91,0%) больных: у 43 из 48 (89,6%) пациентов с НСФ ППИ и у 28 из 30 (93,3%) со СФ ППИ. Частота выявления умеренного разрушения костей вертлужной впадины (IIA–IIВ) в обеих группах была сопоставимой. Значительные дефекты (IIIA) встречали в 1,8 раз чаще у пациентов со свищами в области ТБС ( $p > 0,05$ ) (рис. 3).

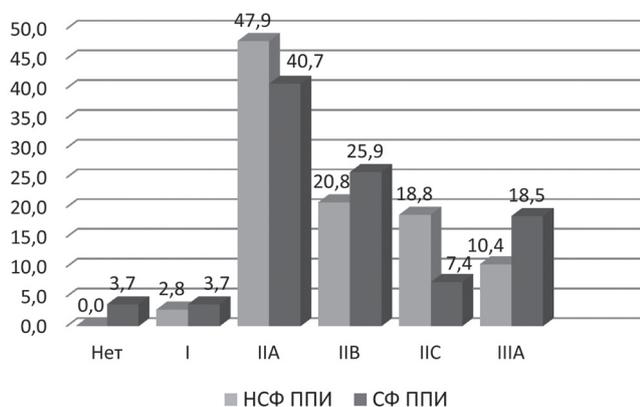
Структура дефектов бедренной кости в группах сравнения была сопоставимой (рис. 4).

Анализ инфекционного поражения мягких тканей позволил установить, что функционирующий свищевой ход является значимым симптомом локального воспаления подкожной клетчатки (86,67%,  $p = 0,00031$ ), рубцового перерождения подкожной клетчатки (66,67%,  $p < 0,05$ ), фасциита (36,67%,  $p = 0,012$ ), гнойных затеков (66,67%,  $p = 0,00027$ ) в области оперативного вмешательства. Отсутствие постоянной фистулы в группе НСФ ППИ приводило к локализации инфекционного воспаления вокруг металлоконструкций (экзогенных секвестров). Область остеолита вокруг вертлужного компонента эндопротеза была обнаружена у 54,17% больных с НСФ ППИ ( $p = 0,036$ ), вокруг бедренного компонента эндопротеза — у 75,0% ( $p = 0,011$ ) (рис. 5).

Таблица 4

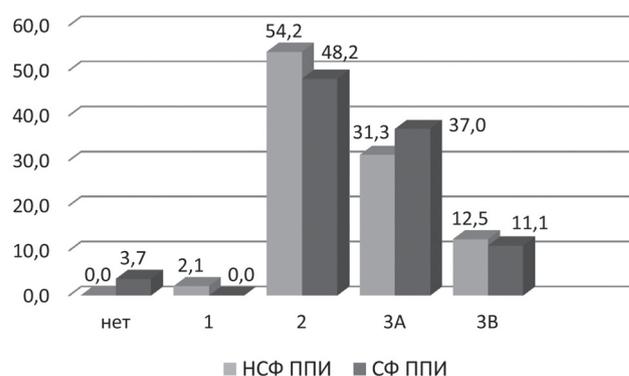
**Результаты лабораторных исследований до одноэтапного реЭП в группах сравнения**

Лабораторные данные	НСФ ППИ (М, МКИ)	СФ ППИ (М, МКИ)	<i>p</i>
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	4,45 (3,98–4,7)	4,43 (3,67–4,76)	0,840
Гемоглобин, г/л	125 (107–134)	113 (99–128)	0,059
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	6,8 (5,5–8,4)	7,8 (6,5–9,0)	0,048
СОЭ, мм/ч	37,5 (22–55)	60 (39–73)	0,001
СРБ, мг/л	15,7 (8,8–34,24)	31,35 (20,6–78,6)	0,002



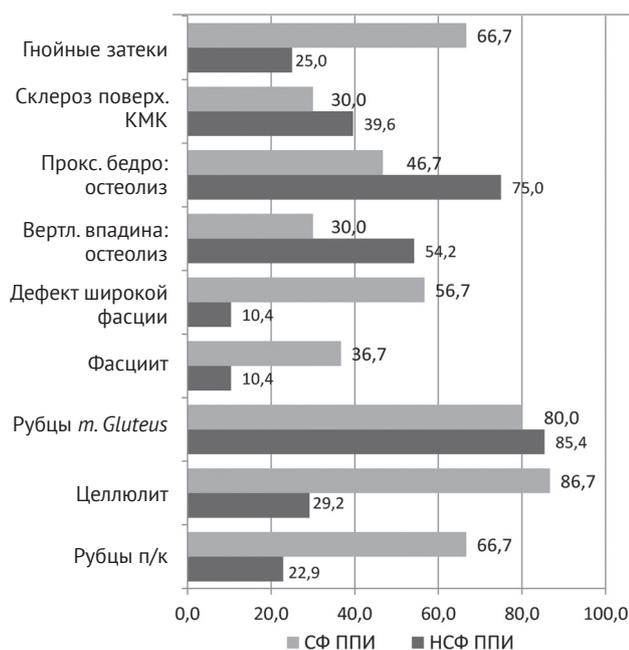
**Рис. 3.** Структура дефектов вертлужной впадины по классификации Paprosky. Дефекты бедренной кости IIВ типа были критерием исключения пациентов из исследования

**Figure 3.** Structure of the acetabulum defects according to Paprosky classification. Type IIВ femoral defects was the exclusion criteria



**Рис. 4.** Структура дефектов бедренной кости по классификации Mallory. Наличие дефектов бедренной кости 4-го типа было критерием исключения пациентов из исследования

**Figure 4.** Structure of femoral defects according to Mallory classification. The presence of type 4 femoral defects was the exclusion criteria



**Рис. 5.** Структура инфекционных поражений мягких тканей и костей в группах сравнения ( $p < 0,05$ )

**Figure 5.** Structure of soft tissues and bone infectious lesions in the groups ( $p < 0,05$ )

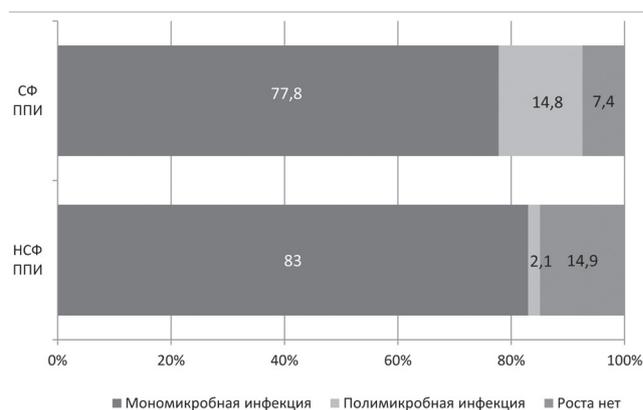
Структура ведущих возбудителей была сопоставимой — в обеих группах преобладали стафилококки (табл. 5). Среди возбудителей в группе НСФ ППИ чаще других встречали *S. epidermidis*, СФ ППИ — *S. aureus*. Из числа выделенных до операции *S. epidermidis* доля MRSE в группе НСФ ППИ составила 41,5% (17 из 24), а в группе СФ ППИ — 50% (3 из 6) ( $p > 0,05$ ). Только у пациентов со СФ ППИ были выделены штаммы MRSA, их доля составила 13,3% (2 из 15).

Необходимо отметить, что в группах сравнения различались методики получения материала для бактериологического исследования. У пациентов со СФ ППИ при пункции сустава получено недостаточное количество внутрисуставной жидкости.

В связи с этим забирали образцы тканей из глубины свищевого хода, в непосредственной близости с эндопротезом (патент RU 2 698 175 С1). Применение данной методики позволило значительно повысить эффективность дооперационного бактериологического исследования. Так, в группе со СФ ППИ количество наблюдений, в которых не было роста патогенной микрофлоры, составило 7,41%, то время как исследование суставного аспирата у больных с НСФ ППИ оказалось неинформативным в 14,89% случаях ( $p = 0,0017$ ).

Микробиологическое исследование образцов биоматериала из области ТБС до операции показало, что в обеих группах преобладали пациенты с монобактериальной инфекцией (в группе НСФ ППИ — 82,98%, в группе СФ ППИ — 77,78%) ( $p = 0,084$ ) (рис. 6).

Сравнение результатов исследования биологического материала, полученного до- и во время хирургического вмешательства, показало, что доля совпавших результатов составила 40,0 и 56,25% соответственно в группах СФ и НСФ ППИ ( $p = 0,081$ ) (рис. 7).



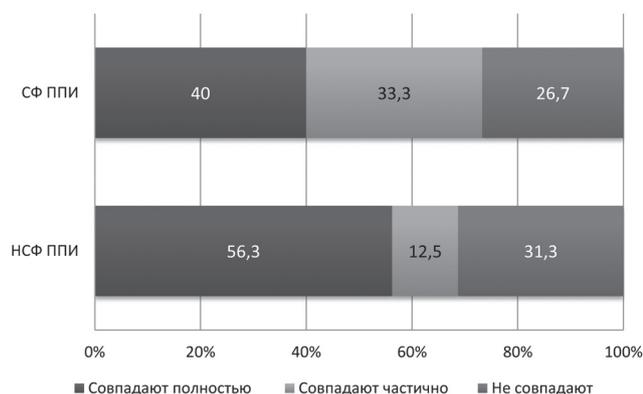
**Рис. 6.** Этиология ППИ тазобедренного сустава в группах сравнения

**Figure 6.** Etiology of the hip PJI in the groups

**Спектр возбудителей ППИ, выделенных из биоматериала до операции**

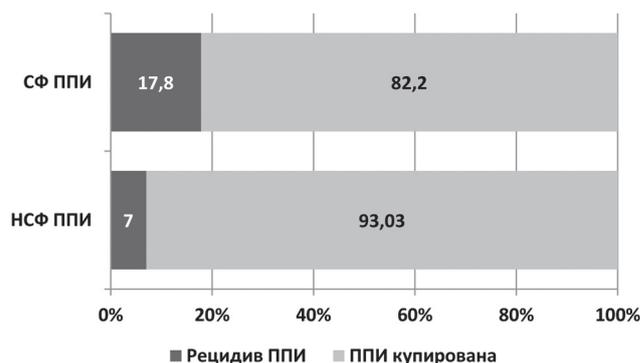
Таблица 5

Патогенная микрофлора	НСФ ППИ, n (%)	СФ ППИ, n (%)	p
<i>S. epidermidis</i>	24 (58,5)	6 (20,7)	>0,05
<i>S. aureus</i>	4 (9,8)	15 (51,7)	>0,05
<i>Enterococcus spp.</i>	6 (14,6)	3 (10,3)	>0,05
Грамотрицательные бактерии	1 (2,4)	1 (3,4)	>0,05
Другие	6 (14,6)	4 (13,8)	>0,05
Итого	41 (100)	29 (100)	—



**Рис. 7.** Сопоставимость результатов микробиологического исследования до- и интраоперационных образцов биологического материала в группах сравнения

**Figure 7.** Comparability of the microbiological study results up to- and intraoperative samples of biological material in groups



**Рис. 8.** Результаты одноэтапного реЭП в группах сравнения

**Figure 8.** Results of a single-stage revision in comparison groups

При этом еще в 33,3 и 12,5% случаев ( $p>0,05$ ) соответственно для групп СФ и НСФ ППИ результаты дооперационного исследования образцов тканей из свищевого хода частично совпали с данными, полученными из образцов, полученных во время операции. Доля «неверных» дооперационных данных о патогене в обеих группах была сопоставима ( $p>0,05$ ).

Информация об отсроченных исходах лечения была получена от 71 из 78 пациентов (43 из группы НСФ ППИ и 28 из группы СФ ППИ). Медиана длительности наблюдения составила в группе НСФ ППИ 20 мес. (12–29), в группе СФ ППИ — 23 мес. (12–34) ( $p = 0,685$ ). Установлено, что эрадикация инфекции была достигнута у 43 (93,03%) пациентов с НСФ ППИ и 28 (82,15%) — в группе СФ ППИ ( $p>0,05$ ) (рис. 8). Все случаи рецидива ППИ развились в срок до одного года после одноэтапного реЭП.

Доля больных, которым были необходимы ревизионные операции, не связанные с ППИ (гематома послеоперационной раны, вывих головки эндопротеза), в группе СФ ППИ более чем в два раза превышала данный показатель в группе НСФ ППИ — 25% и 11,62% ( $p>0,05$ ).

Количество летальных исходов среди больных изученных групп было сопоставимым. В группе НСФ ППИ смерть пациентов в 2 (4,65%) случаях наступила через 90 дней и 1,5 года после операции и не была связана с рецидивом ППИ. В группе со СФ ППИ причиной смерти одного больного (3,57%) была генерализация хронической рецидивирующей ППИ через 6 мес. после операции.

До операции пациенты в группе СФ ППИ чувствовали себя лучше, чем больные НСФ ППИ, что подтверждают результаты опроса по шкале EQ-5D-5L — 0,49 и 0,28 балла соответственно ( $p = 0,031$ ) (табл. 6).

Таблица 6

**Результаты одноэтапного реЭП у пациентов с хронической ППИ в группах сравнения**

Шкала	НСФ ППИ М (МКИ)	СФ ППИ М, (МКИ)	<i>p</i>
Сроки наблюдения, мес.	20 (12–29)	23 (12–34)	0,685
НHS:			
– до операции	32 (26–44)	36 (25–49)	0,525
– после операции	92 (71–95)	90 (74–93)	0,790
EQ-5D-5L:			
– до операции	0,29 (0,15–0,5)	0,49 (0,22–0,64)	0,031
– после операции	0,82 (0,58–0,88)	0,79 (0,71–0,88)	0,845
ВАШ:			
– до операции	30 (20–50)	50 (40–60)	0,000
– после операции	70 (50–85)	75 (50–85)	0,474

После операции итоговые результаты оценки функциональных возможностей пациента в двух группах были сопоставимы по шкале ННS (92 и 90 баллов,  $p = 0,79$ ) и социальной адаптации по шкале EQ-5D-5L (0,82 и 0,78 баллов,  $p = 0,84$ ).

Стоит отметить, что субъективная оценка больными своего общего состояния по ВАШ как до операции (50 баллов,  $p < 0,05$ ), так и после нее (75 баллов,  $p = 0,47$ ) была выше в группе пациентов со СФ ППИ.

### Обсуждение

После публикации Н.В. Buchholz с соавторами [16], посвященной десятилетнему опыту одноэтапного реЭП, операция приобрела множество убежденных сторонников и противников. С тех пор опубликованы тематические метаанализы, отчеты о работе международных согласительных конференций, и острота дискуссии существенно уменьшилась, а в сообществе ортопедов формируется единый подход к выбору хирургической тактики [7, 20, 21]. Тем не менее не для всех проблем найдено очевидное решение. Влияние функционирующего свищевого хода на результаты лечения является одним из таких вопросов.

В нашем проспективном сравнительном когортном исследовании отсроченных результатов одноэтапного реЭП у 71 больного хронической ППИ ТБС инфекция была купирована у 43 (93,03%) пациентов с НСФ ППИ и у 28 (82,15%) — со СФ ППИ ( $p > 0,05$ ).

S. Marmor с соавторами считают, что свищ не является препятствием к операции, если после его иссечения будет достаточно мягких тканей для первичного ушивания раны [9, 21]. В исследовании A. Zahar с соавторами 10,6% больных имели один или несколько свищевых ходов, но у 94% из них не было рецидивов ППИ в течение 10 лет [9]. Более того, как показал систематический обзор, выполненный S. Kunutsor с соавторами, среди кандидатов для одноэтапной операции было больше пациентов, имеющих в анамнезе санирующие операции, более высокий уровень СРБ, больше пациентов с абсцессами, свищевыми ходами и гранулирующими ранами в сравнении с группой двухэтапного реЭП. Эти результаты были неожиданными, так как принято считать, что пациентам с осложнениями ППИ чаще выполняют двухэтапное реЭП, чтобы реализовать преимущества дополнительной операции и курса АБТ [7]. В нашем исследовании 30 (38,5%) больных имели свищевые ходы, а послеоперационные раны были ушиты к концу операции во всех наблюдениях. При этом наличие свищевого хода статистически незначимо уменьшало шансы купирования ППИ в течение первых двух лет после одноэтапного реЭП ( $OR = 0,806$ , 95%CI — 0,396–1,642).

Возможно, большее значение для прогноза исходов одноэтапного реЭП может иметь степень инфекционного поражения мягких тканей в области ТБС. F. Rowan с соавторами считают инфекционное поражение мягких тканей одним из противопоказаний к одноэтапному реЭП [22]. M. Wolf с соавторами на основании классификации McPherson показали, что при поражении мягких тканей 3 ст. не удалось добиться эрадикации ППИ ни в одном из случаев одноэтапного реЭП [23]. Авторы считают, что пациенты с обширным поражением мягких тканей нуждаются в двухэтапном реЭП. В нашем исследовании у пациентов как со СФ ППИ, так и с НСФ ППИ отсутствовала статистически значимая связь между рецидивом ППИ и инфекционным воспалением подкожной жировой клетчатки ( $OR = 1,0$ ; 95%CI = 0,26–3,88 и  $OR = 1,0$  95%CI = 0,19–5,22 соответственно), а также широкой фасции бедра ( $OR = 2,9$ ; 95%CI = 0,86–9,75 и  $OR = 1,7$ ; 95%CI = 0,93–7,74 соответственно). Наряду с этим была выявлена статистически значимая связь между наличием гнойных затеков и рецидивами ППИ в группе больных со СФ ППИ ( $OR = 10,0$ , 95%CI = 2,94–34,0), а также в группе НСФ ( $OR = 4,46$ ; 95%CI = 1,16–17,18).

В настоящее время наличие открытого канала (свищевого хода), сообщающегося между суставом и внешней средой, а также неудачные санирующие операции в анамнезе считаются факторами, предрасполагающими к развитию полимикробной инфекции [21]. Как мы установили, доля пациентов с полимикробной инфекцией в группе СФ ППИ (14,8%) в 6,9 раз превышала аналогичный показатель в группе НСФ (2,1%). Исследование материала, полученного во время операции, позволило установить статистически значимые различия ( $p = 0,034$ ) в частоте случаев полимикробной инфекции у пациентов групп НСФ ППИ (17,02%) и СФ ППИ (42,86%). Полученные нами данные в группе СФ ППИ существенно превышали результаты D. Rudelli с соавторами (22% наблюдений) и S. Marmor с соавторами (21% наблюдений) [21, 24]. Несмотря на полимикробную инфекцию, эффективность одноэтапного реЭП была высокой, что, вероятно, обусловлено своевременным назначением эмпирической антибактериальной терапии широкого спектра вплоть до получения результатов бактериологического исследования интраоперационно забранного материала. У пациентов группы СФ ППИ была установлена статистически значимая связь полимикробной инфекции и рецидива ППИ ( $OR = 3,3$ ; 95%CI = 1,00–11,14). Независимо от видового состава бактериальных ассоциаций полимикробная инфекция значительно не влияла на шансы развития рецидива ППИ в группе НСФ ППИ ( $OR = 3,0$ ; 95%CI = 0,75–12,09). Необходимо отметить, что в группах наблюдения

отсутствовали пациенты с ППИ, обусловленной трудными для эрадикации патогенами.

В настоящее время выделение патогенной микрофлоры, чувствительной к имеющимся антибиотикам для продленной АБТ, остается ведущим требованием к кандидатам на одноэтапное реЭП [9]. Известно, что в 5–35% случаев данные микробиологического исследования до операции не информативны [22]. В нашем исследовании результаты бактериологического исследования до- и интраоперационных образцов биологического материала совпадали у 56,25% пациентов в группы НСФ ППИ и 40,00% — в группе СФ ППИ.

Вторая международная согласительная конференция (2018 г.) не рекомендовала использовать для исследования биологический материал из поверхностных отделов свищевого хода, полученный с помощью тупфера в связи с высоким риском контаминации образцов [26]. Однако разработанная нами методика позволяет забирать тканевые биоптаты из глубины раны, с поверхности кости или эндопротеза. Поэтому при отсутствии жидкости в ТБС у пациентов группы СФ ППИ мы получали образцы мягких тканей для бактериологического анализа через свищевой ход. Эффективность методики, на наш взгляд, была достаточной, несмотря на то, что, в группе СФ ППИ больше наблюдений, в которых дооперационный микробиологический диагноз был неполным (33,3% против 12,5% соответственно). Вероятно, эти данные были связаны с контаминацией образцов тканей во время продвижения по свищевому ходу. В то же время доли верных диагнозов в группах СФ ППИ и НСФ ППИ были сопоставимы (40,0 и 56,3% соответственно), в группе СФ ППИ оказалось меньше ошибок микробиологической диагностики (26,7 и 31,3% соответственно). Таким образом, реализованная методика не только давала общее представление об истинном характере возбудителей ППИ, но в некоторых случаях была единственным способом микробиологической диагностики.

Очевидно, что для повышения количества благоприятных исходов операции следует оценивать больше факторов, таких как история заболевания, состояния мягких тканей в области операции, сопутствующие заболевания пациента. Вероятно, реализация такого подхода потребует применения другой классификации ППИ, например такой, как у E. McPherson [27].

В нашем исследовании после одноэтапного реЭП у ряда пациентов возникли показания для ревизии эндопротеза ТБС по причинам, не связанным с инфекционным осложнением (удаление гематомы послеоперационной раны и устранение вывиха головки эндопротеза). В обеих группах не

было установлено значимого влияния дополнительных операций на исходы лечения: в группе СФ ППИ — OR = 0,652; 95% CI = 0,179–2,372, в группе НСФ ППИ — OR = 0,57, 95% CI = 0,127–2,551.

### *Ограничение исследования*

Выполненное исследование имеет ограничения, которые связаны с малым количеством наблюдений в группе СФ ППИ (30 пациентов), что уменьшает возможности статистической обработки данных. Кроме того, мы не анализировали такие факторы, как интервал времени между манифестацией ППИ и оказанием специализированной хирургической помощи, использование эндопротезов с цементной и бесцементной фиксацией, создание и преимущества локального депо антибиотиков. Кроме того, в исследовании была использована запатентованная нами методика получения образцов тканей из полости ТБС через свищевой ход, которая пока не получила широкого распространения, и преимущества которой нуждаются в дальнейшем изучении. Не был проведен многофакторный статистический анализ.

Требуется проведение дополнительных исследований по изучению этих факторов, что, безусловно, повлияет на установление причин неудовлетворительных исходов лечения.

### *Заключение*

При лечении хронической ППИ одноэтапное реЭП продемонстрировало эффективность вне зависимости от наличия или отсутствия свищевого хода. Оптимизация микробиологической диагностики, разумное расширение показаний к операции, в том числе у больных с функционирующим свищевым ходом, позволяет добиться высоких результатов эрадикации ППИ. Вместе с тем исходы одноэтапного реЭП у больных со свищами уступают тем наблюдениям, где отбор пациентов был более строгий. Определение границ возможного применения одноэтапного реЭП требует дальнейшего изучения в более многочисленных когортах больных и, возможно, проведения мультицентровых исследований.

### *Этическая экспертиза*

Все манипуляции, выполненные в исследовании с участием людей, соответствовали стандартам локального этического комитета, а также Хельсинкской декларации 1964 г. и более поздним поправкам к ней или сопоставимым этическим стандартам. Для исследования этого типа формального согласия локального этического комитета не требуется.

## Литература [References]

- Kurtz S.M., Lau E., Watson H., Schmier J.K., Parvizi J. Economic burden of periprosthetic joint infection in the United States. *J Arthroplasty*. 2012;27(8, Suppl.):61-65. doi: 10.1016/j.arth.2012.02.022.
- Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Денисов А.О., Ахмедиллов М.А., Черный А.Ж., Тотоев З.А. и др. Что изменилось в структуре ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава в последние годы? *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(4):9-27. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-9-27. Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Denisov A.O., Akhmedilov M.A., Cherny A.Z., Totoev Z.A. et al. [What Has Changed in the Structure of Revision Hip Arthroplasty?] *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(4):9-27. (In Russian.). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-9-27.
- Карбышева С., Ренц Н., Ермак К., Кабрик С., Трампуш А. Новые методы диагностики перипротезной инфекции. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(4):56-63. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-56-63. Karbysheva S., Renz N., Yermak K., Cabric S., Trampuz A. New Methods in the Diagnosis of Prosthetic Joint Infection. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(4):56-63. (In Russian.). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-56-63.
- Dale H., Fenstad A.M., Hallan G., Havelin L.I., Furnes O., Overgaard S. et al. Increasing risk of prosthetic joint infection after total hip arthroplasty. *Acta Orthop*. 2012;83(5):449-458. doi: 10.3109/17453674.2012.733918.
- Kurtz S.M., Lau E., Schmier J., Ong K.L., Zhao K., Parvizi J. Infection Burden for Hip and Knee Arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty*. 2008;23(7):984-991. doi: 10.1016/j.arth.2007.10.017.
- Diaz-Ledezma C., Higuera C.A., Parvizi J. Success After Treatment of Periprosthetic Joint Infection: A Delphi-based International Multidisciplinary Consensus. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(7):2374-2382. doi: 10.1007/s11999-013-2866-1.
- Kunutsor S.K., Whitehouse M.R., Blom A.W., Board T., Kay P., Wroblewski B.M. et al. One- and two-stage surgical revision of peri-prosthetic joint infection of the hip: a pooled individual participant data analysis of 44 cohort studies. *Eur J Epidemiol*. 2018;33(10):933-946. doi: 10.1007/s10654-018-0377-9.
- Lange J., Troelsen A., Thomsen R.W., Soballe K. Chronic infections in hip arthroplasties: comparing risk of reinfection following one-stage and two-stage revision: a systematic review and meta-analysis. *Clin Epidemiol*. 2012;4:57-73. doi: 10.2147/CLEP.S29025.
- Zahar A., Klaber I., Gerken A.-M., Gehrke T., Gebauer M., Lausmann C. et al. Ten-Year Results Following One-Stage Septic Hip Exchange in the Management of Periprosthetic Joint Infection. *J Arthroplasty*. 2019;34(6):1221-1226. doi: 10.1016/j.arth.2019.02.021.
- Gehrke T., Zahar A., Kendoff D. One-stage exchange: it all began here. *Bone Joint J*. 2013;95-B(11 Suppl A):77-83. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32646.
- Thakrar R.R., Horriat S., Kayani B., Haddad F.S. Indications for a single-stage exchange arthroplasty for chronic prosthetic joint infection: a systematic review. *Bone Joint J*. 2019;101-B(1 Suppl A):19-24. doi: 10.1302/0301-620X.101B1.BJJ-2018-0374.R1.
- Jenny J.-Y., Lengert R., Diesinger Y., Gaudias J., Boeri C., Kempf J.F. Routine one-stage exchange for chronic infection after total hip replacement. *Int Orthop*. 2014;38(12):2477-2481. doi: 10.1007/s00264-014-2466-z.
- Lange J., Troelsen A., Solgaard S., Otte K.S., Jensen N.K., Soballe K. et al. Cementless One-Stage Revision in Chronic Periprosthetic Hip Joint Infection. Ninety-One Percent Infection Free Survival in 56 Patients at Minimum 2-Year Follow-Up. *J Arthroplasty*. 2018;33(4):1160-1165.e1. doi: 10.1016/j.arth.2017.11.024.
- Paprosky W.G., Perona P.G., Lawrence J.M. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty*. 1994;9(1):33-44. doi: 10.1016/0883-5403(94)90135-x.
- Mallory T.H. Preparation of the proximal femur in cementless total hip revision. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;(235):47-60.
- Cierny G. 3<sup>rd</sup>, Mader J.T., Penninck J.J. A clinical staging system for adult osteomyelitis. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;(414):7-24. doi: 10.1097/01.blo.0000088564.81746.62.
- Valle C.D., Bauer T.W., Malizos K.N. Workgroup 7: Diagnosis of periprosthetic joint infection. In: Gehrke T., Parvizi J. Proceedings of the International Consensus Meeting on periprosthetic joint infection. 2014. P. 202-223. Available from: [https://www.efort.org/wp-content/uploads/2013/10/Philadelphia\\_Consensus.pdf](https://www.efort.org/wp-content/uploads/2013/10/Philadelphia_Consensus.pdf).
- Zimmerli W. Clinical presentation and treatment of orthopaedic implant-associated infection. *J Intern Med*. 2014;276(2):111-119. doi: 10.1111/joim.12233.
- Buchholz H.W., Elson R.A., Engelbrecht E., Lodenkamper H., Rottger J., Siegel A. Management of deep infection of total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 1981;63-B(3):342-353. doi: 10.1302/0301-620X.63B3.7021561.
- Lum Z.C., Holland C.T., Meehan J.P. Systematic review of single stage revision for prosthetic joint infection. *World J Orthop*. 2020;11(12):559-572. doi: 10.5312/wjo.v11.i12.559.
- Marmor S., Kerroumi Y., Meyssonier V., Lhotellier L., Mouton A., Graff W. et al. One-Stage Exchange Arthroplasty for Fistulizing Periprosthetic Joint Infection of the Hip: An Effective Strategy. *Front Med (Lausanne)*. 2020;7:540929. doi: 10.3389/fmed.2020.540929.
- Rowan F.E., Donaldson M.J., Pietrzak J.R., Haddad F.S. The Role of One-Stage Exchange for Prosthetic Joint Infection. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2018;11(3):370-379. doi: 10.1007/s12178-018-9499-7.
- Wolf M., Clar H., Friesenbichler J., Schwantzer G., Bernhardt G., Gruber G. et al. Prosthetic joint infection following total hip replacement: results of one-stage versus two-stage exchange. *Int Orthop*. 2014;38(7):1363-1368. doi: 10.1007/s00264-014-2309-y.
- Rudelli S., Uip D., Honda E., Lima A.L.L.M. One-stage revision of infected total hip arthroplasty with bone graft. *J Arthroplasty*. 2008;23(8):1165-1177. doi: 10.1016/j.arth.2007.08.010.
- Tande A.J., Patel R. Prosthetic joint infection. *Clin Microbiol Rev*. 2014;27(2):302-345. doi: 10.1128/CMR.00111-13.
- Ascione T., Barrack R., Benito N., Blevins K., Brause B., Cornu O. et al. General Assembly, Diagnosis, Pathogen Isolation — Culture Matters: Proceedings of International Consensus on Orthopedic Infections. *J Arthroplasty*. 2019;34(2S):S197-S206. doi: 10.1016/j.arth.2018.09.071.
- McPherson E.J., Woodson C., Holtom P., Roidis N., Shufelt C., Patzakis M. Periprosthetic total hip infection: outcomes using a staging system. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;(403):8-15.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Артюх Василий Алексеевич* — канд. мед. наук, заведующий отделением гнойной хирургии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: artyukhva@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5087-6081>

*Божкова Светлана Анатольевна* — д-р мед. наук, руководитель научного отделения профилактики и лечения раневой инфекции, заведующая отделением клинической фармакологии, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2083-2424>

*Бояров Андрей Александрович* — младший научный сотрудник научного отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: Bojaroffaa@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0493-7784>

*Муравьева Юлия Валентиновна* — инженер-программист отдела информационных технологий, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: julia-muraveva@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9535-6661>

*Кочиш Андрей Александрович* — врач травматолог-ортопед отделения гнойной хирургии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: aakochish@rniito.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8573-1096>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Vasily A. Artyukh* — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: artyukhva@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5087-6081>

*Svetlana A. Bozhkova* — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2083-2424>

*Andrey A. Boyarov* — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: Bojaroffaa@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0493-7784>

*Julia V. Muravyova* — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: julia-muraveva@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9535-6661>

*Andrey A. Kochish* — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: aakochish@rniito.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8573-1096>

*Заявленный вклад авторов*

*Артюх В.А.* — существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных, написание текста статьи.

*Божкова С.А.* — разработка концепции и дизайна исследования, написание и редактирование текста статьи, интерпретация полученных данных.

*Бояров А.А.* — разработка концепции исследования, сбор, интерпретация полученных данных, написание текста статьи.

*Муравьева Ю.В.* — сбор, интерпретация полученных данных, статистическая обработка данных.

*Кочиш А.А.* — сбор, интерпретация полученных данных, написание текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

*Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Эффективность хирургической обработки с сохранением имплантата при лечении ранней послеоперационной и острой гематогенной перипротезной инфекции тазобедренного сустава

А.С. Тряпичников, А.М. Ермаков, Т.А. Силантьева, А.В. Бурцев

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

### Реферат

**Введение.** Перипротезная инфекция (ППИ) представляет собой тяжелое осложнение, влияющее на продолжительность лечения и качество жизни пациентов. Хирургическая обработка с сохранением имплантата (DAIR) рассматривается как наименее инвазивное оперативное вмешательство у пациентов со стабильным имплантатом за исключением случаев хронической ППИ. **Цели исследования:** 1) определить эффективность хирургической обработки с сохранением имплантата в достижении контроля над инфекцией у пациентов с острой послеоперационной или гематогенной инфекцией перипротезной инфекции тазобедренного сустава; 2) сравнить частоту рецидивов ППИ в подгруппах, где дебридмент выполнялся с заменой модульных компонентов и без их замены. **Материал и методы.** Мы провели ретроспективное моноцентровое когортное исследование лечения ранней послеоперационной и острой гематогенной ППИ тазобедренного сустава у 26 пациентов. В группу были включены пациенты со стабильным имплантатом и интервалом между манифестацией инфекции и хирургической обработкой не более 4 нед. У 22 (84,2%) пациентов инфекция была классифицирована как ранняя послеоперационная инфекция, в 4 (15,8%) случаях — как острая гематогенная. **Результаты.** За период наблюдения  $42,8 \pm 2,3$  мес. эндопротез был удален у 5 пациентов из-за рецидива инфекции. Четверо из них впоследствии успешно перенесли двухэтапное ревизионное эндопротезирование, у одного пациента была выполнена резекционная артропластика. Протокол хирургической обработки с сохранением имплантата был эффективен у 80,8% пациентов. Оценка по Harris Hip Score до выполнения дебридмента составляла  $59,3 \pm 2,5$  балла, на момент последнего контрольного осмотра —  $80,5 \pm 1,3$  балла ( $p = 0,0002$ ; Z-3,7). **Заключение.** Эффективность хирургической обработки с сохранением имплантата составила 80,8%. При замене модульных компонентов отмечалось снижение частоты рецидивов инфекции, которое не было статистически значимым.

**Ключевые слова:** тазобедренный сустав, ранняя послеоперационная перипротезная инфекция, острая гематогенная перипротезная инфекция, дебридмент, хирургическая обработка с сохранением имплантата, DAIR.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Тряпичников А.С., Ермаков А.М., Силантьева Т.А., Бурцев А.В. Эффективность хирургической обработки с сохранением имплантата при лечении ранней послеоперационной и острой гематогенной перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):23-33. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-23-33>.

**Cite as:** Tryapichnikov A.S., Ermakov A.M., Silantjeva T.A., Burtsev A.V. [Efficiency of Surgical Debridement and Implant Retaining in Treatment of Early Postoperative and Acute Hematogenous Periprosthetic Infections of Hip]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):23-33. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-23-33>.

Тряпичников Александр Сергеевич / Aleksandr S. Tryapichnikov; e-mail: pich86@bk.ru.

Рукопись поступила/Received: 30.01.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 19.05.2021.

© Тряпичников А.С., Ермаков А.М., Силантьева Т.А., Бурцев А.В., 2021



## Efficiency of Surgical Debridement and Implant Retaining in Treatment of Early Postoperative and Acute Hematogenous Periprosthetic Infections of Hip

Aleksandr S. Tryapichnikov, Artem M. Ermakov, Tamara A. Silantieva, Alexander V. Burtsev

*Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia*

### Abstract

**Background.** Periprosthetic infection is a devastating complication that influences the duration of treatment and patients life quality. Debridement, Antibiotics and Implant Retention (DAIR) is considered as least invasive surgery patients with stable implant, except cases of chronic periprosthetic infection. **The aim of this study** was to evaluate efficiency of surgical debridement and implant retaining in control over infection in group patients with early postoperative and acute hematogenous periprosthetic infections. **Materials and Methods.** We performed retrospective monocentric cohort study of treatment early postoperative and acute hematogenous periprosthetic infections of hip in 26 patients. The group included cases with stable implants and period between manifestation of infection and DAIR no more than 4 weeks. We have classified infection as early postoperative in 22 patients (84,2%) and as acute hematogenous in 4 cases (15,8%). **Results.** At mean follow-up 42,8±2,3 months five patients underwent removal of implant due to reinfection. We performed successful two-stage revision for four of them and had to perform resection arthroplasty in one case. Thus, DAIR protocol was successful in 80,8(%) cases. The mean Harris Hip Score significantly improved compared to preoperative values from 59,2±2,5 to 80,5±1,3 at the last follow-up ( $p = 0,0002$ ,  $Z=3,7$ ). **Conclusions.** The efficiency of DAIR according to our data was 80,8%. These results allow to consider DAIR as a method of treatment of patients with early postoperative and acute hematogenous periprosthetic infections. Exchange of modular components can decrease the reinfection rate.

**Keywords:** early periprosthetic infection, acute hematogenous periprosthetic infection, debridement, implant retention, DAIR.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

Перипротезная инфекция является одним из самых тяжелых осложнений после эндопротезирования тазобедренного сустава и оказывает влияние на продолжительность лечения, смертность и качество жизни пациентов [1, 2, 3, 4].

Хирургическая обработка и антибиотикотерапия с сохранением имплантата (debridement, antibiotics and implant retention – DAIR) рассматривается многими ортопедами как наименее травматичное вмешательство, поскольку позволяет сохранить стабильный и функциональный эндопротез у значительной части пациентов, уменьшить вероятность последующих операционных вмешательств и тем самым снизить стоимость лечения [1, 5, 6]. Показаниями к выбору такой хирургической тактики являются ранняя послеоперационная и острая гематогенная инфекции, которые могут быть выделены согласно классификации Tsukayama и более точно детерминированы, учитывая результаты II Международной согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции [6, 7, 8].

Согласно современным исследованиям, проведение хирургической обработки в предельно ранние сроки после появления симптомов инфекции и тщательный дебридмент с заменой модульных компонентов эндопротеза являются факторами, влияющими на успешность лечения [1, 6, 9].

**Цели исследования:** 1) определить эффективность хирургической обработки с сохранением имплантата в достижении контроля над инфекцией у пациентов с острой послеоперационной или гематогенной инфекцией перипротезной инфекции тазобедренного сустава; 2) сравнить частоту рецидивов ППИ в подгруппах, где дебридмент выполнялся с заменой модульных компонентов и без их замены.

### Материал и методы

#### Дизайн исследования

Мы провели ретроспективное моноцентровое когортное исследование. В госпитальной базе были выявлены все пациенты ( $n = 35$ ), поступившие на лечение после имплантации эндопротеза тазобедренного сустава с диагнозами «ранняя

послеоперационная ППИ» или «острая гематогенная ППИ» за период с 2013 по 2019 г. Диагноз «острая гематогенная инфекция» устанавливали, если симптомы возникали через год и позже в области удовлетворительно функционирующего сустава.

В исследуемую когорту были отобраны пациенты со стабильными имплантатами и отсутствием свищевого хода. Также критериями включения были возможность проведения длительной антибактериальной терапии, отсутствие признаков сепсиса и значительного воспаления мягких тка-

ней. Если интервал между манифестацией инфекции и хирургической обработкой был более 4 нед. (для ранней послеоперационной и острой гематогенной ППИ), или если данный случай не соответствовал вышеперечисленным критериям включения и диагностическим критериям II Международной согласительной конференции [6], пациенты не были включены в когорту. Девять пациентов были исключены, так как не соответствовали критериям включения. Таким образом, по указанным выше критериям в окончательный анализ были включены 26 пациентов (рис. 1).

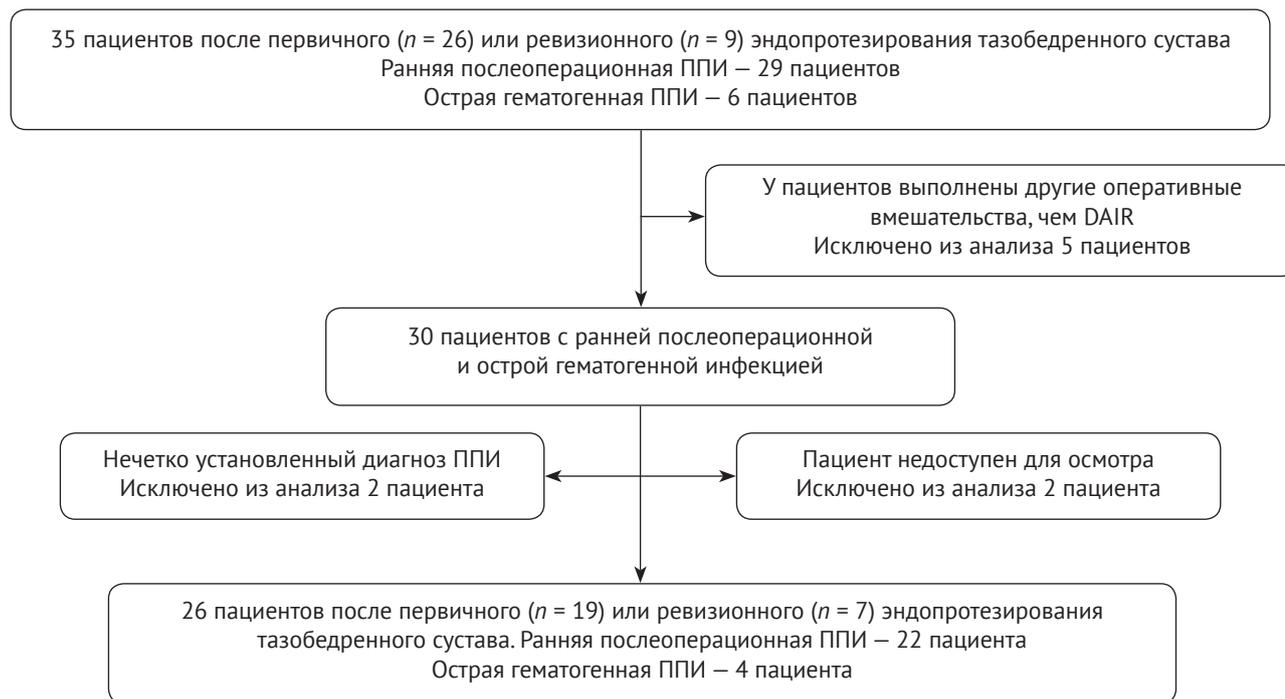


Рис. 1. Блок-схема дизайна исследования

Figure 1. Study flow chart

Характеристика пациентов приведена в таблице 1. У 19 пациентов дебридмент был выполнен после ранее перенесенного первичного эндопротезирования, у 7 — после ревизионного. У 22 пациентов (84,2%) ППИ была классифицирована как ранняя послеоперационная и у 4 (15,8%) — как острая гематогенная [7].

Перед выполнением хирургической обработки производилась оценка стабильности имплантатов по данным рентгенографии таза и тазобедренного сустава в прямой и боковой проекциях. Производились стандартные лабораторные тесты.

### Лечение

Перед оперативным лечением антибактериальные препараты не применялись, у 5 пациентов были отменены ранее назначенные антибио-

тики. Оперативное лечение включало: артротомию с взятием образцов ткани для идентификации патогена, тщательный дебридмент и удаление некротизированных тканей, радикальную синовэктомию, ирригацию сустава 7–9 литрами раствора с антисептиками, замену модульных компонентов эндопротеза в тех случаях, когда это было возможно, а также дренирование. Для выполнения хирургической обработки у всех пациентов использовался передне-латеральный доступ посредством которого были выполнены предшествующие операции эндопротезирования.

Протокол лечения предусматривал антибактериальную терапию на протяжении 3 мес., которая включала стартовый курс парентеральной антибиотикотерапии с переходом на пероральный прием.

Таблица 1

## Характеристика пациентов

Параметр	Общая группа	С заменой модульных компонентов	Без замены модульных компонентов	<i>p</i>
Количество больных, <i>n</i>	26	11	15	–
Возраст, лет	55,25±2	58±2,5	53±3	0,9
Пол (мужчины/женщины)	13/12	5/6	8/7	0,68
Ожирение (ИМТ>30)	3	2	1	–
Сопутствующие заболевания				
Гипертоническая болезнь	14	5	9	–
ИБС	3	2	1	–
Анемия	3	1	2	–
Язвенная болезнь желудка	2	1	1	–
Гастрит	3	1	2	–
Хронический бронхит	3	1	2	–
МКБ	2	1	1	–
Ревматоидный артрит	2	1	1	–
Вирусный гепатит С	6	2	4	–
ВИЧ	1	1	–	–
СРБ до операции DAIR, мг/л	45,25±3	44,2±3,8	45,7±5,5	0,85
СОЭ до операции DAIR, мм/ч	27,3±5,5	31,9±8,3	26,3±8,9	0,6
Детали хирургического вмешательства				
Эндопротезирование первичное/ревизионное	19/7	8/3	11/4	0,81
Бесцементный/ цементный/гибридный	17/6/3	10/1/0	7/5/3	0,12
Интервал между эндопротезированием и DAIR в группе пациентов ( <i>n</i> = 22) с острой послеоперационной ППИ, нед.	3,9±0,26	2,5±0,24	4,1±0,22	0,015
Интервал между эндопротезированием и возникновением симптомов в группе пациентов ( <i>n</i> = 4) с острой гематогенной ППИ, лет	3,75±0,625	4,91	3,3±0,6	–
Длительность симптомов до DAIR, нед.	2,9±0,19	2,5±2,2	3,9±2,3	0,02

ИМТ — индекс массы тела, ИБС — ишемическая болезнь сердца, МКБ — мочекаменная болезнь.

### Наблюдение в послеоперационном периоде

Мы отследили результаты лечения 26 пациентов (100% от всех наблюдений) в сроки от 5 до 60 мес., средний период наблюдения составил  $42,8 \pm 2,3$  мес. Контроль над инфекцией был подтвержден во время контрольного осмотра (при невозможности прибыть на осмотр использовались информационные письма) согласно утвержденным критериям международного многопрофильного соглашения Delphi [11]. Были учтены все случаи повторной госпитализации, инфекционных осложнений, асептического расшатывания, а также ревизионные операции на данном суставе. Стабильность эндопротеза подтверждалась на основании клинических данных и результатов рентгенологического обследования минимум через 12 мес. после операции. Если пациенту требовалась повторная хирургическая обработка (выполненная согласно описанному выше протоколу), которая в итоге приводила к контролю над инфекцией и сохранению имплантата, то такой результат лечения считался успешным. Также проводилась оценка функционального состояния по шкале Harris Hip Score (HHS).

### Статистический анализ

Статистическая обработка проводилась с помощью программы Statistica 13 (Statsoft, USA) и Microsoft Excel 2010. Для проверки данных на нормальность применялись тесты Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова, в дальнейшем использовались методы непараметрической статистики. Для оценки достоверности различия средних между зависимыми выборками использовали непараметрический критерий Вилкоксона. Критерий Манна–Уитни применялся для сравнения независимых выборок, а тест  $\chi^2$  — для категориальных переменных. Был проведен анализ выживаемости имплантатов методом Каплана–Майера. Различия показателей считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

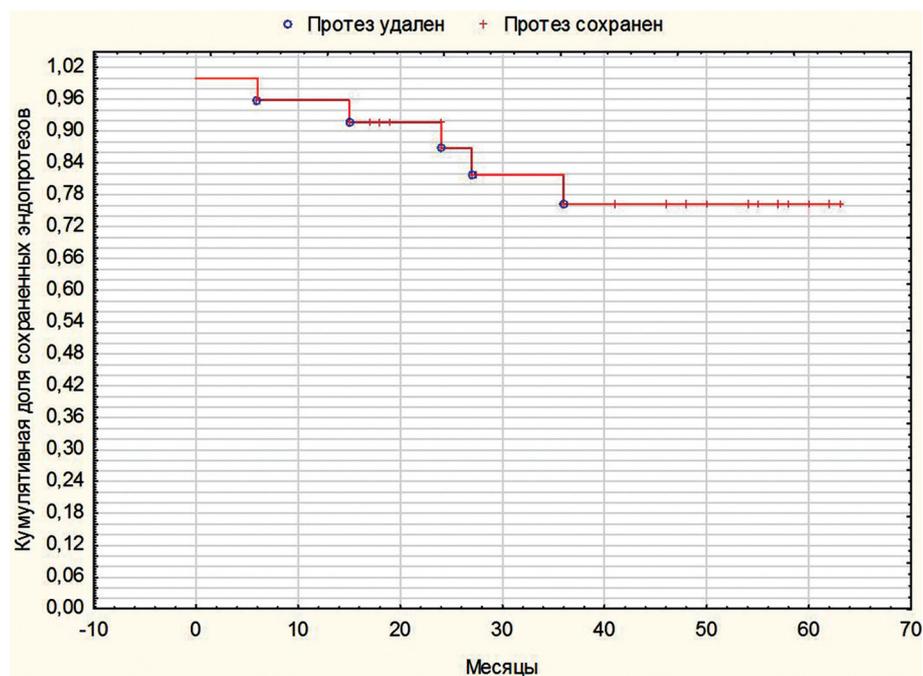
### Результаты

Сохранение эндопротеза в период наблюдения минимум 12 мес. при отсутствии как клинических, так и лабораторных признаков инфекции мы считали успешным результатом лечения. За период наблюдения  $42,8 \pm 2,3$  мес. эндопротез был удален у 5 пациентов из-за рецидива инфекции (табл. 2). Таким образом, протокол хирургической обработки с сохранением имплантата был эффективен у 80,8% пациентов.

Купирование инфекции было отмечено у 17 больных из 22 с ранней послеоперационной инфекцией и у всех 4 пациентов с острой гематогенной ППИ. Выживаемость имплантатов, вычисленная по методу Каплана–Майера, составила 76,2% (рис. 2).

Интервал между манифестацией инфекции и выполнением дебридмента составил  $2,9 \pm 0,19$  нед. Оценка по шкале Харриса в исследуемой когорте до выполнения хирургической обработки составляла  $59,3 \pm 2,5$  балла, а на момент последнего контрольного осмотра была статистически значимо выше —  $80,5 \pm 1,3$  балла ( $p = 0,0002$ ;  $Z = 3,7$ ).

Было проведено микробиологическое исследование материалов 26 больных, результаты которого представлены в таблице 3.



**Рис. 2.** Кривая выживаемости имплантатов тазобедренного сустава после выполнения хирургической обработки с сохранением имплантата (метод Каплана–Майера)  
**Figure 2.** Kaplan-Meier curve with relapse-free survival of hip prosthesis after DAIR.  
 Y-axis — cumulative proportion;  
 X-axis — follow-up in months

Таблица 2

**Данные о пациентах, получавших лечение ППИ по протоколу хирургической обработки с сохранением имплантата: детали лечения, результаты**

№	Пол	Возраст	Первичное/ревизионное ЭП	Тип фиксации протеза	Вид ППИ по Tsukayama	Интервал между ЭП и DAIR	Длительность симптомов до DAIR, нед.	Количество дебридментов	Срок наблюдения, мес.	Исход лечения
1	ж	54	Первичное	Гибридный	О/Г	5 лет	3	1	50	Успешное
2	ж	34	Первичное	Бесцементный	О/Г	3 года	4	1	60	Двухэтапное лечение
3	м	41	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	4 нед.	3	2	48	Успешное
4	ж	47	Ревизионное	Гибридный	Ранняя п/о	2 нед.	1	2	58	Успешное
5	ж	55	Ревизионное	Бесцементный	Ранняя п/о	3 нед.	2	1	17	Успешное
6	ж	69	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	4 нед.	4	1	28	Успешное
7	м	49	Первичное	Бесцементный	О/Г	2 года	4	1	62	Успешное
8	м	56	Ревизионное	Цементный	Ранняя п/о	4 нед.	3	1	43	Двухэтапное лечение
9	м	51	Ревизионное	Гибридный	Ранняя п/о	4 нед.	3	1	50	Двухэтапное лечение
10	м	76	Первичное	Цементный	Ранняя п/о	5 нед.	4	1	53	Успешное
11	м	56	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	3 нед.	2	2	58	Успешное
12	ж	66	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	3 нед.	2	1	46	Успешное
13	м	56	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	2 мес.	4	1	15	Двухэтапное лечение
14	м	62	Первичное	Цементный	О/Г	5 лет	4	1	63	Успешное
15	ж	59	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	4 нед.	2	1	57	Успешное
16	ж	72	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	4 нед.	2	1	58	Успешное
17	м	46	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	3 нед.	2	1	54	Успешное
18	м	34	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	5 нед.	2	1	41	Успешное
19	ж	65	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	4 нед.	4	1	60	Успешное
20	м	58	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	2 нед.	1	2	57	Успешное
21	ж	71	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	6 нед.	4	1	55	Успешное
22	м	36	Первичное	Бесцементный	Ранняя п/о	5 нед.	4	1	54	Успешное
23	ж	79	Первичное	Цементный	Ранняя п/о	5 нед.	4	1	62	Успешное
24	ж	32	Ревизионное	Цементный	Ранняя п/о	3 нед.	2	1	36	Резекционная артропластика
25	м	63	Ревизионное	Цементный	Ранняя п/о	3 нед.	2	1	19	Успешное
26	м	65	Ревизионное	Бесцементный	Ранняя п/о	2 нед.	2	1	18	Успешное

О/Г — острая гематогенная инфекция; успешное лечение — сохранение эндопротеза после хирургической обработки с заменой модульных компонентов в тех случаях, когда это было возможно.

**Результаты  
микробиологического исследования  
интраоперационных материалов**

Таблица 3

Микроорганизм	Исследованная когорта
Роста не обнаружено	2
<b>Грамположительные</b>	
<i>S. aureus</i>	7+1 MRSA
<i>S. epidermidis</i>	3+6 MRSE
<i>Enterococcus faecalis</i>	4
Другие CoNS	4
<i>Corynebacterium spp.</i>	4
<i>Peptostreptococcus magnus</i>	2
<i>S. saprophyticus MR</i>	1
<b>Грамнегативные</b>	
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2
<i>Acinetobacter baumannii</i>	1
<i>Proteus mirabilis</i>	1
<i>Enterobacter cloacae</i>	1
<b>Микробные ассоциации</b>	Выявлены у 11 пациентов

CoNS — коагулазо-негативные стафилококки, *S. saprophyticus MR* — метиленинорезистентный.

Изолированная грамположительная микрофлора была выявлена более чем у половины больных в исследуемой группе (из которых у 3 произошел рецидив воспаления), преобладали стафилококки, а также энтерококки и другие коагулазо-негативные стафилококки. Изолированная грамнегативная флора была идентифицирована у 5 (19%) пациентов. В 2 (7,6%) случаях роста возбудителя не обнаружено. Микробные ассоциации были выявлены у 11 (42%) пациентов.

У 17 (65%) больных в ходе ранее выполненного эндопротезирования были установлены имплантаты бесцементной фиксации. У 6 (23%) пациентов тип фиксации эндопротеза был цементный, у 3 (11,5%) — гибридный. Замена модульных компонентов эндопротеза была выполнена в 11 (42,3%) случаях.

Наиболее часто назначаемыми эмпирически антибиотиками после интраоперационного взятия образцов ткани для посева были ванкомицин (11 пациентов) и цефазолин (13 пациентов). Выбор антибиотика, назначаемого эмпирически, не влиял на частоту рецидивов инфекции ( $p = 0,7$ ). Затем

назначался антибиотик с учетом чувствительности патогена с переходом к пероральному приему на протяжении 3 мес.

#### Повторные операции и осложнения

У 4 пациентов выполнялась ревизия раны с повторным дебридментом по поводу рецидива инфекции. У 3 из них повторная хирургическая обработка была выполнена в период 2 нед. после первичного дебридмента с сохранением имплантата, у одного больного — через 5 мес. Во всех случаях это позволило добиться контроля над инфекцией и отсутствия рецидивов в период последующего наблюдения — 40, 48, 52 и 57 мес. соответственно. Среди 11 больных, перенесших дебридмент с заменой модульных компонентов, был один рецидив инфекции, тогда как в группе без замены рецидивы произошли у 4 пациентов. У 3 из них было успешно проведено лечение ППИ по протоколу двухэтапного ревизионного эндопротезирования. В одном случае мы вынуждены были выполнить резекционную артропластику. Успешный результат лечения (контроль над инфекцией с сохранением имплантата) чаще наблюдался среди больных, перенесших хирургическую обработку с заменой модульных компонентов, однако это различие не было статистически значимым ( $p = 0,1$ ; OR — 2,93; 95% ДИ 0,33–22,7).

У одной пациентки в послеоперационном периоде произошел вывих бедра, который был вправлен закрыто. Тазобедренный сустав был иммобилизован ортезом, рецидивов вывиха за период наблюдения 20 мес. не было.

#### Обсуждение

В нашей когорте из 26 пациентов с ранней послеоперационной и острой гематогенной ППИ, пролеченных по протоколу хирургической обработки с сохранением имплантата, частота контроля над инфекцией за период наблюдения 5,5 лет составила 80,8%. Полученные нами результаты успешного лечения ранней ППИ сопоставимы с результатами современных исследований, в которых авторы применяли указанный метод лечения [1, 5, 12, 13, 14, 15, 16].

Анализ литературы позволяет выделить три группы факторов, влияющих на успешность данного метода при лечении ранней ППИ. Первая группа включает в себя факторы, которые могут быть определены до операции: факторы, связанные с пациентом; факторы, зависящие от симптомов; результаты лабораторных исследований. Вторая группа представляет собой факторы, зависящие от микроорганизма (культуросвязные факторы), третья группа объединяет факторы, связанные с деталями проведенного лечения [16].

Таблица 4

**Результаты хирургической обработки с сохранением имплантата (DAIR) у пациентов с ранней послеоперационной и острой гематогенной ППИ после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава по данным литературы**

Автор	Количество оперированных суставов	Срок наблюдения, лет	Интервал между манифестацией инфекции и DAIR, дней	Успешность процедуры DAIR, %
Choi H.R., 2011	28	4,9	Нет данных	68,0
Westberg M., 2012	38	4,0	28	71,0
Buller L.T., 2012	62	2,8	10	57,0
Sukeik M., 2012	26	5,0	20	77,0
Achermann Y., 2014	41	3,1	От 1 до 3 мес. после операции (84% в первый мес. после операции)	87,0
Duijf S.V., 2015	28	1,9	15	71,5
Bergkvist M., 2016	35	4,2	20	64,0
Grammatopoulos G., 2017	122	7,0	7	85,0
Sendi P., 2017	46	4,0	1,3	91,0
Grammatopoulos G., 2017	82	8,0	28	85,0
Jacobs A.M.E., 2019	51	1,0	Нет данных	86,3
Uriarte I., 2019	26	4,0	Нет данных	26,9
Manrique J., 2019	64	5,8	14	70,3
Barros L.H., 2019	12	3,5	Нет данных	100,0
Svensson K., 2020	575	2,0	3 (от 1 до 8)	71,4 при замене модульных компонентов, 55,5 — без замены
Clauss M., 2020	57	7,8	Нет данных	93,0

Продолжительный интервал между манифестацией инфекции и выполнением хирургической обработки, по данным большинства исследователей, увеличивает вероятность неудачного лечения [1, 3, 9, 12, 15, 16, 18, 25, 26]. Некоторыми исследователями придается значение продолжительности периода между эндопротезированием и выполнением дебридмента [1, 21], однако в ряде статей не было выявлено зависимости между данным фактором и результатов лечения [16, 17, 18, 26]. В работах, опубликованных за последние 10 лет, встречаются активные дискуссии о допустимой длительности временного окна между возникновением симптомов и операцией дебридмента [9, 15]. Так, по

данным G.K. Triantafyllopoulos с соавторами, выполнение DAIR наиболее эффективно в первые 5 дней после появления симптомов [27]. Обзор когортных исследований, проведенный S.-T.J. Tsang, показал, что в тех работах где между появлением симптомов и инфекцией проходило менее 7 дней, частота успешных дебридментов была 72%, а если длительность симптомов была больше — то только 52% [26]. Y. Achermann и ряд ортопедов придерживаются мнения, что такая хирургическая тактика допустима в первые 3 нед. после манифестации инфекции [13, 26, 27]. На данный момент наиболее авторитетным источником являются Материалы согласительной конференции по скелетно-мыш-

шечной инфекции, согласно которым тактика DAIR должна применяться, если после появления симптомов прошло не более 4 нед. [6].

У пациентов исследуемой группы был выявлен широкий спектр возбудителей. Чаще других как при моно-, так и полибактериальной инфекции выявлялись *S. aureus* и коагулазо-негативные стафилококки. Эти данные согласуются с данными других авторов [1, 3, 15, 16, 28, 29, 30]. Микробные ассоциации, по нашим данным, были выявлены у 46% больных. Проведя анализ факторов риска, J.W. Kuiper с соавторами не смогли показать, что наличие полимикробной инфекции, наличие или отсутствие низковирулентного возбудителя, равно как и присоединение вторичной инфекции, может оказать влияние на прогноз при лечении пациентов по протоколу DAIR [25]. По данным литературы, у пациентов с выявленным *S. aureus* и коагулазо-негативными стафилококками чаще развивались повторные инфекции после хирургической обработки, а идентификация возбудителя из семейства *Staphylococcaceae* ассоциировалась с высокой частотой неудачных результатов [9, 25]. В своей работе А.М.Е. Jacobs пришел к выводу, что факторами, ассоциированными с неудачным лечением, были множественные дебридменты (более двух процедур) и наличие возбудителя *Enterococcus faecalis* [16]. В определенной степени результаты предыдущих исследований согласуются с нашими, поскольку реинфекция в исследуемой когорте наблюдалась у пациентов с выявленными *S. aureus* и *Enterococcus faecalis*.

По данным S.P. Maier, высокая скорость оседания эритроцитов перед операцией может быть дополнительным предиктором реинфекции после DAIR в группе с поздней хронической инфекцией. В группах с ранней послеоперационной и острой гематогенной ППИ данный признак не демонстрировал значимой чувствительности и специфичности [31].

Экстенсивный радикальный дебридмент является важным фактором, который в комбинации с корректной антибиотикотерапией влияет на эрадикацию инфекции [1, 15, 26, 30, 32]. Данные исследований показывают, что бактериальные биопленки чаще обнаруживаются на полиэтиленовых вкладышах. Кроме того, удаление модульных компонентов обеспечивает лучший доступ к задним участкам капсулы для выполнения радикальной хирургической обработки [1, 6]. Метатанализ 36 исследований (1296 тазобедренных суставов) показал, что проведение хирургической обработки с заменой модульных компонентов позволяет добиваться успехов в 73% случаев, а без замены — только в 60% [26]. Несмотря на то, что большинство исследователей признают важность замены модульных компонентов, мы нашли лишь несколько

работ, в которых замена модульных компонентов была выполнена у 100% больных [9, 18].

### Ограничение исследования

Срок наблюдения за пациентами после операции составил в среднем  $42,8 \pm 2,3$  мес., поэтому мы не можем делать вывод о долгосрочном контроле над инфекцией. Ретроспективный дизайн и небольшое количество пациентов являются ограничением нашей работы. Небольшой размер выборки мог повлиять на результаты: так, мы наблюдали тенденцию к увеличению количества рецидивов инфекции ( $p = 0,1$ ), потребовавших удаления эндопротеза среди пациентов, которым не была выполнена замена модульных компонентов, однако разница не была статистически значимой. Кроме того, длительность симптомов инфекции и интервал между выполнением эндопротезирования и хирургической обработкой между этими выборками также отличались, что могло повлиять на результат.

### Заключение

Эффективность хирургической обработки с сохранением имплантата в нашем исследовании составила 80,8%, что позволяет рассматривать предложенную тактику как метод лечения пациентов с ранней послеоперационной и острой гематогенной перипротезной инфекцией. При замене модульных компонентов отмечалось снижение частоты рецидивов инфекции, которое не было статистически значимым.

### Литература [References]

1. Grammatopoulos G., Kendrick B., McNally M., Athanasou N.A., Atkins B, McLardy-Smith P. et al. Outcome Following Debridement, Antibiotics, and Implant Retention in Hip Periprosthetic Joint Infection — An 18-Year Experience. *J Arthroplasty*. 2017;32(7):2248-2255. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.066.
2. Kuiper J.W.P., Willink R.T., Moojen D.J., van den Bekerom M.P.J., Colen S. Treatment of acute periprosthetic infections with prosthesis retention: Review of current concepts. *World J Orthop*. 2018;5(5):667-76. doi: 10.5312/wjo.v5.i5.667.
3. Кочич А.А., Божкова С.А., Нетьлько Г.И., Анисимова Л.И. Экспериментальное исследование эффективности полимерной антимикробной композиции с гемостатическим эффектом в лечении имплантат-ассоциированной инфекции. *Гений ортопедии*. 2019;25(2):180-187. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-180-1. Kochish A.A., Bozhkova S.A., Netylko G.I., Anisimova L.I. [Experimental study of antimicrobial polymeric composition with hemostatic effect in treatment of implant associated infection]. *Genij Ortopedii*. 2019;25(2):180-187. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-180-187.
4. Губин А.В., Ключин Н.М. Проблемы организации лечения больных хроническим остеомиелитом и пути их решения на примере создания клиники гнойной остеологии. *Гений ортопедии*. 2019;25(2):140-148. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-140-148.

- Gubin A.V., Kliushin N.M. [Organizational issues in management of patients with chronic osteomyelitis and the solutions offered by osteology infection clinic]. *Genij Ortopedii*. 2019;25(2):140-148. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-140-148.
5. Uriarte I., Moreta J., Mosquera J., Legarreta M.J., Aguirre U., Martínez de Los Mozos J.L. Debridement, Antibiotics and Implant Retention for Early Periprosthetic Infections of the Hip: Outcomes and Influencing Factors. *Hip Pelvis*. 2019;31(3):158-165. doi: 10.5371/hp.2019.31.3.158.
  6. Argenson J.N., Arndt M., Babis G., Battenberg A., Budhiparama N., Catani F. et al. Hip and Knee Section, Treatment, Debridement and Retention of Implant: Proceedings of International Consensus on Orthopedic Infections. *J Arthroplasty*. 2019;34(2S):S399-S419. doi: 10.1016/j.arth.2018.09.025.
  7. Tsukayama D.T., Estrada R., Gustilo R.B. Infection after total hip arthroplasty. A study of the treatment of one hundred and six infections. *J Bone Joint Sur. Am.* 1996;78(4):512-523. doi: 10.2106/00004623-199604000-00005.
  8. Яковелли С., Парвизи Д. Кто должен лечить перипротезную инфекцию: необходимость мультидисциплинарного подхода. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(4):28-32. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-28-32.
  9. Yacovelli S., Parvizi J. [Who Should Manage Periprosthetic Joint Infection? The Case for a Multidisciplinary Approach]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(4):28-32. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-28-32.
  9. Sukeik M., Patel S., Haddad F.S. Aggressive early débridement for treatment of acutely infected cemented total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(11):3164-3170. doi: 10.1007/s11999-012-2500-7.
  10. Винклер Т., Трампуш А., Ренц Н., Перка К., Божкова С.А. Классификация и алгоритм диагностики и лечения перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2016;(1):33-45. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45.
  10. Winkler T., Trampuz A., Renz N., Perka C., Bozhkova S.A. [Classification and algorithm for diagnosis and treatment of hip psosthesis joint infection]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;(1):33-45. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45.
  11. Diaz-Ledezma C., Higuera C.A., Parvizi J. Success after treatment of periprosthetic joint infection: a Delphi-based international multidisciplinary consensus. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;471(7):2374-2382. doi: 10.1007/s11999-013-2866-1.
  12. Westberg M., Grøgaard B., Snorrason F. Early prosthetic joint infections treated with debridement and implant retention: 38 primary hip arthroplasties prospectively recorded and followed for median 4 years. *Acta Orthop.* 2011;83(3):227-232. doi: 10.3109/17453674.2012.678801.
  13. Achermann Y., Stasch P., Preiss S., Lucke K., Vogt M. Characteristics and treatment outcomes of 69 cases with early prosthetic joint infections of the hip and knee. *Infection.* 2014;42(3):511-519. doi: 10.1007/s15010-014-0584-6
  14. Duijf S.V., Vos F.J., Meis J.F., Goosen J.H. Debridement, antibiotics and implant retention in early postoperative infection with Enterococcus sp. *Clin Microbiol Infect.* 2015;21(5):e41-e42. doi: 10.1016/j.cmi.2015.01.006.
  15. Bergkvist M., Mukka S.S., Johansson L., Ahl T.E., Sayed-Noor A.S., Sköldenberg O.G. et al. Debridement, antibiotics and implant retention in early periprosthetic joint infection. *Hip Int.* 2016;26(2):138-143. doi: 10.5301/hipint.5000328.
  16. Jacobs A.M.E., Valkering L.J.J., Bénard M., Meis J.F., Goosen J.H.M. Evaluation One Year after DAIR Treatment in 91 Suspected Early Prosthetic Joint Infections in Primary Knee and Hip Arthroplasty. *J Bone Jt Infect.* 2019;4(5):238-244. doi: 10.7150/jbji.37757.
  17. Choi H.-R., von Knoch F., Kandil A.O., Zurakowski D., Moore S., Malchau H. Retention treatment after periprosthetic total hip arthroplasty infection. *Int Orthop.* 2012;36(4):723-729. doi: 10.1007/s00264-011-1324-5.
  18. Buller L.T., Sabry F.Y., Easton R.W., Klika A.K., Barsoum W.K. The Preoperative Prediction of Success Following Irrigation and Debridement With Polyethylene Exchange for Hip and Knee Prosthetic Joint Infections. *J Arthroplasty.* 2012;27(6):857-864.e1-4. doi: 10.1016/j.arth.2012.01.005.
  19. Sendi P., Lötscher P.O., Kessler B., Graber P., Zimmerli W., Clauss M. Debridement and implant retention in the management of hip periprosthetic joint infection: outcomes following guided and rapid treatment at a single centre. *Bone Joint J.* 2017;99-B(3):330-336. doi: 10.1302/0301-620X.99B3.BJJ-2016-0609.R1
  20. Barros L.H., Barbosa T.A., Esteves J., Abreu M., Soares D., Sousa R. Early Debridement, antibiotics and implant retention (DAIR) in patients with suspected acute infection after hip or knee arthroplasty – safe, effective and without negative functional impact. *J Bone Jt Infect.* 2019;4(6):300-305. doi: 10.7150/jbji.39168.
  21. Manrique J., Komnos G.A., Tan T.L., Sedgh S., Shohat N., Parvizi J. Outcomes of Superficial and Deep Irrigation and Debridement in Total Hip and Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2011;34(7):1452-1457. doi: 10.1016/j.arth.2019.03.032.
  22. Svensson K., Rolfson O., Naclér E., Lazarinis S., Sköldenberg O., Schilcher J. et al. Exchange of Modular Components Improves Success of Debridement, Antibiotics, and Implant Retention: An Observational Study of 575 Patients with Infection After Primary Total Hip Arthroplasty. *JB JS Open Access.* 2025;5(4):e20.00110. doi: 10.2106/JBJS.OA.20.0011.
  23. Clauss M., Hunkeler C., Manzoni I., Sendi P. Debridement, Antibiotics and Implant Retention for Hip Periprosthetic Joint Infection: Analysis of Implant Survival after Cure of Infection. *J Bone Jt Infect.* 2020;5(1):35-42. doi: 10.7150/jbji.40924.
  24. Grammatopoulos G., Bolduc M.-E., Atkins B.L., Kendrick B.J.L., McLardy-Smith P., Murray D.W. et al. Functional outcome of debridement, antibiotics and implant retention in periprosthetic joint infection involving the hip: a case-control study. *Bone Joint J.* 2017;99-B(5):614-622. doi: 10.1302/0301-620X.99B5.BJJ-2016-0562.R
  25. Kuiper J.W., Vos S.J.C., Saouti R., Vergroesen D.A., Graat H.C.A., Debets-Ossenkopp Y.J. et al. Prosthetic joint-associated infections treated with DAIR (debridement, antibiotics, irrigation, and retention): analysis of risk factors and local antibiotic carriers in 91 patients. *Acta Orthop.* 2013;84(4):380-386. doi: 10.3109/17453674.2013.823589.
  26. Tsang S.-T.J., Ting J., Simpson A.H.R.W., Gaston P. Outcomes following debridement, antibiotics and implant retention in the management of periprosthetic infections of the hip: a review

- of cohort studies. *Bone Joint J.* 2017;99-B(11):1458-1466. doi: 10.1302/0301-620X.99B11.BJJ-2017-0088.R.
27. Triantafyllopoulos G.K., Poultsides L.A., Sakellariou V.I., Zhang W., Sculco P.K., Ma Y. et al. Irrigation and debridement for periprosthetic infections of the hip and factors determining outcome. *Int Orthop.* 2015;39(6):1203-1209. doi: 10.1007/s00264-015-2753-3.
  28. Betz M., Abrassart S., Vaudaux P., Gjika E., Schindler M., Billières J. et al. Increased risk of joint failure in hip prostheses infected with *Staphylococcus aureus* treated with debridement, antibiotics and implant retention compared to *Streptococcus*. *Int Orthop.* 2015;39(3):397-401. doi: 10.1007/s00264-014-2510-z.
  29. Bryan A.J., Abdel M.P., Sanders T.L., Fitzgerald S.F., Hanssen A.D., Berry D.J. Irrigation and Debridement with Component Retention for Acute Infection After Hip Arthroplasty: Improved Results with Contemporary Management. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(23):2011-2018. doi: 10.2106/JBJS.16.0110.
  30. Hirsiger S., Betz M., Stafylakis D., Götschi T., Lew D., Uçkay I. The Benefice of Mobile Parts' Exchange in the Management of Infected Total Joint Arthroplasties with Prosthesis Retention (DAIR Procedure). *J Clin Med.* 2019;8(2):226. doi: 10.3390/jcm8020226.
  31. Maier S.P., Klemm C., Tirumala V., Oganessian R., van den Kieboom J., Kwon Y.M. Elevated ESR/CRP Ratio Is Associated With Reinfection After Debridement, Antibiotics, and Implant Retention in Chronic Periprosthetic Joint Infections. *J Arthroplasty.* 2020;35(11):3254-3260. doi: 10.1016/j.arth.2020.06.007.
  32. Ермаков А.М., Ключин Н.М., Абабков Ю.В., Тряпичников А.С., Коюшков А.Н. Одноэтапное ревизионное эндопротезирование при лечении перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Гений ортопедии.* 2019;25(2):172-179. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-172-179. Ermakov A.M., Kliushin N.M., Ababkov Yu.V., Triapichnikov A.S., Koiushkov A.N. One-stage revision arthroplasty for management of periprosthetic hip infection. *Genij Ortopedii.* 2019;25(2):172-179. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-172-179.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Тряпичников Александр Сергеевич* — канд. мед. наук, младший научный сотрудник лаборатории реконструктивного эндопротезирования и артроскопии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия  
e-mail: pich86@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7305-506X>

*Ермаков Артем Михайлович* — канд. мед. наук, врач гнойного травматолого-ортопедического отделения, ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия  
e-mail: tsyl@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5420-4637>

*Силантьева Тамара Алексеевна* — канд. мед. наук, заведующая лабораторией морфологии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия  
e-mail: tsyl@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6405-8365>

*Бурцев Александр Владимирович* — д-р мед. наук, и.о. директора ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия  
e-mail: tsyl@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8968-6528>

#### Заявленный вклад авторов

*Тряпичников А.С.* — дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор и анализ полученных данных, написание текста рукописи, статистическая обработка полученных данных, коррекция и окончательная редакция.

*Ермаков А.М.* — дизайн исследования, сбор и анализ данных, написание текста рукописи, коррекция и окончательная редакция.

*Силантьева Т.А.* — сбор и анализ данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи.

*Бурцев А.В.* — концепция исследования, окончательная редакция.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### AUTHORS' INFORMATION:

*Aleksandr S. Triapichnikov* — Cand. Sci. (Med.), Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia  
e-mail: pich86@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7305-506X>

*Artem M. Ermakov* — Cand. Sci. (Med.), Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia  
e-mail: tsyl@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5420-4637>

*Tamara A. Silantjeva* — Cand. Sci. (Med.), Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia  
e-mail: tsyl@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6405-8365>

*Alexander V. Burtsev* — Dr. Sci. (Med.), Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia  
e-mail: tsyl@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8968-6528>



Научная статья  
УДК 616.717-008.9-053.1  
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-34-43>

## Патология верхних конечностей у детей с мукополисахаридозами

В.М. Кенис<sup>1,2</sup>, Е.В. Мельченко<sup>1</sup>, Т.В. Маркова<sup>3</sup>, Али Аль-Каисси<sup>4</sup>,  
А.В. Сапоговский<sup>1</sup>, О.Е. Агранович<sup>1</sup>, Е.В. Петрова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

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

<sup>3</sup> ФГБУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова» Минобрнауки России, г. Москва, Россия

<sup>4</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Несмотря на успехи в лечении детей с мукополисахаридозами (МПС) в результате широкого внедрения ферментозаместительной терапии и трансплантации гематопоэтических стволовых клеток, ортопедические проявления продолжают оставаться значительной проблемой, при этом патология верхних конечностей у детей с МПС отражена в литературе недостаточно. **Целью исследования** был анализ ортопедических и неврологических проявлений со стороны верхних конечностей у детей с МПС на основании изучения последовательной серии случаев. **Материал и методы.** Нами проведен комплексный анализ клинических и рентгенологических проявлений со стороны верхних конечностей у 49 пациентов с МПС. **Результаты.** Наиболее частыми жалобами со стороны верхних конечностей были неловкость при выполнении повседневных движений (одевание, самообслуживание, пользование предметами), нарушение мелкой моторики, мышечная слабость. Наиболее частым клиническим проявлением со стороны верхних конечностей было ограничение активного отведения плеча, нарушение кистевого схвата, сгибательные контрактуры в локтевом суставе, ульнарная девиация кисти. У всех пациентов с МПС I, II и VI типов имело место ограничение активного и пассивного разгибания и сгибания пястнофаланговых и межфаланговых суставов. У пациентов с МПС IV преобладала гипермобильность суставов кисти. При оценке симптомов, характерных для синдрома карпального канала, отмечено отсутствие типичных клинических проявлений, обусловленных компрессией срединного нерва. У большинства пациентов отмечалось снижение сухожильных и периостальных рефлексов. Наиболее выраженное снижение силы мышц отмечалось в отношении разгибания пальцев кисти, отведения плеча и разгибания в локтевом суставе, что может способствовать формированию флексионного паттерна контрактур суставов верхних конечностей. На рентгенограммах кисти симптом «тающего сахара» и укорочение пястных костей наблюдались у большинства пациентов. **Заключение.** Клинические и рентгенологические проявления со стороны верхних конечностей наблюдаются при всех изученных нами типах МПС, и приводят к функциональным нарушениям, затрудняющим повседневную жизнь и самообслуживание. Патология верхних конечностей у детей с МПС требует более раннего выявления и более активной лечебной тактики после всесторонней оценки рисков.

**Ключевые слова:** мукополисахаридоз, дети, верхние конечности.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Кенис В.М., Мельченко Е.В., Маркова Т.В., Аль-Каисси Али, Сапоговский А.В., Агранович О.Е., Петрова Е.В. Патология верхних конечностей у детей с мукополисахаридозами. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):34-43. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-34-43>.

**Cite as:** Kenis V.M., Melchenko E.V., Markova T.V., Al Kaissi Ali, Sapogovskiy A.V., Agranovich O.V., Petrova E.V. [Upper Limb Pathology in Children with Mucopolysaccharidoses]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):34-43. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-34-43>.

Кенис Владимир Маркович / Vladimir M. Kenis; e-mail: [kenis@mail.ru](mailto:kenis@mail.ru)

Рукопись поступила/Received: 14.01.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 20.05.2021.

© Кенис В.М., Мельченко Е.В., Маркова Т.В., Аль-Каисси Али, Сапоговский А.В., Агранович О.Е., Петрова Е.В., 2021

## Upper Limb Pathology in Children with Mucopolysaccharidoses

Vladimir M. Kenis<sup>1,2</sup>, Evgeniy V. Melchenko<sup>1</sup>, Tatiana V. Markova<sup>3</sup>, Ali Al Kaissi<sup>4</sup>,  
Andrey V. Sapogovskiy<sup>1</sup>, Olga V. Agranovich<sup>1</sup>, Ekaterina V. Petrova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia

<sup>4</sup> National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedics, Kurgan, Russia

### Abstract

**Background.** Despite the success in the treatment of children with mucopolysaccharidoses (MPS) as a result of the widespread of enzyme replacement therapy and hematopoietic stem cells transplantation, orthopedic manifestations continue to be a significant problem, while the pathology of the upper limbs in children with MPS is not sufficiently represented in the literature. **The aim of this study** was to analyze orthopedic and neurological manifestations in the upper extremities of children with mucopolysaccharidosis based on a sequential case series. **Materials and Methods.** We carried out a comprehensive analysis of clinical and radiological involvement of the upper extremities in 49 patients with MPS. **Results.** The most common complaints related to the upper extremities were difficulties in the daily activities (dressing, self-care, playing), impairment of the fine motor skills, and muscle weakness. The most frequent clinical manifestations related to the upper extremities were limited active shoulder abduction, impaired hand grip, flexion contractures of the elbow joint, ulnar deviation of the hand. All patients with MPS types I, II, and VI had limited active and passive extension and flexion of the metacarpophalangeal and interphalangeal joints. In patients with MPS IV, hypermobility of the hand joints prevailed. We noticed minimal presence of typical clinical manifestations related to compression of the median nerve specific for carpal tunnel syndrome. The majority of patients showed a decrease in tendon and periosteal reflexes. The most pronounced decrease in muscle strength was observed in to extensors (elbow, fingers) and shoulder abductors, which may contribute to the predominant formation of a flexion pattern of contractures. On radiographs of the hand, the "melting sugar" symptom and shortening of the metacarpal bones were observed in most patients. **Conclusion.** Clinical and radiological manifestations related to the upper extremities take place in all types of the MPS, and lead to functional disorders that complicate daily life and self-care. Upper limb pathology in children with MPS requires earlier detection and more active treatment after comprehensive risk assessment.

**Keywords:** mucopolysaccharidosis, children, upper limbs.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

В последние годы интерес к изучению лизосомных болезней накопления, главным образом мукополисахаридозов (МПС), значительно повысился в связи с совершенствованием их диагностики, а также с появлением эффективных методов их лечения, таких как ферментозаместительная терапия (ФЗТ) и трансплантация гематопоэтических стволовых клеток (ТГСК) [1]. Еще более существенные перспективы открываются перед учеными и клиницистами в свете разработки новых направлений лечения, которые в настоящее время реализуются в виде клинических исследований (шаперонотерапия, генная терапия) [2].

В научной литературе достаточное внимание уделено патологии осевого скелета и нижних конечностей при МПС, при этом значительно меньше освещены вопросы патологии верхней конечности [3]. В первую очередь это связано с традиционными приоритетами в диагностике и лечении состояний, приводящих к угрозе жизни и необратимой утрате двигательных возможностей, такими как стеноз шейного отдела позвоночника, грудно-

поясничный кифоз, прогрессирующая нестабильность тазобедренных суставов, осевые деформации нижних конечностей [4, 5]. В связи с упомянутыми успехами терапии становится более актуальным решение ортопедических вопросов, которые ранее не получали достаточного освещения, в том числе и патологии верхних конечностей.

Среди наиболее значимых проявлений МПС со стороны верхних конечностей в литературе упоминаются контрактуры суставов, деформации пальцев кисти и синдром карпального канала [6]. При этом большинство работ освещают отдельные аспекты ортопедической патологии верхней конечности или отдельные диагностические и лечебные подходы [7, 8].

При большинстве форм МПС накопление гликозаминогликанов в различной степени происходит как в костной и хрящевой, так и в мягких тканях, что ведет к уменьшению амплитуды движений в суставах (включая плечевые, локтевые, лучезапястные, суставы кисти). Депонирование ГАГ в костях запястья может приводить к уменьшению размеров костной части запястного канала.

При сочетании с депонированием в мягких тканях (сухожильные влагалища сгибателей пальцев) в пределах запястного канала происходит компрессия срединного нерва [8]. Еще одним частым проявлением МПС со стороны кисти является стенозирующий лигаментит. Таким образом, причиной тугоподвижности пальцев может быть депонирование гликозаминогликанов в капсуле суставов, стенозирующий лигаментит и компрессия срединного нерва, а также их сочетание [7].

*Целью* настоящего исследования был анализ ортопедических и неврологических проявлений со стороны верхних конечностей у детей с МПС на основании изучения последовательной серии случаев.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Нами было проведено ретроспективное исследование, заключающееся в анализе анамнестических и клинических данных серии случаев пациентов с различными типами МПС на основании данных историй болезни и амбулаторных карт.

### Пациенты

Под наблюдением с 2010 г. находилось 49 пациентов с МПС, имеющих ортопедические проявления, том числе 25 пациентов с МПС I типа, 6 пациентов с МПС II типа, 14 пациентов с МПС IV типа и 4 пациента с МПС VI типа. У всех пациентов диагноз был подтвержден на основании анализа активности лизосомных ферментов и молекулярно-генетического исследования. Мальчиков в изученной группе было 27, девочек — 22. Большинство пациентов (37 детей с МПС I, II, IV и VI типов) получали ФЗТ или прошли через процедуру ТГСК (13 пациентов с МПС I типа). Двенадцать пациентов на момент оценки не получали специфической терапии, поскольку находились на подготовительном этапе.

### Обследование пациентов

Обследование включало изучение анамнеза заболевания, клиническое (оценка амплитуды активных и пассивных движений, силы мышц), неврологическое (оценка чувствительности, рефлексов) исследования. Силу мышц оценивали по 6-балльной шкале оценки мышечной силы Британского совета медицинских исследований (MRC-SS) [9]. Согласно этой шкале нормальная сила мышц оценивалась в 5 баллов, способность поднимать конечность/сегмент/палец против небольшого сопротивления — 4 балла, способность поднимать конечность/сегмент/палец, но не против сопротивления — 3 балла, движения только в горизонтальной плоскости — 2 балла, слабое сокращение мышц — 1 балл, движение отсутствует —

0 баллов. При определении амплитуды движений в плечевых и локтевых суставах использовались стандартные гониометры, амплитуда движений в пястнофаланговых и межфаланговых суставах оценивалась качественно (ограничением сгибания считали его амплитуду менее 90°, переразгибанием — более 0°).

Рентгенография кистей в прямой проекции выполнялась при наличии деформаций лучезапястного сустава и/или кисти.

### Статистический анализ

Статистический анализ заключался в использовании методов дескриптивной статистики. Учитывая небольшое количество наблюдений, гетерогенность выборки, для определения средних величин использовался расчет медиан, для оценки дисперсии были рассчитаны значения 1-й и 3-й квартилей (Me (Q1; Q3)). Обработка полученных данных осуществлялась в программном комплексе IBM SPSS Statistics v.23.

### Результаты

Анализ историй болезни позволил установить, что большинство пациентов (40 детей, что составило 82%) обращались в нашу клинику с подтвержденным диагнозом МПС. В 18% случаев (9 пациентов) диагноз был заподозрен в нашей клинике на основании комплекса клинико-рентгенологических данных и подтвержден в дальнейшем. Из этих пациентов большинство составили дети с МПС IV типа (7 пациентов), у одного ребенка был подтвержден МПС VI типа, и у одного пациента с первичными жалобами на патологию верхних конечностей был установлен диагноз МПС I типа.

Средний возраст детей при постановке диагноза был 4,5 года (от 3 мес. до 12 лет). Ретроспективный анализ (на основании опроса родителей) показал, что дебют клинических проявлений заболевания соответствовал возрасту 2,9 лет (от 1 мес. до 8 лет). То есть, средний интервал времени между появлением первых симптомов и подтверждением диагноза составил полтора года, хотя имел место значительный разброс с преобладанием более поздней диагностики над ранней. Рост и вес пациентов на момент обследования не оценивались в связи с тем, что в рамках настоящего исследования они, по нашему мнению, не влияли на изучаемые показатели и в связи со значительной возрастной гетерогенностью группы.

При объективном исследовании выявлялись ограничение амплитуды движений в плечевых суставах, сгибательные контрактуры пальцев кисти, сгибательные контрактуры в локтевом суставе. В таблице 1 представлены основные клинические проявления со стороны верхних конечностей на момент первичного осмотра.

Таблица 1

## Основные клинические проявления со стороны верхних конечностей у детей с МПС

Клинические проявления	Тип МПС				Всего n = 49
	I n = 25	II n = 6	IV n = 14	VI n = 4	
Ограничение активного отведения плеча	25/51%	6/12%	12/24%	4/8%	47/95%
Сгибательные контрактуры в локтевом суставе	18/37%	2/4%	12/24%	2/4%	34/69%
Нарушение функции кисти	22/45%	6/12%	9/18%	4/8%	41/83%
Локтевая девиация кисти	7/14%	1/2%	10/20%	2/4%	20/40%
Неловкость при выполнении повседневных движений	17/ 35%	5/ 10%	9/ 18%	3/ 6%	34/ 69%
Нарушение мелкой моторики	21/ 43%	5/ 10%	7/ 14%	3/ 6%	36/ 73%
Мышечная слабость	17/ 35%	4/ 8%	8/ 16%	2/ 4%	31/ 63%

Наиболее частым клиническим проявлением со стороны верхних конечностей было ограничение активного отведения плеча (рис. 1 а). Вторым по частоте было нарушение функции кисти в виде нарушения кистевого схвата. Реже встречались сгибательные контрактуры в локтевом суставе (рис. 1b), локтевая девиация кисти (рис. 1с). Наиболее часто пациенты жаловались на неловкость при выполнении повседневных движений (одевание, самообслуживание, пользование предметами), нарушение мелкой моторики, мышечную слабость (рис. 1 d).

Оценка амплитуды пассивных движений в суставах верхней конечности показала, что в среднем величина активного отведения плечевых суставов составила 150° (143; 159), пассивного — 165° (158; 173). Разгибание в локтевом суставе у пациентов с МПС составило в среднем 165° (156; 173). Нами также отмечено ограничение сгибания в локтевом суставе, преимущественно у пациентов с МПС I типа. Клиническое значение этого фактора для данной группы пациентов требует дополнительного анализа.

При оценке амплитуды движений в суставах кисти нами отдельно анализировалась группа пациентов с МПС I, II и VI и пациенты с МПС IV. У всех пациентов с МПС I, II и VI типов, наблюдавшихся нами, имело место ограничение активного и пассивного разгибания и сгибания пястно-фаланговых и межфаланговых суставов различной выраженности (рис. 2).

У 11 из 14 обследованных нами пациентов с МПС IV типа имела место гипермобильность суставов кисти, проявлявшаяся в переразгибании пястно-фаланговых и/или межфаланговых суставов (см. рис. 1 а). У 3 пациентов нами не отмечено

данного феномена, при этом они в целом имели аттенуированные фенотипы.

В 25 случаях было возможно тестирование силы мышц по 6-балльной шкале, рекомендованной Британским советом медицинских исследований (в остальных случаях оно было затруднено в силу возраста или отсутствия полноценного вербального контакта с ребенком). Наиболее выраженное снижение отмечалось в отношении разгибания пальцев кисти, отведения плеча и разгибания в локтевом суставе. Вероятно, этот характер дисбаланса играет роль в формировании типичного паттерна контрактур суставов верхних конечностей, определяя преимущественно флексионный их характер (табл. 2).

При неврологическом обследовании оценивались сухожильные (с двуглавой мышцы плеча) и периостальный (с лучевой кости) рефлекс. Нами не выявлены значимые закономерности в исследованной группе пациентов. У большинства из них отмечалось снижение сухожильных и периостальных рефлексов, однако у нескольких пациентов имело место их повышение. Данный факт требует дополнительного анализа с учетом общего неврологического фона и возможности пареза на различных уровнях центральной и периферической нервной системы при МПС (наличие патологии головного мозга, шейного отдела позвоночника и спинного мозга).

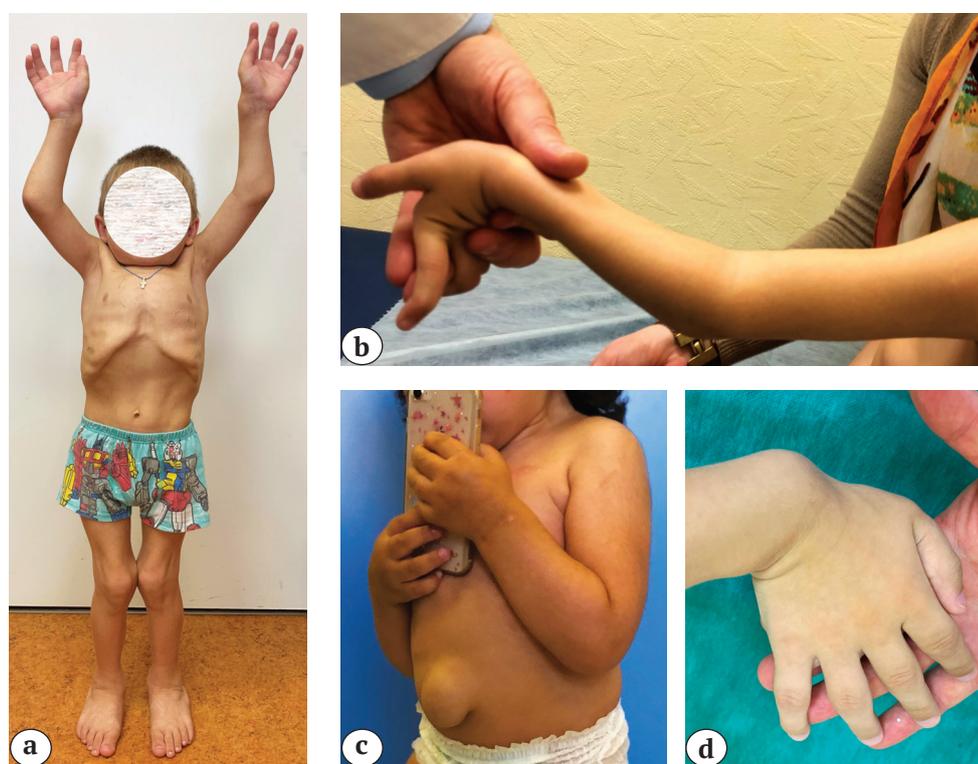
При оценке симптомов, характерных для синдрома карпального канала, нами, в первую очередь, было отмечено отсутствие типичных для взрослых клинических проявлений, обусловленных компрессией срединного нерва. Жалобы на парестезии и боли в кисти имели место у 6 пациентов и не имели постоянного характера. Симптом Тиннеля

был слабopоложительным только у 2 пациентов подросткового возраста. При визуальной оценке гипотрофия мышц тенара была отмечена у большинства пациентов, однако в связи с отсутствием объективных критериев оценки данный симптом не определялся нами количественно.

На рентгенограммах кистей оценивались качественные признаки (симптом «тающего сахара», укорочение пястных костей). Нами использовалась собственная градация выраженности этих симптомов. Симптом «тающего сахара» расценивался как слабoвыраженный при закруглении основания пястных костей, средней степени выраженности — при коническом сужении и выраженным — при сужении более чем наполовину ширины метафиза (рис. 3). Укорочение пястных

костей расценивали как незначительное в том случае, если длина диафиза второй пястной кости была равна ширине основания пястных костей; умеренное, если она была более 2/3 ширины основания пястных костей; выраженное, если она была менее 2/3 ширины основания пястных костей (рис. 3).

Как показывают данные таблицы 3, симптом «тающего сахара» был более чувствительным рентгенологическим признаком и наблюдался у большинства пациентов, при этом чаще наблюдалась средняя степень выраженности данного симптома. Укорочение пястных костей встречалось несколько реже, но также наблюдалось у большинства детей с МПС, и чаще было умеренно выраженным и выраженным.



**Рис. 1.** Основные клинические проявления патологии верхней конечности у детей с МПС:

- a — пациент 8 лет с МПС IV типа, отмечается ограничение отведения в плечевых суставах при попытке поднять руки;
- b — пациентка 5 лет с МПС IV типа: сгибательная контрактура в локтевом суставе, переразгибание пястнофаланговых суставов;
- c — пациентка 6 лет с МПС I типа, отмечается затруднение манипулирования предметами;
- c — пациент 8 лет с МПС IV типа: выраженная ульнарная девиация правой кисти

**Figure 1.** Clinical manifestations of upper limb pathology in children with MPS type IV:

- a — patient with type IV MPS, 8 y.o., limited active shoulder abduction;
- b — left upper limb of a 5 y.o. patient with MPS type IV: flexion contracture in the elbow joint, hyperextension of the metacarpophalangeal joints;
- c — patient with type I MPS, 6 years old. Difficulty in manipulating objects is noted. y.o.: ulnar deviation of the hand;
- c — right upper limb of a patient with MPS type IV, 8 y.o.: ulnar deviation of the hand



**Рис. 2.** Ограничение амплитуды движений пальцев кисти у пациента 7 лет с МПС I типа (внешний вид кистей):  
 а — при пассивном разгибании пястнофаланговых и межфаланговых суставов;  
 б — при пассивном сгибании пястнофаланговых и межфаланговых суставов;  
 в — при активном разгибании пястнофаланговых и межфаланговых суставов;  
 д — при активном сгибании пястнофаланговых и межфаланговых суставов

**Figure. 2.** Impairments in the range of motion of the hand joints in a 7 y.o. patient with MPS type I:  
 a — limited passive extension of the metacarpophalangeal and interphalangeal joints;  
 b — limited passive flexion of the metacarpophalangeal and interphalangeal joints;  
 c — limited active extension of the metacarpophalangeal and interphalangeal joints;  
 d — limited of active flexion of the metacarpophalangeal and interphalangeal joints

Таблица 2

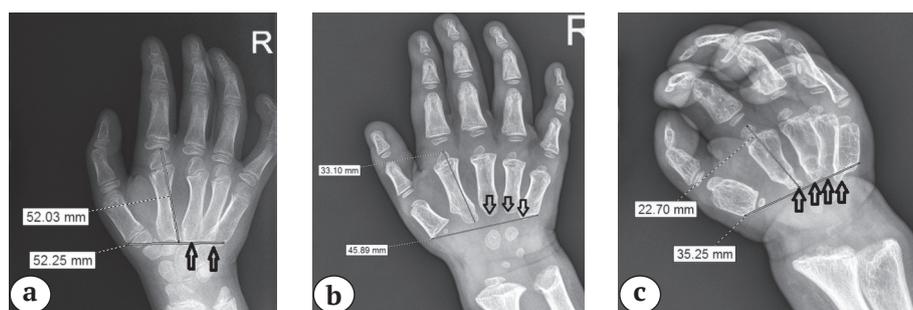
**Сила мышц верхней конечности по 6-балльной шкале у детей с МПС**

Группа мышц	Значение Ме (Q1; Q3)
Отводящие мышцы плеча	3,8 (2,9; 4,8)
Приводящие мышцы плеча	4,3 (4,0; 5,1)
Сгибатели предплечья	4,2 (3,9; 4,9)
Разгибатели предплечья	3,7 (3,2; 5,1)
Сгибатели пальцев	3,3 (2,4; 4,9)
Разгибатели пальцев	3,1 (2,5; 4,8)

Таблица 3

**Рентгенологические проявления со стороны кисти у детей с МПС**

Рентгенологический признак и его выраженность		Количество пациентов n (%)	Всего n (%)
Симптом «тающего сахара»	слабовыраженный	13 (26)	48 (98)
	средней степени выраженности	21 (43)	
	выраженный	14 (29)	
Укорочение пястных костей	незначительное	11 (22)	46 (94)
	умеренное	18 (37)	
	выраженное	17 (35)	



**Рис. 3.** Рентгенологические изменения со стороны кисти у детей с МПС

(рентгенограммы правой кисти в прямой проекции):

а — пациент с МПС VI типа: симптом «тающего сахара» слабовыраженный (закругление оснований пястных костей указано стрелками), укорочение пястных костей незначительное (длина диафиза второй пястной кости равна ширине основания пястных костей);

б — пациент с МПС I типа: симптом «тающего сахара» средней степени выраженности (коническое сужение оснований пястных костей указано стрелками), укорочение пястных костей умеренное (длина диафиза второй пястной кости более 2/3 ширины основания пястных костей);

с — пациент с МПС I типа: симптом «тающего сахара» выраженный (сужение оснований пястных костей более, чем на половину указано стрелками), укорочение пястных костей выраженное (длина диафиза второй пястной кости менее 2/3 ширины основания пястных костей)

**Figure. 3.** Radiological changes in the hand of children with MPS (AP X-rays of the right hand):

a — a patient with MPS type VI: the «melting sugar» symptom and the shortening of the metacarpal bones are mild (rounding of the base of the metacarpal bones is indicated by arrows, the length of the diaphysis of the second metacarpal bone is equal to the width of the base of the metacarpals);

b — a patient with MPS type I: the «melting sugar» symptom and the shortening of the metacarpal bones are moderate (conical narrowing of the bases of the metacarpal bones is indicated by arrows, the length of the diaphysis of the second metacarpal bone is more than 2/3 of the width of the base of the metacarpals);

c — a patient with type I MPS: the «melting sugar» symptom and the shortening of the metacarpal bones are severe (narrowing of the bases of the metacarpal bones more than 1/2 is indicated by arrows, the length of the diaphysis of the second metacarpal bone is less than 2/3 of the base width metacarpals)

## Обсуждение

Значение патологии верхней конечности при МПС определяется не только собственно функцией верхней конечности, но и возможностью использования вспомогательных средств передвижения (трости, костыли, ходунки, коляски и др.). Ее раннее выявление необходимо для диагностики основного заболевания, профилактики прогрессирующих нарушений, своевременного лечения патологии. Функция верхней конечности в значительной мере определяет такие возможности, как обучение, общение, социализация, трудоустройство. Патология кисти при МПС может быть первой яркой манифестацией заболевания. При этом она существенно снижает качество жизни (особенно в школьном возрасте), а изменения могут быстро нарастать и принимать малообратимый характер.

Клинические проявления со стороны кисти при МПС, как правило, проявляются после 1 года. Темп прогрессирования определяется тяжестью основного заболевания [7]. При «мягких» фенотипах проявления со стороны кисти долгое время не замечаются из-за высокой компенсации. С другой стороны, при тяжелых (нейронопатических) фе-

нотипах проявления со стороны кисти на первый взгляд не кажутся столь важными [10].

Данные литературы свидетельствуют о том, что при МПС I типа у пациентов в возрасте старше 2 лет развивается синдром запястного канала (СЗК), но не у всех пациентов развивается отчетливая клиническая картина. У части пациентов формируется типичная симптоматика множественного стенозирующего лигаментита. При МПС II типа авторы у всех пациентов старше 2 лет выявили клинику СЗК, боль, затруднение схвата, быстрое прогрессирование симптомов и нарушение проводимости по срединному нерву. При МПС IV особенностями являются гипермобильность суставов, ульнарная девиация кисти, слабость схвата и брахидактилия. При МПС VI у большинства пациентов старше 2 лет развивается СЗК, «когтеобразная» деформация пальцев [7].

МПС — наиболее частая причина СЗК у детей. Непреложным должно являться утверждение, что каждый пациент с СЗК должен быть обследован на предмет МПС. В свою очередь, все пациенты с МПС I, II и VI типов должны обследоваться на предмет СЗК [11].

У детей с МПС редко отмечаются типичные клинические проявления СЗК (онемение, парестезии, боль) до появления нарушения функции. Это может быть связано с возрастом пациентов, когнитивными нарушениями, задержкой речевого развития, вариабельностью симптомов, скрадываемых тугоподвижностью в суставах, наличием более существенных нарушений. Исходя из этого были описаны дополнительные клинические симптомы для ранней диагностики СЗК у детей с МПС, такие как обкусывание кончиков пальцев, неуклюжесть движений, регресс тонкой моторики, снижение потоотделения.

Следует отметить, что наша группа пациентов характеризовалась относительно ранним дебютом клинических проявлений и относительно ранним возрастом постановки диагноза. Возможно, это связано со спецификой нашего центра. Ортопедическая патология при МПС — наиболее яркая, и при доминировании ее в фенотипе пациента ранняя постановка диагноза весьма вероятна. Также по этой причине большинство пациентов обращались в нашу клинику с уже подтвержденным диагнозом МПС, а большинство пациентов, диагноз которым был поставлен после консультации в нашем центре, имели МПС IV типа как наиболее «ортопедический» вариант данного заболевания [12].

Наиболее ранними жалобами пациентов с МПС были ограничения активного отведения плечевых суставов. Этот важный клинический признак был отмечен в работе Н.В. Бучинской и, безусловно, имеет важнейшее значение в ранней диагностике МПС [3].

Оценка амплитуды движений в суставах кисти соответствовала общему представлению о преобладании контрактур при МПС I, II и VI и гипермобильности при МПС IV, при этом отсутствие гипермобильности у пациентов с аттенуированными фенотипами МПС IV не исключает данного диагноза.

Тестирование силы мышц при МПС зачастую затруднено в связи с особенностями возраста или отсутствием полноценного вербального контакта с ребенком. Наиболее выраженное снижение отмечалось в мышцах-разгибателях. Вероятно, дисбаланс мышц играет роль в формировании типичного паттерна контрактур и определяет их флекссионный характер.

Тот факт, что нами не выявлены закономерности сухожильных и периостальных рефлексов в исследованной группе пациентов, требует дополнительного анализа с учетом деталей неврологического статуса, поскольку при МПС возможно как наличие патологии головного мозга (гидроцефалии, вторичной энцефалопатии), так и шейной миелопатии вследствие компрессии спинного мозга [9].

Анализируя симптомы, характерные для синдрома карпального канала, нами было отмечено отсутствие типичных клинических проявлений. В связи с тем, что обследование пациентов нашей группы включало клиническое и рентгенологическое, необходимо дополнить стандартный протокол нейрофизиологическими данными.

Рентгенологическая диагностика может иметь большое значение в процессе постановки диагноза. Стоит отметить, что рентгенограммы могут быть выполнены по иным показаниям (эндокринологическим). Не стоит ограничиваться чтением описания рентгенограмм, поскольку характерные для МПС признаки не всегда описываются при рутинном исследовании. Целесообразно выполнять рентгенограммы в динамике для оценки прогрессирования.

Особенностями рентгенологической картины со стороны кисти при МПС (являющимися частью общей картины множественного дизостоза), являются истонченные основания II–IV пястных костей (симптом «тающего сахара»), уменьшение карпального угла, короткие широкие пястные кости и фаланги пальцев. Нами предложен полуколичественный метод оценки рентгенологических проявлений МПС. Дальнейшие исследования с оценкой значимости данных симптомов в динамике позволят оценить характер изменений в процессе прогрессирования множественного дизостоза.

### Заключение

Несмотря на то, что современное лечение детей с МПС приводит к значительному увеличению продолжительности жизни, улучшению ее качества за счет снижения внутриклеточного депонирования ГАГ, это мало коррелирует с ортопедическими улучшениями, и многие пациенты нуждаются в ортопедическом лечении даже на фоне ФЗТ и ТГСК. Патология верхних конечностей у детей с МПС отражена в литературе недостаточно полно. Нами проведен комплексный анализ клинических и рентгенологических проявлений со стороны верхних конечностей у 49 пациентов с МПС. Ранее считалось нецелесообразным проводить оперативное лечение по поводу деформаций кисти у детей с МПС в связи с малой продолжительностью жизни и высоким риском сердечно-легочных осложнений. На сегодняшний день, учитывая болезнь-модифицирующую терапию, продолжительность жизни пациентов с МПС существенно увеличивается, а риск осложнений снижается. Патология верхних конечностей у детей с МПС требует более раннего выявления и более активной лечебной тактики после всесторонней оценки рисков.

### Этическая экспертиза

Исследование одобрено решением локального этического комитета № 2017/4 от 28.11.2017.

### Информированное согласие

Законные представители пациентов дали письменное добровольное согласие на участие в исследовании и публикацию клинических наблюдений.

### Литература [References]

1. Бучинская Н.В., Чикова И.А., Исупова Е.А., Калашникова О.В., Костик М.М., Часнык В.Г. Современные подходы к терапии мукополисахаридозов у детей. *Вопросы современной педиатрии*. 2014;13(3):35-43. doi: 10.15690/vsp.v13i3.1026. Buchinskaya N.V., Chikova I.A., Isupova E.A., Kalashnikova O.V., Kostik M.M., Chasnyk V.G. [Modern approaches to therapy for children with mucopolysaccharidosis]. *Voprosy sovremennoi pediatrii* [Current Pediatrics]. 2014;13(3):35-43. (In Russian). doi: 10.15690/vsp.v13i3.1026.
2. Fecarotta S., Gasperini S., Parenti G. New treatments for the mucopolysaccharidoses: from pathophysiology to therapy. *Ital J Pediatr*. 2018;44(Suppl 2):124. doi: 10.1186/s13052-018-0564-z.
3. Бучинская Н.В., Костик М.М., Чикова И.А., Исупова Е.А., Калашникова О.В., Часнык В.Г. и др. Скелетные проявления при мукополисахаридозах различных типов. *Гений ортопедии*. 2014;(2):81-90. Buchinskaya N.V., Kostik M.M., Chikova I.A., Isupova E.A., Kalashnikova O.V., Chasnyk V.G. et al. [Skeletal manifestations for mucopolysaccharidoses of different types]. *Genij Ortopedii*. 2014;(2):81-90. (In Russian).
4. Kuiper G.A., Langereis E.J., Breyer S., Carbone M., Castelein R.M., Eastwood D.M. et al. Treatment of thoracolumbar kyphosis in patients with mucopolysaccharidosis type I: results of an international consensus procedure. *Orphanet J Rare Dis*. 2019;14(1):17. doi: 10.1186/s13023-019-0997-5.
5. Рябых С.О., Очирова П.В., Губин А.В., Колесов С.В., Колбовский Д.А., Третьякова А.Н. и др. Вертебральный синдром при различных типах мукополисахаридоза: особенности клиники и лечения. *Хирургия позвоночника*. 2019;16(2):81-91. doi: 10.14531/ss2019.2.81-91. Ryabykh S.O., Ochirova P.V., Gubin A.V., Kolesov S.V., Kolbovsky D.A., Tretjakova A.N. et al. [The vertebral syndrome in various types of mucopolysaccharidosis: clinical features and treatment]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2019;16(2):81-91. (In Russian). doi: 10.14531/ss2019.2.81-91.
6. Вашакмадзе Н.Д., Намазова-Баранова Л.С., Геворкян А.К., Кузенкова Л.М., Подклетнова Т.В., Бабайкина М.А. и др. Ортопедическая патология у детей с муко-полисахаридозом I типа. *Вопросы современной педиатрии*. 2016;15(6):562-567. doi: 10.15690/vsp.v15i6.1652. Vashakmadze N.D., Namazova-Baranova L.S., Gevorkyan A.K., Kuzenkova L.M., Podkletnova T.V., Babaykina M.A. et al. [Orthopedic Pathology in Children with Mucopolysaccharidosis Type I]. *Voprosy sovremennoi pediatrii* [Current Pediatrics]. 2016;15(6):562-567. (In Russian). doi: 10.15690/vsp.v15i6.1652.
7. Haddad F.S., Jones D.H., Vellodi A., Kane N., Pitt M.C. Carpal tunnel syndrome in the mucopolysaccharidoses and mucopolysaccharidoses. *J Bone Joint Surg Br*. 1997;79(4):576-582. doi: 10.1302/0301-620x.79b4.7547.
8. Kwon J.Y., Ko K., Sohn Y.B., Kim S.J., Park S.W., Kim S.H. et al. High prevalence of carpal tunnel syndrome in children with mucopolysaccharidosis type II (Hunter syndrome). *Am J Med Genet A*. 2011;155A(6):1329-1335. doi: 10.1002/ajmg.a.34013.
9. Hermans G., Clerckx B., Vanhullebusch T., Segers J., Vanpee G., Robbeets C. et al. Interobserver agreement of Medical Research Council sum-score and handgrip strength in the intensive care unit. *Muscle Nerve*. 2012;45(1):18-25. doi: 10.1002/mus.22219.
10. Осипова Л.А., Кузенкова Л.М., Намазова-Баранова Л.С., Геворкян А.К., Подклетнова Т.В., Вшакмадзе Н.Д. Нейропатические мукополисахаридозы: патогенез и будущее терапевтических подходов. *Вопросы современной педиатрии*. 2015;14(5):539-547. doi: 10.15690/vsp.v14i5.1436. Osipova L.A., Kuzenkova L.M., Namazova-Baranova L.S., Gevorkyan A.K., Podkletnova T.V., Vashakmadze N.D. [Neuronopathic Types of Mucopolysaccharidoses: Pathogenesis and Emerging Treatments]. *Voprosy sovremennoi pediatrii* [Current Pediatrics]. 2015;14(5):539-547. (In Russian). doi: 10.15690/vsp.v14i5.1436.
11. Patel P., Antoniou G., Clark D., Ketteridge D., Williams N. Screening for Carpal Tunnel Syndrome in Patients With Mucopolysaccharidosis. *J Child Neurol*. 2020;35(6):410-417. doi: 10.1177/0883073820904481.
12. Al Kaissi A., Kenis V., Melchenko E., Ghachem M.B., Csepan R., Grill F. et al. Corrections of diverse forms of lower limb deformities in patients with mucopolysaccharidosis type IVA (Morquio syndrome). *Afr J Paediatr Surg*. 2016;13(2):88-94. doi: 10.4103/0189-6725.182563.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кенис Владимир Маркович — д-р мед. наук, зам. директора по инновационному развитию и работе с регионами, руководитель отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России; профессор кафедры детской травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: kenis@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7651-8485>

### AUTHORS' INFORMATION:

Vladimir M. Kenis — Dr. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery; Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia  
e-mail: kenis@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7651-8485>

*Мельченко Евгений Викторович* — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: emelcheko@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-1139-5573>

*Маркова Татьяна Владимировна* — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова» Минобрнауки России, г. Москва, Россия  
e-mail: markova@medgen.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2672-6294>

*Аль-Каусси Али* — генетик, приглашенный профессор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия  
e-mail: kaissi707@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-1599-6050>

*Сапоговский Андрей Викторович* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
<https://orcid.org/0000-0002-5762-4477>  
e-mail: sapogovskiy@gmail.com

*Агранович Ольга Евгеньевна* — д-р мед. наук, руководитель отделения артрогрипоза, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: olga\_agranovich@yahoo.com  
<https://orcid.org/0000-0002-6655-4108>

*Петрова Екатерина Владимировна* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения артрогрипоза, ФГБУ Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: pet\_kitten@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1596-3358>

*Evgeniy V. Melchenko* — Cand. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia  
e-mail: emelcheko@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-1139-5573>

*Tatyana V. Markova* — Cand. Sci. (Med.), Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia  
e-mail: markova@medgen.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2672-6294>

*Ali Al Kaissi* — National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedics, Kurgan, Russia  
e-mail: kaissi707@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-1599-6050>

*Andrey V. Sapogovskiy* — Cand. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-5762-4477>  
e-mail: sapogovskiy@gmail.com

*Olga E. Agranovich* — Dr. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia  
e-mail: olga\_agranovich@yahoo.com  
<https://orcid.org/0000-0002-6655-4108>

*Ekaterina V. Petrova* — Cand. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia  
e-mail: pet\_kitten@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1596-3358>

### *Заявленный вклад авторов*

*Кенис В.М.* — разработка дизайна исследования, проведение и анализ результатов обследований, написание текста рукописи.

*Мельченко Е.В.* — проведение и анализ результатов обследований, редактирование текста рукописи.

*Маркова Т.В.* — проведение и анализ результатов обследований, редактирование текста рукописи.

*Аль-Каусси А.* — анализ результатов обследований, редактирование текста рукописи.

*Сапоговский А.В.* — анализ результатов обследований, редактирование текста рукописи.

*Агранович О.Е.* — анализ результатов обследований, редактирование текста рукописи.

*Петрова Е.В.* — анализ результатов обследований, редактирование текста рукописи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

### *Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



Научная статья  
УДК 616.728.2-089.844  
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-44-53>

## Малоинвазивный артроскопический метод лечения пациентов с медиальным эпикондилитом локтевого сустава

М.Р. Салихов<sup>1</sup>, Д.А. Шулепов<sup>1</sup>, О.В. Злобин<sup>1</sup>, Н.Н. Дмитриева<sup>2</sup>, А.И. Мидаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> СПб ГБУ «Детская городская больница № 2 Святой Марии Магдалины», г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** В мировой литературе можно найти единичные публикации, посвященные лечению медиального эпикондилита методом артроскопии. Недостаточно анатомических исследований, которые обосновывают хирургические доступы с минимальной травматизацией медиальной коллатеральной связки и локтевого нерва. **Цель исследования** — на основании результатов топографо-анатомического исследования оптимизировать технику артроскопического лечения пациентов с медиальным эпикондилитом и оценить ее клиническую эффективность. **Материал и методы.** Материалом для топографо-анатомического исследования послужили 12 «свежих» анатомических препаратов локтевого сустава человека, из которых 6 было изъято у лиц женского и 6 — мужского пола. Изучали особенности строения и топографии медиальной коллатеральной связки локтевого сустава, определяли безопасность и эффективность артроскопических доступов к локтевому суставу для выполнения релиза лучевого сгибателя запястья. Также выполнено проспективное когортное сравнительное исследование, в которое вошли 70 пациентов. Были сформированы две группы. В группу I вошли 35 пациентов, оперативное лечение которым проводилось открытым методом, в группу II — также 35 пациентов, которым выполнялось малоинвазивное лечение с использованием артроскопической техники. Оценка функциональных результатов проводилась по шкале Mayo Elbow Perfomance Score (MEPS), выраженность боли — по 100-балльной визуально-аналоговой шкале (ВАШ) до операции и через 1, 6 и 9 нед. после лечения. **Результаты.** Результаты анатомо-топографического исследования показали, что хирургическое вмешательство необходимо выполнять в зоне, которая располагается выше средней линии плечелоктевого сустава на 2 (1,0–3,2) мм. Функциональные результаты, оцененные по шкале MEPS через 9 мес.: I группа — 81,77 (95% ДИ 81,13–82,41) баллов; II группа — 92,66 (95% ДИ 91,61–93,70) баллов. Средний результат по ВАШ через 9 нед.: I группа — 34,30 (31,89–36,68) балла; II группа — 1,5 (0,46–2,45) балла. **Заключение.** Хирургическое вмешательство артроскопическим методом следует выполнять в безопасной зоне, которая располагается выше средней линии плечелоктевого сустава на 2 (1,0–3,2) мм. В этой зоне риск повреждения переднего пучка медиальной локтевой коллатеральной связки минимальный. Лечение пациентов с медиальным эпикондилитом по разработанной артроскопической методике позволяет значительно улучшить функциональное состояние пациентов и повысить качество их жизни.

**Ключевые слова:** медиальный эпикондилит, локоть гольфиста, артроскопия, лучевой сгибатель запястья, медиальная локтевая коллатеральная связка, локтевой нерв.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Салихов М.Р., Шулепов Д.А., Злобин О.В., Дмитриева Н.Н., Мидаев А.И. Малоинвазивный артроскопический метод лечения пациентов с медиальным эпикондилитом локтевого сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):44-53. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-44-53>.

**Cite as:** Salikhov M.R., Shulepov D.A., Zlobin O.V., Dmitrieva N.N., Midaev A.I. [Minimally Invasive Arthroscopic Treatment of Patients with Medial Epicondylitis]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):44-53. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-44-53>.

Салихов Марсель Рамильевич / Marsel R. Salikhov; e-mail: virus-007-85@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 28.01.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 27.05.2021.

© Салихов М.Р., Шулепов Д.А., Злобин О.В., Дмитриева Н.Н., Мидаев А.И., 2021

## Minimally Invasive Arthroscopic Treatment of Patients with Medial Epicondylitis

Marsel R. Salikhov<sup>1</sup>, Dmitry A. Shulepov<sup>1</sup>, Oleg V. Zlobin<sup>1</sup>, Nadezhda N. Dmitrieva<sup>2</sup>, Ali I. Midaev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Mary Magdalene Children's City Hospital No. 2, St. Petersburg, Russia

### Abstract

**Background.** There is not enough research on the topic of arthroscopic treatment of medial epicondylitis. Topographic studies are needed to justify surgical approaches with minimal trauma to the medial collateral ligament and ulnar nerve. **The aim of the study** was to optimize the arthroscopic treatment of medial epicondylitis and evaluate its clinical effectiveness based on the results of the topographic and anatomical study. **Materials and Methods.** The material for the topographic and anatomical study was 12 «fresh» anatomical preparations of the human elbow joint, of which 6 were taken from female cadavers, and 6 — from men. The features of the structure and topography of the elbow medial collateral ligament were studied, and the safety and effectiveness of arthroscopic approaches to the elbow for the flexor carpi radialis release were determined. A prospective cohort comparative study was performed, which included 70 patients. Two comparative groups were formed. In the group I (35 patients) surgical treatment was carried out by the open method. The group II included 35 patients who underwent minimally invasive surgical treatment using arthroscopic technique. The results were evaluated by Mayo Elbow Performance Score (MEPS) and VAS before surgery and 1, 6, and 9 weeks after. **Results.** Functional results in 9 weeks: group I — 81.77 (95% CI 81.13; 82.41); group II — 92.66 (95% CI 91.61–93.70) points. The average score for VAS in the same period: group I — 34.30 (31.89–36.68) points; group II — 1.5 (0.46–2.45) points. **Conclusion.** The safe zone is located above the midline of the humeroulnar joint by 2 (1.0–3.2) mm. The risk of the medial ulnar collateral ligament anterior bundle injury is minimal in this area. Treatment of patients with the medial epicondylitis according to the developed arthroscopic technique can significantly improve the patients functional state and quality of life.

**Key words:** medial epicondylitis, golfer's elbow, arthroscopy, flexor carpi radialis, medial ulnar collateral ligament, ulnar nerve.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

Медиальный эпикондилит, также известный как «локоть гольфиста», впервые был описан Г. Дж. Моррисом в 1882 г. [1]. Этиопатогенез медиального эпикондилита включает микротравмы, дегенерацию круглого пронатора и лучевого сгибателя запястья. Это заболевание встречается, как правило, у людей в возрасте 40–60 лет и затрагивает мужчин и женщин в равной степени [2]. Медиальный эпикондилит характеризуется болью в области прикрепления основания общего сухожилия сгибателей предплечья к медиальному надмыщелку плечевой кости и возникает у пациентов, деятельность которых связана с повторяющимися сгибаниями и пронациями предплечья. Подобные нагрузки встречаются в таких видах спорта, как гольф, бейсбол, теннис, фехтование и плавание [3]. Несмотря на историческое название рассматриваемой патологии, в большинстве своем причиной болей является совсем не игра в гольф,

а профессии, связанные с трудоемкими, циклично повторяющимися действиями, требующими движений в предплечье, запястье, кисти и пальцах [4].

Медиальный эпикондилит в большинстве случаев поддается консервативному лечению, которое заключается в снижении физической нагрузки на поврежденную конечность, ношении разгрузочных брейсов, противовоспалительной фармакотерапии (нестероидные противовоспалительные препараты) и лечебной физкультуре, направленной на увеличение силы и эластичности поврежденного сухожилия [4]. Результаты выполненных когортных проспективных исследований показали, что перечисленные методы сохраняют эффективность лишь в ближайшие 3–6 мес. [5, 6]. Если симптомы заболевания сохраняются, несмотря на проводимое консервативное лечение в течение 3 мес. и более, рекомендовано хирургическое вмешательство, которое, как правило, выполняется открытым методом [7].

Артроскопическое хирургическое лечение имеет ряд преимуществ перед открытым хирургическим вмешательством, таких как меньшая травматизация мягких тканей, что позволяет приступить к ранней реабилитации, а также возможность диагностики сопутствующей внутрисуставной патологии [8].

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе можно найти единичные работы, посвященные лечению медиального эпикондилита артроскопическим способом. Недостаточно анатомических исследований, которые показывают, что релиз общего сухожилия сгибателей предплечья возможно выполнить с использованием артроскопической техники с минимальной травматизацией медиальной коллатеральной связки и локтевого нерва [9]. Поэтому необходимы дополнительные исследования, направленные на оптимизацию методики артроскопического лечения пациентов с медиальным эпикондилитом.

**Цель исследования** — на основании результатов топографо-анатомического исследования оптимизировать технику артроскопического лечения пациентов с медиальным эпикондилитом плечевой кости и оценить ее клиническую эффективность.

### Материал и методы

#### Топографо-анатомическое исследование

Материалом для исследования послужили 12 «свежих» анатомических препаратов локтевого сустава человека, из которых 6 было изъято у лиц женского и 6 — мужского пола. Рост женщин при жизни составлял  $163 \pm 4,4$  см, мужчин  $178 \pm 5,4$  см ( $p > 0,05$ ).

В процессе прецизионной препаровки нефиксированного анатомического материала локтевого сустава проводилось выделение и изучение особенностей зон прикрепления сухожилий сгибательной группы предплечья к дистальному отделу плечевой кости. Наибольший интерес представляли круглый пронатор и лучевой сгибатель запястья. Также изучали особенности строения и топографии медиальной коллатеральной связки локтевого сустава, что немаловажно

при проведении релиза сгибателей предплечья. Определялась безопасность и эффективность существующих артроскопических доступов к локтевому суставу для выполнения релиза лучевого сгибателя запястья.

#### Клиническое исследование

Было выполнено проспективное когортное сравнительное исследование, в которое вошли 70 пациентов, прооперированных в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2017 по 2019 г. Были сформированы две группы сравнения. В группу I включены 35 пациентов, оперативное лечение которым проводилось открытым методом. В этой группе преобладали лица мужского пола (25 или 71,4%). Возраст пациентов варьировал от 30 до 60 лет (Me 40; 25-й перцентиль — 35; 75-й перцентиль — 55). В группу II были включены 35 пациентов, оперативное лечение которым выполнялось малоинвазивно с использованием артроскопической техники. В данной группе, так же как и в первой, преобладали лица мужского пола (29 или 82,9%). Возраст пациентов варьировал от 33 до 58 лет (Me 40; 25-й перцентиль — 35; 75-й перцентиль — 54). Распределение пациентов по возрасту и полу представлено в таблице 1.

Пациенты обеих групп в течение 3 мес. безуспешно проходили консервативную терапию, включающую нестероидные противовоспалительные препараты, ношение бандажа, лечебную физкультуру, инъекции кортикостероидов, ударно-волновую терапию, инъекции плазмы, обогащенной тромбоцитами.

#### Диагностика

При исследовании пациентов всех групп выявлены следующие клинические признаки:

- локальная боль при пальпации медиального надмыщелка;
- боль, усиливающаяся при выполнении сгибаний и вращений с нагрузкой;
- положительный обратный тест Козена;
- положительный симптом «локтя гольфиста».

Из дополнительных методов исследования использовалась МРТ (рис. 1).

Таблица 1

Распределение пациентов по полу и возрасту

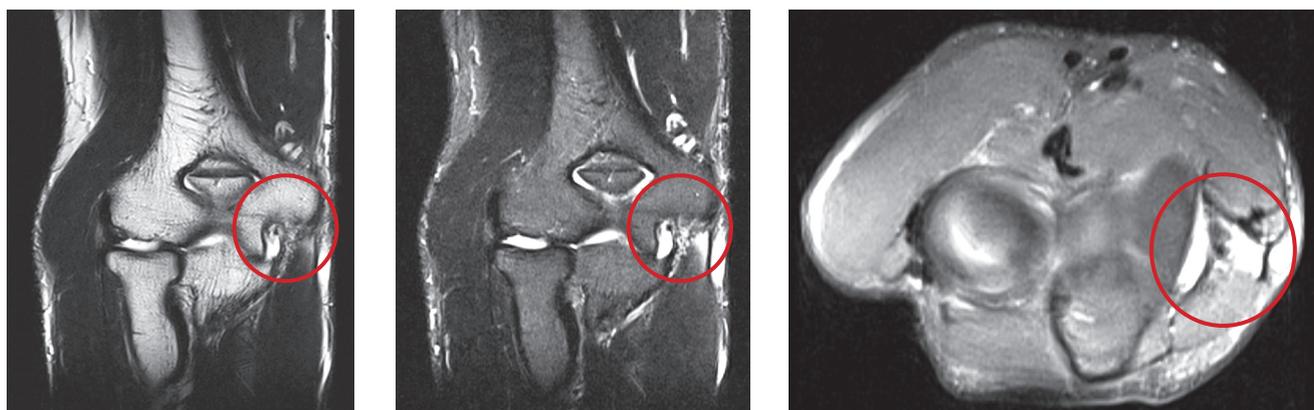
Группа	Пол		Возраст, лет		
	м	ж	30–40	41–50	51–60
I, n = 35	25 (71%)	10 (29%)	21 (60%)	2 (5,7%)	12 (34,3%)
II, n = 35	29 (83%)	6 (17%)	21 (60%)	2 (5,7%)	12 (34,3%)

**Хирургическая техника**

*I группа.* Кожным разрезом в области медиального надмыщелка плечевой кости идентифицировали сухожильную часть круглого пронатора и лучевого сгибателя запястья, после чего, отведя сухожилие круглого пронатора, проксимально выполняли релиз лучевого сгибателя запястья в области инсерции к плечевой кости. Затем при помощи кюретки проводили обработку области суставной

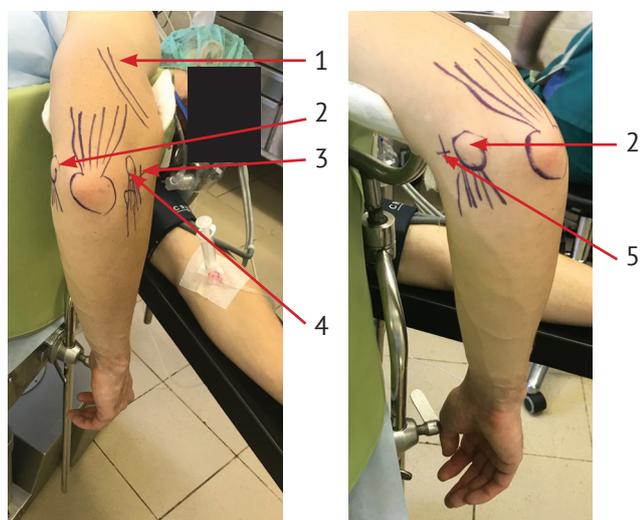
поверхности круглого пронатора с зоной его инсерции к медиальному надмыщелку плечевой кости от воспаленного детрита. Раны ушивались послойно. Оперированная конечность фиксировалась косыночной повязкой до снятия швов.

*II группа.* Операцию выполняли через передний латеральный и проксимальный медиальный артроскопические порты в положении больного на боку (рис. 2).



**Рис. 1.** МРТ локтевого сустава с признаками медиального эпикондилита плечевой кости. Красным цветом выделено поврежденное сухожилие лучевого сгибателя запястья

**Figure 1.** Elbow joint MRI with signs of the humerus medial epicondylitis. The red line highlights the damaged tendon of the flexor carpi radialis



**Рис. 2.** Укладка пациента II группы с маркировкой артроскопических портов (правая рука фиксирована плечевым упором, положение пациента на левом боку):

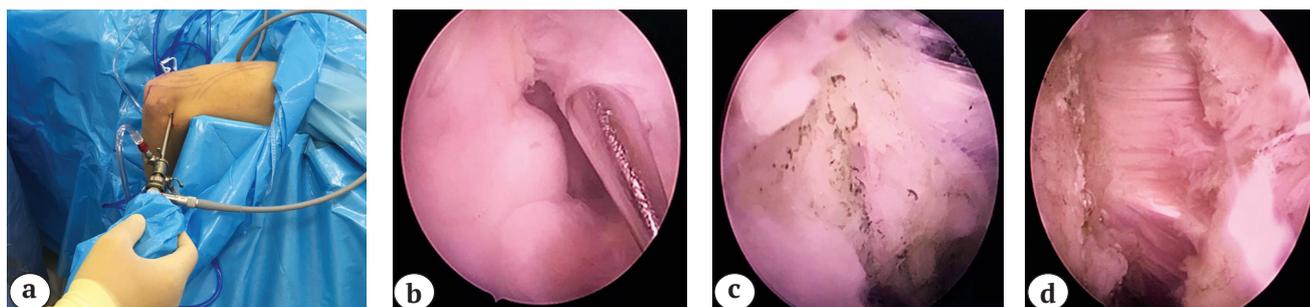
- 1 — лучевой нерв;
- 2 — медиальный надмыщелок плечевой кости;
- 3 — передний латеральный порт;
- 4 — латеральный надмыщелок плечевой кости;
- 5 — проксимальный медиальный порт

**Figure 2.** Positioning of the second group patient with marking of the arthroscopic portals (patient in the lateral decubitus position):

- 1 — radial nerve;
- 2 — medial epicondyle of the humerus;
- 3 — anterolateral portal;
- 4 — lateral epicondyle of the humerus;
- 5 — proximal medial portal

При артроскопии локтевого сустава использовалась трехмиллиметровая 30-градусная артроскопическая оптика, которую устанавливали через передний латеральный доступ, который по своей функциональной принадлежности можно назвать оптическим. После визуализации области медиального надмыщелка плечевой кости под контролем камеры и при помощи иглы на-

мечали точку для формирования проксимального медиального инструментального порта. После формирования доступов первым этапом проводилась фенестрация капсулы сустава. Для выполнения этой задачи использовали высокочастотный аблятор и шейвер. После выделения сухожилия лучевого сгибателя запястья выполняли его полное пересечение (рис. 3).



**Рис. 3.** Основные этапы артроскопического релиза лучевого сгибателя запястья у пациента с медиальным эпикондилитом:

- a — артроскопическая оптика, установленная в передний латеральный порт;  
 b — визуализация медиального надмыщелка плечевой кости с формированием медиального проксимального порта;  
 c — обнаружение сухожильной части лучевого сгибателя запястья после резекции капсулы сустава с помощью радиочастотного монополярного аблятора и шейвера;  
 d — релиз лучевого сгибателя запястья при помощи баскетного выкусывателя

**Figure 3.** The main stages of flexor carpi radialis arthroscopic release in patient with medial epicondylitis:

- a — arthroscopic optics mounted in the anterolateral portal;  
 b — visualization of the humerus medial epicondyle with the medial proximal portal formation;  
 c — detection of the flexor carpi radialis tendon part after the joint capsule resection with radiofrequency monopolar ablator and shaver;  
 d — release of the flexor carpi radialis with a basket forceps

В группе II мы провели артроскопическую диагностику, которая помогла выявить дополнительную капсульную связочную или внутрисуставную патологию у 15% пациентов, которые впоследствии были исключены из исследования.

#### *Оценка результатов*

У пациентов обеих групп оценивали выраженность болевого синдрома по 100-балльной визуальной аналоговой шкале боли (ВАШ). По шкале Mayo Elbow Performance Score (MEPS) [10] оценивали функцию локтевого сустава в предоперационном периоде, через 1, 6 и 9 нед. после операции.

#### *Статистический анализ*

Обработку данных проводили на компьютере посредством применения специализированной программы Past 306 с последующим построением наглядных боксплотов и таблиц.

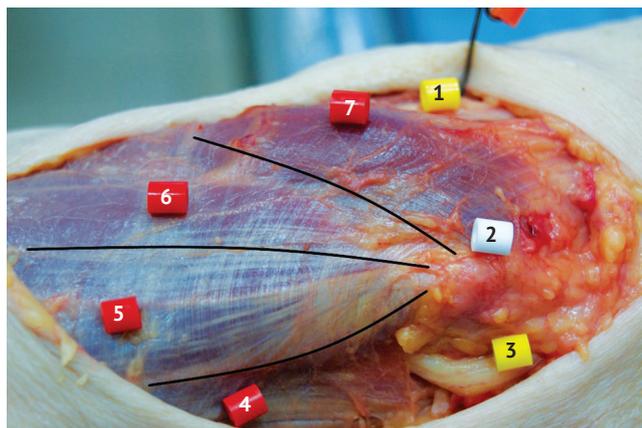
Для полученных в клинической части данных с помощью критериев Шапиро–Вилкоксона проверялась нормальность распределения показателей. Для нормально распределенных показателей представлены средние величины, стандартное отклонение и 95% доверительный интервал, для сравнения групп использовали *t*-критерий для независимых выборок. Динамика показателей оце-

нивалась с помощью *t*-критерия для зависимых выборок. Для показателей не являющихся нормально распределенными описательные характеристики представляли медианой и верхним и нижним квартилем. Статистические сравнения по шкале ВАШ, функциональному опроснику MEPS, длительности оперативного лечения у пациентов обеих групп проводили с использованием непараметрического критерия Манна–Уитни. Динамику этих показателей оценивали с помощью критерия Вилкоксона.

## **Результаты**

### *Топографо-анатомическое исследование*

При прецизионном изучении особенностей анатомического строения и топографии общего сухожилия сгибателей особое внимание уделялось лучевому сгибателю запястья и медиальной локтевой коллатеральной связке (рис. 4). Было определено, что зона контакта этого сухожилия с медиальным надмыщелком плечевой кости расположена выше средней плечелоктевой линии на 2 (1–3,2) мм, Me (25-й процентиль; 75-й процентиль), в непосредственной близости с передним пучком медиальной локтевой коллатеральной связки и локтевым нервом.

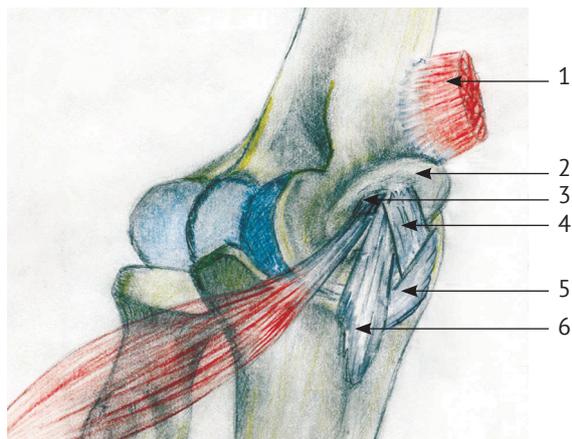


**Рис. 4.** Топография сгибателей предплечья (правый локтевой сустав, вид с медиальной поверхности предплечья). Черными линиями соответствуют межмышечные границы:  
 1 – срединный нерв;  
 2 – медиальный надмыщелок плечевой кости;  
 3 – локтевой нерв;  
 4 – локтевой сгибатель запястья;  
 5 – длинная ладонная мышца;  
 6 – лучевой сгибатель запястья;  
 7 – круглый пронатор

**Figure 4.** Topography of the forearm flexors (right elbow joint, view from the medial surface of the forearm). The black lines correspond to the intermuscular borders:  
 1 – median nerve;  
 2 – medial epicondyle of the humerus;  
 3 – ulnar nerve;  
 4 – flexor carpi ulnaris;  
 5 – palmaris longus muscle;  
 6 – flexor carpi radialis;  
 7 – pronator teres

Выявлены некоторые особенности строения и прикрепления медиальной коллатеральной связки (МКС). Прежде всего, МКС является основным статическим стабилизатором локтевого сустава при вальгусных отклонениях и состоит из трех пучков: переднего, заднего и поперечного. При выполнении релиза лучевого сгибателя запястья передний пучок МКС подвержен максимальному риску повреждения. Связано это с очень близким расположением зон прикрепления лучевого сгибателя запястья и переднего пучка МКС на медиальном надмыщелке плечевой кости, а также их тесным контактом между собой на всем протяжении структурных волокон (рис. 5).

Мы рекомендуем следующий алгоритм артроскопического лечения пациентов с медиальным эпикондилитом: 1) формирование передне-латерального и проксимального медиального



**Рис. 5.** Область прикрепления лучевого сгибателя запястья к медиальному надмыщелку плечевой кости и топография медиальной коллатеральной связки локтевого сустава (правый локтевой сустав, вид спереди, поворот на 75°):

- 1 – круглый пронатор;
- 2 – медиальный надмыщелок плечевой кости;
- 3 – лучевой сгибатель запястья;
- 4 – задний пучок медиальной коллатеральной связки;
- 5 – поперечный пучок медиальной коллатеральной связки;
- 6 – передний пучок медиальной коллатеральной связки

**Figure 5.** The flexor carpi radialis attachment to the humerus medial epicondyle and the medial collateral ligament of the elbow joint topography (right elbow joint, front view 75° turn):  
 1 – pronator teres;  
 2 – medial epicondyle of the humerus;  
 3 – flexor carpi radialis;  
 4 – posterior bundle of the medial collateral ligament;  
 5 – transverse bundle of the medial collateral ligament;  
 6 – anterior bundle of the medial collateral ligament

артроскопических портов; 2) резекция капсулы локтевого сустава в проекции сухожильной части лучевого сгибателя запястья; 3) релиз лучевого сгибателя запястья между сухожилиями круглого пронатора и длинной ладонной мышцей. При этом важно находится в безопасной зоне, которая была определена в результате анатомо-топографической части исследования.

#### Функциональные результаты

Результаты по шкале MEPS до и через 1, 6 и 9 нед. после оперативного лечения пациентов обеих групп обобщены в таблице 2. Функциональные результаты через 9 нед. после операции у пациентов II группы оценены как отличные (90%) и хорошие (10%). Результаты пациентов I группы оценены как хорошие (100%) при отсутствии отличных.

Таблица 2

**Оценка функциональных результатов по шкале MEPS до и через 1, 6 и 9 недель после оперативного лечения, баллы**

Значение	Срок наблюдения							
	до операции		через 1 нед.		через 6 нед.		через 9 нед.	
	I группа	II группа	I группа	II группа	I группа	II группа	I группа	II группа
Медиана (25-й процентиль; 75-й процентиль)	54 (52;56)	54 (54;56)	70 (65;75)	75 (74;77)	75 (75;78)	79 (79;80)	82 (80;83)	94 (93;94)
Среднее значение (95% ДИ)	54,69 (53,62; 55,75)	55 (53,98; 56,02)	70,46 (68,69; 72,22)	75,34 (74,51; 76,18)	75,8 (75,03; 76,57)	78,54 (77,95; 79,13)	81,77 (81,13; 82,41)	92,66 (91,61; 93,70)
p (сравнение I и II групп)	0,6955		0,0001		0,0001		0,0001	

Таблица 3

**Оценка болевого синдрома по ВАШ до и через 1, 6 и 9 недель после оперативного лечения**

Значение	Срок наблюдения							
	до операции		через 1 нед.		через 6 нед.		через 9 нед.	
	I группа	II группа	I группа	II группа	I группа	II группа	I группа	II группа
Медиана (25-й процентиль; 75-й процентиль)	70 (60; 80)	70 (60; 80)	50 (50; 60)	40 (30; 50)	40 (40; 50)	10 (10; 20)	30 (30; 40)	0 (0; 0)
Среднее значение (95% ДИ)	71,43 (67,88; 74,98)	69,71 (66,23; 73,20)	55,14 (52,21; 58,07)	40,57 (37,69; 43,45)	45,43 (42,88; 47,98)	14 (12,29; 15,71)	34,29 (31,89; 36,68)	1,5 (0,46; 2,45)
p (сравнение I и II групп)	0,5607		0,0001		0,0001		0,0001	

Оценка болевого синдрома у пациентов обеих групп свидетельствует о выраженном и стойком снижении боли в отдаленном периоде по сравнению с предоперационным периодом. У пациентов группы II боль через 9 нед. после операции была менее выражена, чем у пациентов группы I (табл. 3).

Продолжительность операции в группе пациентов, прооперированных артроскопическим методом, сокращена на 50% — 43,03±1,49 мин. (группа I), 26,00±0,99 мин. (группа II) ( $p = 0,0001$ ).

**Обсуждение**

Медиальный эпикондилит плечевой кости встречается реже, чем латеральный. Частота встречаемости данной нозологии в популяции составляет 9,8–20% [11]. Однако его частота в последнее время увеличивается из-за постоянно нарастающих физических требований к верхней конечности в спорте, а также увеличения числа трудоемких видов деятельности на фоне старения населения [12].

Хирургический способ лечения пациентов с медиальным эпикондилитом показан при сохраняющимся болевом синдроме на фоне консервативной терапии в течение трех месяцев. У спортсменов высоких достижений оперативное лечение может быть выполнено без ожидания эффективности консервативной терапии [13].

Открытые методы лечения пациентов с данной нозологией позволяют получить хорошие функциональные результаты [13, 14, 15, 16]. Так, в одном из исследований авторы сообщили о результатах рассечения сухожилия через миниразрезы, выполненного у 41 пациента с медиальным или латеральным эпикондилитом после 6 мес. неэффективного консервативного лечения. Выраженность болевого синдрома по шкале ВАШ в предоперационном периоде составила 5,36 в состоянии покоя, 6,44 — при повседневной деятельности и 8,2 — при занятиях спортом или профессиональной деятельностью. После операции эти показатели улучшились до 0,3; 1,46 и 2,21 соответственно [17].

T.N. Alexandre с соавторами сообщили о результатах пересечения сухожилия с использованием переднелатерального и переднемедиального артроскопических портов при медиальном эпикондилите. В исследование было включено 7 пациентов (5 мужчин и 2 женщины). Средний возраст на момент операции составлял 50 лет (36–67 лет). Средняя продолжительность заболевания до операции составляла 2 года (от 6 мес. до 4 лет). Средняя продолжительность наблюдения — 17 мес. (6–48 мес.). Средний функциональный результат по шкале DASH составил 17 баллов (14–25), а выраженность боли по ВАШ 2 балла (1,5–3). После артроскопической процедуры существенных осложнений не наблюдалось. У всех пациентов наблюдалось улучшение [18].

Использование предложенной нами хирургической техники, включающей релиз сухожилия лучевого сгибателя через передний латеральный и проксимальный медиальный доступы, обеспечило успешные результаты лечения пациентов с медиальным эпикондилитом. Функциональный результат лечения пациентов через 9 нед. по шкале MEPS с использованием артроскопического способа оценен как отличный — среднее значение 92,66 (95% ДИ 91,61–93,70) против 81,77 (81,13; 82,41) у пациентов, которых прооперировали открытым методом. Предложенный способ также демонстрирует выраженное снижение боли.

Артроскопия локтевого сустава является технически сложной процедурой и предполагает потенциальные преимущества по сравнению с открытыми методами лечения при эпикондилитах плечевой кости. Лечение пациентов с латеральным эпикондилитом плечевой кости, по данным

мировой литературы, уделено много внимания [20–25]. Однако, исследования, посвященные артроскопическому лечению пациентов с медиальным эпикондилитом, встречаются крайне редко.

Одним из преимуществ артроскопического метода лечения является возможность приступить к ранней реабилитации, так как у пациентов, которым выполнялся артроскопический релиз лучевого сгибателя запястья, отмечается минимально выраженная послеоперационная боль. Эта практика приводит к более раннему возвращению к трудовой деятельности [26].

Причины неудач после открытого хирургического лечения медиального эпикондилита включают неполноценный релиз поврежденного сухожилия, пропущенную сопутствующую капсульную или связочную недостаточность и невропатию локтевого нерва [27, 28]. Преимущество предложенного артроскопического метода лечения заключается в том, что он позволяет выявить сопутствующую патологию и малотравматично выполнить полное удаление тканей с визуальными признаками дегенерации.

В отечественной и зарубежной литературе множество исследований, посвященных истории заболевания и результатам сравнения хирургических техник лечения, но всего в одном из них проведено клинко-анатомическое обоснование безопасности этапов артроскопического вмешательства [29]. Это может быть связано с близостью локтевого нерва и медиальной коллатеральной связки (МКС) к артроскопическим доступам и трудностью манипулирования в этих областях, что в комплексе делает артроскопическую санацию при медиальном эпикондилите небезопасной.

Наше исследование является первым, в котором описаны не только функциональные результаты артроскопического хирургического лечения медиального эпикондилита, но и этапы операции, а также технические приемы, которые позволяют добиться отличных функциональных результатов и максимально снизить возможные интраоперационные осложнения. Артроскопическая санация при медиальном эпикондилите может быть выполнена при соблюдении безопасного расстояния от локтевого нерва и МКС, а именно — при выполнении релиза лучевого сгибателя запястья между сухожилиями круглого пронатора и длинной ладонной мышцей важно находиться в «безопасной» зоне, которая располагается выше средней линии плечелоктевого сустава. Именно в этой зоне риск повреждения переднего пучка медиальной локтевой коллатеральной связки и локтевого нерва минимальный.

Все пациенты были довольны результатом операции, каждый из них в конечном итоге смог вернуться к прежней деятельности.

### Ограничение исследования

На результаты исследования могла повлиять небольшая выборка пациентов и относительно короткий срок наблюдения. Несмотря на эти ограничения, мы считаем, что выполненное исследование является клинически значимым.

### Заключение

На основании данных, полученных в настоящем исследовании, определено, что лечение пациентов с медиальным эпикондилитом по разработанной артроскопической методике позволяет значительно улучшить функциональное состояние пациентов, что, в свою очередь, позволяет повысить качество их жизни.

### Этика публикации

Пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

### Этическая экспертиза

Проведение исследования одобрено решением локального этического комитета.

### Литература [References]

- Morris H.J. Rider's sprain. *Lancet*. 1882;2:557.
- Descatha A., Leclerc A., Chastang J.F., Roquelaure Y. Study Group on Repetitive Work. Medial epicondylitis in occupational settings: prevalence, incidence and associated risk factors. *J Occup Environ Med*. 2003;45(9):993-1001. doi: 10.1097/01.jom.0000085888.37273.d9.
- McHardy A, Pollard H, Luo K. One-year follow-up study on golf injuries in Australian amateur golfers. *Am J Sports Med*. 2007;35(8):1354-1360. doi: 10.1177/0363546507300188.
- Nordander C., Ohlsson K., Akesson I., Arvidsson I., Balogh I., Hansson G.A. et al. Risk of musculoskeletal disorders among females and males in repetitive/constrained work. *Ergonomics*. 2009;52(10):1226-1239. doi: 10.1080/00140130903056071.
- Krischek O., Hopf C., Nafe B., Rompe J.D. Shock-wave therapy for tennis and golfer's elbow--1 year follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1999;119(1-2):62-66. doi: 10.1007/s004020050356.
- Zonno A., Manuel J., Merrell G., Ramos P., Akelman E., DaSilva M.F. Arthroscopic technique for medial epicondylitis: technique and safety analysis. *Arthroscopy*. 2010;26(5):610-616. doi: 10.1016/j.arthro.2009.09.017.
- Stahl S., Kaufman T. The efficacy of an injection of steroids for medial epicondylitis. A prospective study of sixty elbows. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(11):1648-1652. doi: 10.2106/00004623-199711000-00006.
- Szabo S.J., Savoie F.H. 3rd, Field L.D., Ramsey J.R., Hosemann C.D. Tendinosis of the extensor carpi radialis brevis: an evaluation of three methods of operative treatment. *J Shoulder Elbow Surg*. 2006;15(6):721-727. doi: 10.1016/j.jse.2006.01.017.
- Cho B.K., Kim Y.M., Kim D.S., Choi E.S., Shon H.C., Park K.J., Lee E.M. Mini-open muscle resection procedure under local anesthesia for lateral and medial epicondylitis. *Clin Orthop Surg*. 2009;1(3):123-127. doi: 10.4055/cios.2009.1.3.123.
- Gabel G.T., Morrey B.F. Medial epicondylitis. In: Morrey B.F. (ed). *The elbow and its disorders*. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia, PA: WB Saunders; 2000:537-542.
- Ciccotti M.G., Ramani M.N. Medial epicondylitis. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2003;7(4):190-196. doi: 10.1097/00130911-200312000-00010.
- Stahl S, Kaufman T. The efficacy of an injection of steroids for medial epicondylitis. A prospective study of sixty elbows. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(11):1648-1652. doi: 10.2106/00004623-199711000-00006.
- Ciccotti M.C., Schwartz M.A., Ciccotti M.G. Diagnosis and treatment of medial epicondylitis of the elbow. *Clin Sports Med*. 2004;23(4):693-705, xi. doi: 10.1016/j.csm.2004.04.011.
- Ciccotti M.G., Ramani M.N. Medial epicondylitis. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2003;7(4):190-196. doi: 10.1097/00130911-200312000-00010.
- Jobe F.W., Ciccotti M.G. Lateral and Medial Epicondylitis of the Elbow. *J Am Acad Orthop Surg*. 1994;2(1):1-8. doi: 10.5435/00124635-199401000-00001.
- Grana W. Medial epicondylitis and cubital tunnel syndrome in the throwing athlete. *Clin Sports Med*. 2001;20(3):541-548. doi: 10.1016/s0278-5919(05)70268-4.
- Cho B.K., Kim Y.M., Kim D.S., Choi E.S., Shon H.C., Park K.J. et al. Mini-open muscle resection procedure under local anesthesia for lateral and medial epicondylitis. *Clin Orthop Surg*. 2009;1(3):123-127. doi: 10.4055/cios.2009.1.3.123.
- do Nascimento A.T., Claudio G.K. Arthroscopic surgical treatment of medial epicondylitis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2017;26(12):2232-2235. doi: 10.1016/j.jse.2017.08.019.
- Pearl RE, Strickler SS, Schweitzer KM Jr. Lateral epicondylitis: a comparative study of open and arthroscopic lateral release. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2004;33(11):565-567.
- Nascimento A.T., Claudio G.K. Arthroscopic surgical treatment of recalcitrant lateral epicondylitis - A series of 47 cases. *Rev Bras Ortop*. 2016;52(1):46-51. doi: 10.1016/j.rboe.2016.03.008.
- Owens B.D., Murphy K.P., Kuklo T.R. Arthroscopic release for lateral epicondylitis. *Arthroscopy*. 2001;17(6):582-587. doi: 10.1053/jars.2001.20098.
- Королев С.Б., Качесов А.В., Носов О.Б. и др. Способ оперативного вмешательства при эпикондилите плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2011;(4): 114-117. doi: 10.21823/2311-2905-2011-4-114-117. Korolev S.B., Kachesov A.V., Nosov O.B., Klenin A.A., Abramnikov A.N. [The method of surgical treatment of humeral epicondylitis]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;(4):114-117. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2011-4-114-117.
- Cohen M.S., Romeo A.A. Open and arthroscopic management of lateral epicondylitis in the athlete. *Hand Clin*. 2009;25(3):331-338. doi: 10.1016/j.hcl.2009.05.003.
- Grewal R., MacDermid J.C., Shah P., King G.J. Functional outcome of arthroscopic extensor carpi radialis brevis tendon release in chronic lateral epicondylitis. *J Hand Surg Am*. 2009;34(5):849-857. doi: 10.1016/j.jhssa.2009.02.006.
- Amin N.H., Kumar N.S., Schickendantz M.S. Medial epicondylitis: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(6):348-355. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00145.
- Kurvers H., Verhaar J. The results of operative treatment of medial epicondylitis.

- J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(9):1374-1379. doi: 10.2106/00004623-199509000-00014.
27. Ollivierre C.O., Nirschl R.P., Pettrone F.A. Resection and repair for medial tennis elbow. A prospective analysis. *Am J Sports Med.* 1995;23(2):214-21. doi: 10.1177/036354659502300215.
28. Zonno A., Manuel J., Merrell G., Ramos P., Akelman E., DaSilva M.F. Arthroscopic technique for medial epicondylitis: technique and safety analysis. *Arthroscopy.* 2010;26(5):610-616. doi: 10.1016/j.arthro.2009.09.017.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Салихов Марсель Рамильевич* — канд. мед. наук, младший научный сотрудник, отделение лечения травм и их последствий, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: virus-007-85@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5706-481X>

*Шулепов Дмитрий Александрович* — канд. мед. наук, младший научный сотрудник, отделение лечения травм и их последствий, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: shulepov@front.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6297-0710>

*Злобин Олег Владимирович* — заведующий травматолого-ортопедическим отделением №15, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: zlo-oleg@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0769-8766>

*Дмитриева Надежда Николаевна* — врач травматолого-ортопед, СПб ГБУ «Детская городская больница № 2 Святой Марии Магдалины», г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: NadezdaNik86@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-7495-7281>

*Мидаев Али Илесович* — аспирант, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: midaewali@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-1998-0400>

## Заявленный вклад авторов

*Салихов М. Р.* — идея и дизайн исследования, лечение пациентов, сбор и обработка материала, оценка и интерпретация полученных данных и подготовка текста.

*Шулепов Д.А.* — лечение пациентов, обработка материала, оценка и интерпретация полученных данных.

*Злобин О.В.* — обработка материала, оценка и интерпретация полученных данных.

*Дмитриева Н.Н.* — обработка материала, оценка и интерпретация полученных данных.

*Мидаев А.И.* — лечение пациентов, обработка материала, оценка и интерпретация полученных данных.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## AUTHORS' INFORMATION:

*Marsel R. Salikhov* — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: virus-007-85@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5706-481X>

*Dmitry A. Shulepov* — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: shulepov@front.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6297-0710>

*Oleg V. Zlobin* — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: zlo-oleg@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0769-8766>

*Nadezhda N. Dmitrieva* — St. Mary Magdalene Children's City Hospital No. 2, St. Petersburg, Russia  
e-mail: NadezdaNik86@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-7495-7281>

*Ali I. Midaev* — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: midaewali@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-1998-0400>



Научная статья  
УДК 616-022-08:616-74  
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-54-64>

## Влияние комбинации ванкомицина с препаратом серебра на длительность антимикробной активности костного цемента и формирование биопленки штаммом MRSA

С.А. Божкова<sup>1</sup>, Е.М. Гордина<sup>1</sup>, М.А. Марков<sup>2</sup>, А.В. Афанасьев<sup>1</sup>, В.А. Артюх<sup>1</sup>,  
К.В. Малафеев<sup>3</sup>, Е.М. Иванькова<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет)», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУН «Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Локальная профилактика перипротезной инфекции и лечение инфекционных осложнений после протезирования различных суставов включает применение спейсеров на основе полиметилметакрилата, импрегнированных антимикробными средствами. Вносимые компоненты способны изменять характеристики костного цемента и оказывать антимикробное действие различной длительности. **Цель исследования** — оценить длительность антимикробной активности и влияние на формирование биопленки MRSA ATCC 43300 образцов костного цемента с гентамицином, импрегнированных ванкомицином и/или высокодисперсным серебром. **Материал и методы.** Образцы готовили из костного цемента DePuy CMW 1 Gentamicin и смешивали с ванкомицином и/или высокодисперсным серебром. Элементный состав исследовали методами сканирующей электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа. Изучение длительности антимикробной активности выполняли путем нанесения суточного инкубационного раствора с образцами на поверхность бактериального газона. Оценка влияния на биопленкообразование осуществляли путем погружения тестируемых образцов в LB-бульон с MRSA. **Результаты.** Контрольные образцы не обладали антимикробной активностью (АМА) в отношении MRSA ATCC 43300. Опытные образцы, дополнительно содержащие 10 масс.% ванкомицина, были эффективны в течение 9 суток. При добавлении высокодисперсного серебра регистрировали удлинение времени активности образцов. Так, при внесении 2,5 масс.% высокодисперсного серебра длительность АМА составила 21 сут., а при увеличении до 10 масс.% — 34 сут. Энергодисперсионный анализ поверхности образца с 10 масс.% ванкомицина и высокодисперсного серебра показал, что в структуре скелетного типа присутствует матричный компонент на основе сульфата бария с включениями серебра. При изучении влияния образцов на биопленкообразование типového штамма не выявлено статистически значимых различий между оптической плотностью экстрактов генцианвиолета в отрицательном контроле и в среде с MRSA. **Заключение.** Комбинация ванкомицина с высокодисперсным серебром пролонгировала антимикробную активность образцов в отношении MRSA ATCC 43300 и препятствовала формированию микробных биопленок на его поверхности. Несмотря на то, что условия проведенного эксперимента *in vitro* не являются тождественными условиям клинического применения антимикробных спейсеров из костного цемента, полученные нами результаты свидетельствуют о необходимости применять спейсеры с известной продолжительностью антимикробной активности и соблюдать сроки замены временных конструкций.

**Ключевые слова:** перипротезная инфекция, биопленкообразование, MRSA, костный цемент, серебро, ванкомицин.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Божкова С.А., Гордина Е.М., Марков М.А., Афанасьев А.В., Артюх В.А., Малафеев К.В., Иванькова Е.М. Влияние комбинации ванкомицина с препаратом серебра на длительность антимикробной активности костного цемента и формирование биопленки штаммом MRSA. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):54-64. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-54-64>.

**Cite as:** Bozhkova S.A., Gordina E.M., Markov M.A., Afanasyev A.V., Artyukh V.A., Malafeev K.V., Ivan'kova E.M. [The Effect of Vancomycin and Silver Combination on the Duration of Antibacterial Activity of Bone Cement and Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus Biofilm Formation]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):54-64. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-54-64>.

Гордина Екатерина Михайловна / Ekaterina M. Gordina; e-mail: emgordina@win.niito.ru

Рукопись поступила/Received: 30.04.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 04.06.2021.

© Божкова С.А., Гордина Е.М., Марков М.А., Афанасьев А.В., Артюх В.А., Малафеев К.В., Иванькова Е.М., 2021

## The Effect of Vancomycin and Silver Combination on the Duration of Antibacterial Activity of Bone Cement and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Biofilm Formation

Svetlana A. Bozhkova<sup>1</sup>, Ekaterina M. Gordina<sup>1</sup>, Mikhail A. Markov<sup>2</sup>, Alexander V. Afanasyev<sup>1</sup>, Vasily A. Artyukh<sup>1</sup>, Konstantin V. Malafeev<sup>3</sup>, Elena M. Ivan'kova<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State Institute of Technology, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

<sup>4</sup> Institute Of Macromolecular Compounds Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

### Abstract

**Background.** Local prevention of periprosthetic infection and treatment of infectious complications after various joints arthroplasties includes the use of polymethylmethacrylate-based spacers impregnated with antimicrobial agents. At the same time, the added components are able to change the bone cement characteristics and have variable antimicrobial effect duration. **The aim of the study** was to evaluate the duration of antimicrobial activity and the effect on the MRSA ATCC 43300 biofilm formation on bone cement samples with gentamycin impregnated with vancomycin and/or highly dispersed silver. **Materials and Methods.** Samples were made from bone cement DePuy CMW 1 Gentamicin and mixed with vancomycin and/or highly dispersed silver. The elemental composition was studied by scanning electron microscopy and micro-X-ray spectral analysis. The study of the antimicrobial activity duration was performed by daily applying an incubation solution with samples to the bacterial lawn surface. The effect on biofilm formation was evaluated by immersing the test samples in LB-broth with MRSA. **Results.** The control samples did not have antimicrobial activity (AMA) against MRSA ATCC 43300. Test samples, additionally containing 10 wt.% of vancomycin was effective for 9 days. When adding highly dispersed silver, the lengthening of the samples activity time was recorded. So, when applying 2 .5 wt.% of highly dispersed silver, the duration of AMA was 21 days, and when increased to 10 wt.% — 34 days. Energy-dispersion analysis of the sample surface with 10 wt.% of vancomycin and highly dispersed silver showed that the skeletal structure type contains matrix component based on barium sulfate with silver inclusions. During the study of the samples effect on a typical strain biofilm formation, no statistically significant differences were found between the optical density of gentian violet extracts in the negative control and in the medium with MRSA. **Conclusion.** The vancomycin with highly dispersed silver combination prolonged the antimicrobial activity of the samples against MRSA ATCC 43300 and effectively prevented the formation of microbial biofilms on its surface. Despite the fact that the conditions of the conducted experiment in vitro are not identical to the conditions of bone cement antimicrobial spacers clinical use, our results indicate the need to use spacers with a known duration of antimicrobial activity and to comply with the terms of temporary structures replacement.

**Key words:** periprosthetic joint infection, biofilm formation, MRSA, bone cement, silver, vancomycin.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

Существование микробов в виде биопленок является естественным процессом, обеспечивающим их выживание. Биопленки образованы микробными сообществами, которые встроены в самостоятельно продуцируемую матрицу внеклеточных полимерных веществ (extracellular polymeric substances) [1]. Матрикс, в свою очередь, объединяет бактериальные клетки в единую систему и выполняет структурно-образующую функцию [2].

Бактериальные биопленки являются значительной проблемой хирургов в лечении инфекций, связанных с имплантатами, поэтому удаление

биопленок с имплантата и связанной с ним некротической ткани имеет первостепенное значение для успешной санации микробного очага [2]. Более того, достаточная концентрация антибиотиков при системном введении препаратов или применении местной антибиотикотерапии позволяют осуществить эрадикацию планктонных форм возбудителей, однако этого недостаточно в отношении микрокластеров, остающихся после удаления биопленок [3]. Рассеивание биопленочных микроорганизмов позволяет персистировать источнику бактериальной популяции, устойчивой к различным антимикробным агентам, а также

к иммунным факторам, обеспечивать непрерывную микробную диссеминацию в различные локусы организма, приводя к хронизации инфекционного процесса и возможным рецидивам инфекции в течение неограниченного времени.

Представители рода *Staphylococcus* являются одними из основных возбудителей перипротезной инфекции (ППИ) с широким набором факторов патогенности и персистенции. *Staphylococcus aureus* способен к внутриклеточному существованию во многих клетках костной ткани, включая остеобласты, остеокласты и остеоциты, а в случае системной инфекции — в иммунных клетках (клетки Купфера, макрофаги) [2, 3]. Наиболее проблемными и затратными для лечения являются инфекции, вызванные метициллин-резистентными *S. aureus* (MRSA). В травматолого-ортопедических отделениях нашей страны устойчивость к метициллину выявлена у 42,1% изолятов *S. aureus* [5]. Существующие в настоящее время антибактериальные препараты (линезолид, даптомицин, клиндамицин, цефтаролин, тедизолид, оритаванцин и другие) обеспечивают альтернативные методы лечения патогенов с множественной лекарственной устойчивостью, однако ванкомицин по-прежнему остается антибиотиком первого выбора в большинстве стран при MRSA-инфекции [6, 7].

Для локальной профилактики возникновения ППИ и лечения инфекционных осложнений после протезирования различных суставов применяют спейсеры на основе полиметилметакрилата (ПММА), импрегнированные антимикробными средствами [8, 9, 10]. Готовый коммерческий костный цемент содержит в своем составе тобрамицин, гентамицин и ряд других препаратов. В.А. Конев с соавторами в эксперименте *in vivo* показали, что образцы готового костного цемента, содержащего гентамицин в количестве 4,22 масс.%, утрачивали свою антимикробную активность (АМА) через 1–2 сут. и без импрегнации дополнительным антибиотиком оказались малоэффективными. В свою очередь внесение 10 масс.% фосфомицина позволило пролонгировать антимикробную активность образцов до нескольких недель в отношении *S. aureus* ATCC 6538 [11]. G. Gasparini с соавторами регистрировали элюцию меронема из костного цемента в течение 21 суток [12]. Д.В. Тапальский с соавторами установили, что композитные покрытия, имеющие в составе ципрофлоксацин, а также комбинацию серебра и ципрофлоксацина, полностью предотвращали образование биопленок *S. aureus* и *Pseudomonas aeruginosa* [13]. Также выявлено, что ионы серебра характеризуются антиадгезивным действием и препятствуют образованию биопленок на поверхности спейсера из ПММА [14]. К. Kalishwaralal с соавторами продемонстрировали, что наночастицы серебра в концентрации

100 нМ почти полностью предотвращали биопленкообразование *S. epidermidis* [15]. Возможно, добавление в состав спейсера высокодисперсного серебра пролонгирует высвобождение действующего вещества в перипротезную область в течение значительного периода времени.

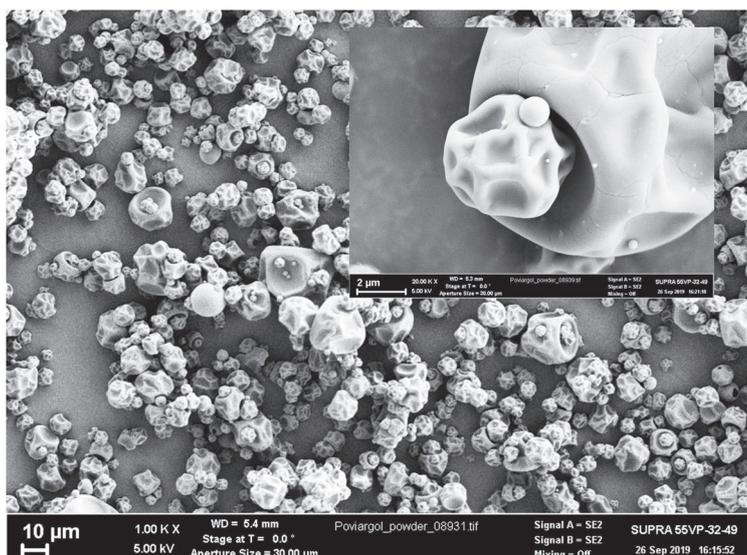
**Цель исследования** — оценить длительность антимикробной активности и влияние на формирование биопленки MRSA ATCC 43300 образцов костного цемента с генатмицином, импрегнированных ванкомицином и/или высокодисперсным серебром.

### Материал и методы

Контрольные образцы готовили из коммерческого костного цемента на основе полиметилметакрилата (ПММА) DePuy CMW 1 Gentamicin (DePuy Synthes), содержащего 4,22% гентамицина (КЦ-гента), без внесения дополнительного антибиотика. Выбор костного цемента с гентамицином для приготовления контрольных образцов обусловлен высокой частотой его использования в ортопедии в сравнении с цементом без внесения антибактериальных препаратов. Для получения опытных образцов в асептических условиях 40 г сухого вещества смешивали с соответствующим количеством дополнительного ванкомицина (Эльфа Lab, Индия) и/или высокодисперсного серебра Повиаргол (Технолог, Россия). Повиаргол представляет собой порошок темно-зеленого цвета, полученный распылительной сушкой и состоящий из высокодисперсных наночастиц серебра, стабилизированных поливинилпирролидоном (ПВП). Частицы Повиаргола, полученные распылительной сушкой, имеют округлую форму и напоминают сдутый мяч. Размер частиц составляет от 2 до 16 мкм (рис. 1).

Полученную сухую смесь перемешивали с необходимым количеством мономера и формировали образцы необходимой формы. Состав тестируемых образцов представлен в таблице 1.

Для определения длительности антимикробной активности (АМА) в отношении *S. aureus* ATCC 43300 (MRSA) готовили стандартные бусины диаметром 9 мм и весом 0,4 г (рис. 2). Вещества для импрегнации в виде порошка сначала вручную смешивали с сухой частью костного цемента, а потом в полученную часть вносили раствор метилметакрилата и тщательно все перемешивали до получения однородной массы, из которой с помощью силиконовой формы формировали бусины. Морфологию (равномерность распределения компонентов) и элементный состав образцов костного цемента, содержащего Вд-Аg, исследовали методами сканирующей электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа на исследовательском комплексе TESCAN Vega.



**Рис. 1.** Микрофотографии частиц Повиаргола (сканирующая электронная микроскопия)

**Figure 1.** Micrographs of Poviargolum particles (scanning electron microscopy)

Таблица 1

**Состав тестируемых образцов костного цемента**

Компонент	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
ПММА с 4,22% гентамицина	+	+	+	+	+
Ванкомицин	-	10 масс.%	-	10 масс.%	10 масс.%
Высокодисперсное серебро с ПВП (ВД-Ag)	-	-	10 масс.%	2,5 масс.%	10 масс.%

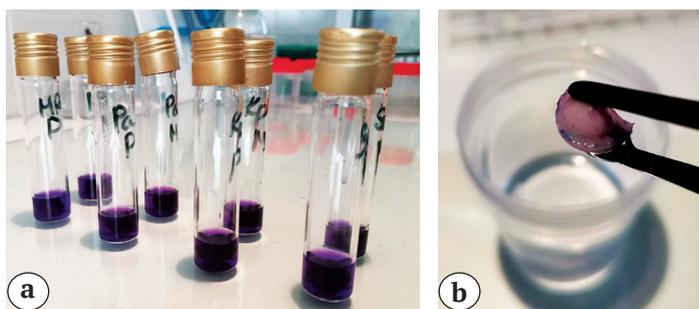


**Рис. 2.** Бусины, сформированные из костного цемента

**Figure 2.** Bone cement beads

Каждый образец (в трех повторностях) помещали в отдельную стерильную пробирку, содержащую 3 мл 0,9% NaCl, и инкубировали в течение суток при температуре 37°C. Пробирки фиксировали в шейкере (Orbital Shaker-Incubator ES-20, Biosan) 50 об/мин. На следующие сутки образец переносили в новую пробирку со свежим физиологическим раствором и продолжали инкубировать в прежних условиях. Взвесь бактерий (0,5 McF) заседали на поверхность агара Мюллера-Хинтона (Oxoid, Англия). После каждых суток инкубации 10 мкл инкубационного раствора наносили в дубликатах на готовый бактериальный газон и инкубировали при 37°C 24 ч. Об антимикробной активности судили по наличию зоны подавления роста бактериальной культуры. Процедуру повторяли до потери образцом АМА.

Биопленки на поверхности костного цемента формировали путем погружения тестируемых образцов в 3 мл питательной среды (LB-бульон), содержащей  $1 \times 10^7$  КОЕ/мл MRSA, контрольные — в стерильный LB-бульон. Инкубировали при температуре 37°C в течение 72 ч., после чего планктонную культуру удаляли, образцы дважды промывали фосфатным буфером (DPBS) и высушивали. Каждый образец помещали на 20 мин. в 1 мл 0,1% раствора кристаллического фиолетового. Краситель сливали, а образец двукратно промывали DPBS (рис. 3).



**Рис. 3.** Методика окраски сформированных 72-часовых биопленок MRSA на поверхности образцов костного цемента:

а – тестируемые образцы в 1 мл красителя; б – бусина костного цемента с гентамицином и ванкомицином (образец 1) после окраски и промывки

**Figure 3.** Method of staining formed 72-hour MRSA biofilms on the surface of bone cement samples: a – test samples in 1 ml of dye; b – bone cement bead with gentamicin and vancomycin (sample 1) after staining and washing

Для экстракции связанного красителя бусины костного цемента помещали в 1 мл 96% этанола и выдерживали 30 мин. Биомассу сформированных пленок оценивали по оптической плотности полученных экстрактов при 570 нм на спектрофотометре SPECTROstar Nano (BMG Labtech, Германия). Аналогичным способом изучали биопленкообразование MRSA на образцах костного цемента по окончании действия их антимикробной активности.

Электронные микрофотографии получены с помощью сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss Supra-55 (Германия). Морфологию и элементный состав материала исследовали методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и микрорентгеноспектрального анализа на исследовательском комплексе TESCAN Vega.

### Статистический анализ

Полученные данные анализировали с использованием программы Statistica for Windows (версия 13). Данные в таблицах представлены в виде средней величины значения оптической плотности ± ошибка среднего ( $M \pm m$ ). Оценку нормальности распределения значений выполняли количествен-

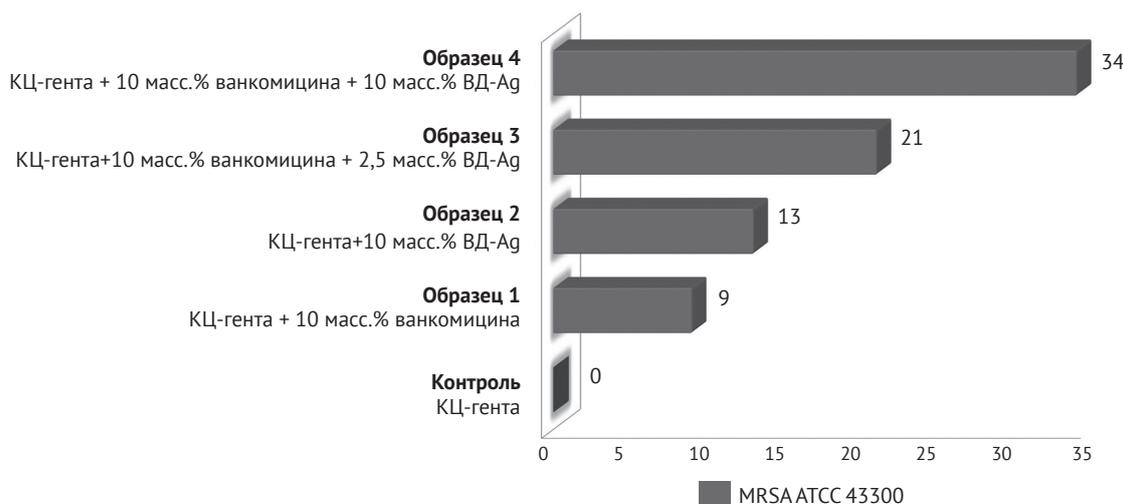
ным методом Шапиро–Уилка (W-тест), а наличие статистической значимости различий – при помощи *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимыми принимали значения  $p < 0,05$ .

### Результаты

Длительность антимикробной активности опытных и контрольных образцов в отношении MRSA ATCC 43300 представлена на рисунке 4.

Контрольные образцы гентамицин-содержащего костного цемента не обладали антимикробной активностью в отношении MRSA ATCC 43300. Опытные образцы, дополнительно содержащие 10 масс.% ванкомицина, демонстрировали АМА в течение 9 сут. При внесении в КЦ-гента ВД-Аг регистрировали значительное удлинение времени АМА образцов 3 и 4: при добавлении 2,5 масс.% ВД-Аг длительность АМА составила 21 сутки, а при увеличении до 10 масс.% – 34 сут.

Энергодисперсионный анализ поверхности КЦ-гента с добавлением 10 масс.% ванкомицина и ВД-Аг в поперечном сечении показал, что в структуре скелетного типа присутствует матричный компонент на основе сульфата бария с включениями серебра (рис. 5). Также в отдельных зонах

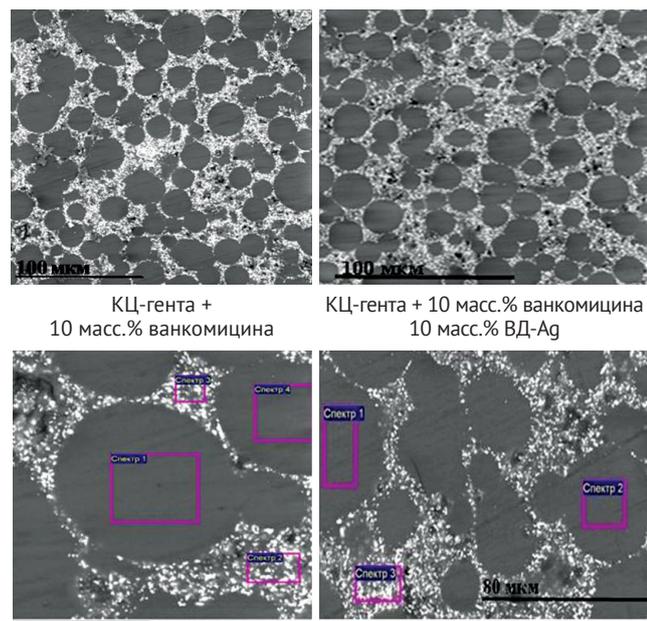


**Рис. 4.** Длительность антимикробной активности образцов костного цемента, сут.

**Figure 4.** Duration of bone cement samples antimicrobial activity, days

определено незначительное количество хлора, который может быть химически связан с серебром (табл. 2). Следует отметить равномерное распределение высокодисперсных частиц серебра в объеме исследуемого образца. В структуре материала обнаруживаются отдельные дефекты в виде пор диаметром не более 5 мкм.

В последующем изучено биопленкообразование типового штамма MRSA на поверхности образцов импрегнированного костного цемента (табл. 3).



Статистически значимых различий между оптической плотностью экстрактов генцианвиолета в стерильной питательной среде и в опыте 1 с типовым штаммом MRSA не выявлено. В соответствии с представленными данными можно говорить об эффективном противобиопленочном действии костного цемента, импрегнированного антибиотиками и/или высокодисперсным серебром.

Установлена тенденция к увеличению восприимчивости образцов к красителю, что проявляется повышением оптической плотности в отрицательном контроле и в опыте 1 с увеличением массовой доли добавленных в костный цемент веществ: минимальные значения у образцов КЦ-гента, максимальные — у образцов, импрегнированных 10 масс.% ванкомицина и 10 масс.% ВД-Аг. Можно предположить, что это связано с увеличением пористости материала, что косвенно подтверждается максимальной продолжительностью антимикробной активности образцов КЦ 3 и 4, содержащих антибиотик и ВД-Аг.

**Рис. 5.** Микроскопическое исследование образца КЦ-гента в поперечном сечении. Общий вид структуры и спектральный анализ в отдельных участках поверхности

**Figure 5.** Microscopic examination of the gentamicin sample cross-section. General view of the structure and spectral analysis in individual areas of the surface

Таблица 2

**Распределение элементов по спектрам**

Спектр	Элементный состав, вес. %				
	O	S	Cl	Ag	Ba
<b>КЦ-гента+10 масс.% ванкомицина</b>					
1	80,14	4,57	–	–	15,28
2	55,64	9,72	–	–	34,64
3	51,62	11,01	–	–	37,37
4	79,72	4,45	–	–	15,83
<b>КЦ-гента+10 масс.% ванкомицина 10 масс.% ВД-Аг</b>					
1	77,83	4,58	–	–	17,59
2	77,06	4,90	–	–	18,04
3	57,44	7,91	1,37	4,05	29,23

Таблица 3

**Биомасса 72-часовых биопленок MRSA ATCC 43300 на поверхности импрегнированного костного цемента (единицы оптической плотности)**

Образец	K(-)	Опыт 1	$p_1$	Опыт 2	$p_2$
КЦ-гента	0,066±0,002	0,070±0,003	0,318	0,078±0,001	0,053
КЦ-гента + 10 масс.% ванкомицина	0,110±0,004	0,110±0,002	1,000	0,310±0,012	<0,001
КЦ-гента + 10 масс.% ВД-Ag	0,120±0,005	0,116±0,002	0,491	0,376±0,005	<0,001
КЦ-гента+10 масс.% ванкомицина + 2,5 масс.% ВД-Ag	0,137±0,017	0,118±0,007	0,349	0,280±0,016	<0,001
КЦ-гента + 10 масс.% ванкомицина + 10 масс.% ВД-Ag	0,208±0,010	0,173±0,045	0,482	0,368±0,004	0,008

K(-) — отрицательный контроль со стерильной питательной средой; Опыт 1 — опыт со свежеприготовленными образцами КЦ; Опыт 2 — опыт с образцами после прекращения их антимикробной активности;  $p_1$  — статистическая значимость различий результатов опытов K(-) и O1;  $p_2$  — статистическая значимость различий результатов опытов 1 и 2.

**Обсуждение**

Способность MRSA к адгезии и биопленкообразованию приводит к низкой эффективности лечения за счет устойчивости патогена к антибиотикам и факторам иммунной защиты организма [4]. Ключевым моментом является предупреждение формирования зрелой биопленки — иными словами, микробного очага. При первичном эндопротезировании первая линия «обороны» — это противомикробные препараты в качестве периоперационной профилактики, цель которой — предупреждение адгезии микробных клеток на устанавливаемых имплантатах. В случае выполнения санлирующей операции с установкой антимикробного спейсера пациенту с перипротезной инфекцией или остеомиелитом, помимо восполнения костного дефекта, играет роль локального депо антибиотика, которое должно обеспечивать создание эффективной концентрации антимикробного препарата до реимплантации эндопротеза. Несмотря на то, что в настоящее время есть два подхода к продолжительности периода между этапами оперативного лечения (длительный интервал — более 8 нед. и короткий — 2–4 нед.), в большинстве случаев удаление спейсера и реимплантацию эндопротеза выполняют не ранее чем через 6 нед. после радикальной хирургической обработки инфекционного очага [16]. Для полной эрадикации возбудителя в очаге инфекции очень важно, чтобы спейсер перманентно и равномерно высвобождал антибиотик в количестве, превышающем минимальные подавляющие концентрации (МПК) возбудителей до реимплантации протеза. При этом в ряде исследований показано, что малые концентрации высвобождающихся антибиотиков не препятствуют формированию микробных био-

пленок на цементном спейсере, что ведет к персистирующему характеру инфекции [17]. Известно также, что антимикробные свойства спейсера зависят от типа вносимого антибиотика, состава средств для импрегнации, способа смешивания и других характеристик самого костного цемента [18]. При добавлении доз антибиотиков, превышающих 2 г на 40 г цемента, зарегистрировано некоторое снижение прочностных свойств [11, 19, 20], что не является критичным при двухэтапном методе лечения, когда установленный антимикробный спейсер является временной конструкцией. J. Martínez-Moreno с соавторами выявили, что добавление менее 5% антибиотика не приводило к значительному ухудшению механических свойств цемента [21].

Необходимо отметить, что прочность импрегнированного костного цемента существенно зависит от его марки. Так, A.R. Bishop с соавторами установили выраженное снижение модуля сжатия при добавлении ванкомицина в Palacos®R [20]. A. Lilikakis и M.P.F. Sutcliffe показали, что все образцы цемента Palamed G и Coral, несмотря на добавление до 10% ванкомицина, превышали стандарт ISO по минимальной прочности на сжатие. При этом авторы отметили необходимость тщательного перемешивания цемента, т.к. неоднородность материала может снизить прочность на сжатие [22]. В нашем исследовании смешивание порошков ванкомицина и ВД-Ag с сухой частью костного цемента позволило достичь равномерного распределения серебра в тестируемых образцах.

Исследования длительности высвобождения антибактериальных препаратов из КЦ показали, что большая часть антибиотика вымывается в первые трое суток после имплантации, а созда-

ваемые в последующем локальные концентрации не достигают МПК [23]. Тестируемые нами образцы импрегнированного костного цемента характеризовались различной длительностью высвобождения активных противомикробных веществ и АМА, при этом контрольные образцы КЦ с гентамицином не оказали бактерицидного действия на типовой штамм MRSA. Импрегнация КЦ комбинацией ванкомицина с ВД-Аг оказывала более пролонгированный бактерицидный эффект, особенно в концентрации 4 г на 40 г сухого вещества — 34 сут. Также комбинация ВД-Аг с ванкомицином обеспечивала антибиопленочный эффект.

В своем исследовании А. Hashimoto с соавторами показали синергидный эффект наночастиц серебра и ванкомицина в отношении биопленкообразования MRSA. По мнению авторов, активность антимикробных компонентов реализуется на ранних стадиях биопленкообразования — в тот момент, когда биопленка относительно нестабильна и наименее устойчива к действию антибиотиков [24]. J. Slane с соавторами изучали антимикробные свойства костного цемента с наночастицами серебра в концентрациях до 1 масс.% и установили, что образцы не характеризовались антимикробным действием в отношении золотистых стафилококков, однако был выявлен антибиопленочный эффект у данных образцов [14].

Минимальное количество микробной биомассы получено нами на контрольных образцах, приготовленных из коммерческого цемента без дополнительной импрегнации, несмотря на отсутствие их бактерицидной активности в отношении типового штамма MRSA. При этом установленное значительное увеличение оптической плотности экстрактов красителя в опыте с потерявшими АМА опытными образцами может быть следствием не только увеличения микробной биомассы на поверхности материала, но и большего насыщения красителем пор цемента после вымывания оттуда импрегнирующих веществ, что требует дальнейших исследований. По-видимому, данные проявления обусловлены увеличением пористости опытных образцов к концу эксперимента.

Наше предположение подтверждают научные публикации об увеличении пористости костного цемента при его дополнительной импрегнации. К примеру, S. Kim с соавторами с помощью СЭМ показали, что увеличение концентрации ванкомицина с 0,25 до 2 г на 40 г цемента Simplex P увеличивает размер пор в тестируемых образцах [19]. Увеличение пористости костного цемента положительно сказывалось на длительности элюции антибиотика, в связи с чем ранее предлагали использовать декстран и глицин в качестве наполни-

телей пространства для получения более пористого материала [25, 26]. M. Nugent с соавторами также показали, что следствием добавления раствора ксилитола было увеличение пористости костного цемента и элюции антимикробных препаратов [27]. Используемый нами препарат, помимо частиц высокодисперсного металлического серебра, содержит низкомолекулярный поливинилпирролидон, который, вероятнее всего, и способствовал дополнительному порообразованию.

### Ограничения исследования

Ограничением выполненного исследования можно считать недостаток данных о кинетике высвобождения ванкомицина из тестируемых образцов. Регистрацию ежесуточной элюции антибиотика выполняют методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, которая позволяет количественно регистрировать динамику выхода препарата из костного цемента и определять эффективные концентрации, превышающие МИК патогенов. Ограничением является отсутствие результатов бактериологического исследования соникационной жидкости, полученной при УЗ-обработке образцов с микробной биопленкой на поверхности и подсчетом КОЕ. В дальнейшем необходимо получить данные о длительности антимикробной активности образцов с комбинацией ванкомицина и препаратом серебра в отношении различных штаммов и видов бактерий, а также изучить механические характеристики опытных образцов костного цемента.

### Заключение

Применение комбинации ванкомицина с ВД-Аг обеспечило существенное пролонгирование (до 34 сут.) антимикробной активности образцов костного цемента, которая эффективно препятствовала формированию микробных биопленок на поверхности. Увеличение пористости вследствие вымывания импрегнированных веществ по окончании антимикробной активности образцов, возможно, приводит к большому риску формирования на такой поверхности микробной биопленки. Несмотря на то, что условия проведенного эксперимента *in vitro* не являются тождественными условиям клинического применения антимикробных спейсеров из костного цемента на основе ПММА, полученные нами результаты в совокупности с результатами представленных научных публикаций свидетельствуют о необходимости применять спейсеры с известной продолжительностью антимикробной активности и соблюдать сроки замены временных конструкций на постоянные эндопротезы.

**Литература [References]**

- Flemming H.C., Wingender J., Szewzyk U., Steinberg P., Rice S., Kjelleberg S. Biofilms: an emergent form of bacterial life. *Nat Rev Microbiol.* 2016;14(9):563-575. doi: 10.1038/nrmicro.2016.94.
- Crabbe A., Jensen P.O., Bjarnsholt T., Coenye T. Antimicrobial Tolerance and Metabolic Adaptations in Microbial Biofilms. *Trends Microbiol.* 2019;27(10):850-863. doi: 10.1016/j.tim.2019.05.003.
- Arciola C.R., Campoccia D., Montanaro L. Implant infections: adhesion, biofilm formation and immune evasion. *Nat Rev Microbiol.* 2018;16(7):397-409. doi: 10.1038/s41579-018-0019-y.
- Lamret F., Colin M., Mongaret C., Gangloff S.C., Reffuveille F. Antibiotic Tolerance of *Staphylococcus aureus* Biofilm in Periprosthetic Joint Infections and Antibiofilm Strategies. *Antibiotics (Basel).* 2020;9(9):547. doi: 10.3390/antibiotics9090547.
- Божкова С.А., Касимова А.Р., Тихилов Р.М., Полякова Е.М., Рукина А.Н., Шабанова В.В. и др. Неблагоприятные тенденции в этиологии ортопедической инфекции: результаты 6-летнего мониторинга структуры и резистентности ведущих возбудителей. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(4):20-31. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-20-31. Bozhkova S.A., Kasimova A.R., Tikhilov R.M., Polyakova E.M., Rukina A.N., Shabanova V.V. et al. [Adverse Trends in the Etiology of Orthopedic Infection: Results of 6-Year Monitoring of the Structure and Resistance of Leading Pathogens]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(4):20-31. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-20-31.
- Boswihi S.S., Udo E.E. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: an update on the epidemiology, treatment options and infection control. *J Curr Med Res Pract.* 2018;8(1):18-24. doi: 10.1016/j.cmrp.2018.01.001.
- Wong M., Chapman M.G., Malhotra S., Mirzanejad Y., Deans G.D. Experience with high dose once-daily vancomycin for patients with skin and soft-tissue infections in an ambulatory setting. *Open Forum Infect Dis.* 2017;4(Suppl 1):338. doi: 10.1093/ofid/ofx163.806.
- Buchholz H.W., Engelbrecht H. Depot effects of various antibiotics mixed with Palacos resins. *Chirurg.* 1970;41(11):511-515.
- Durbhakula S.M., Czajka J., Fuchs M.D., Uhl R.L. Spacer endoprosthesis for the treatment of infected total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2004;19(6):760-767. doi: 10.1016/j.arth.2004.02.037.
- Joseph T.N., Chen A.L., Di Cesare P.E. Use of antibiotic-impregnated cement in total joint arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2003;11(1):38-47. doi: 10.5435/00124635-200301000-00006.
- Конев В.А., Божкова С.А., Нетьлько Г.И., Афанасьев А.В., Румакин В.П., Полякова Е.М. и др. Результаты применения фосфомицина для импрегнации остеозамещающих материалов при лечении хронического остеомиелита. *Травматология и ортопедия России.* 2016;22(2):43-56. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-43-56. Konev V.A., Bozhkova S.A., Netylko G.I., Afanasiev A.V., Rumakin V.P., Polyakova E.M. et al. [Results of the fosfomycin application for the impregnation of bone replacement materials in the treatment of chronic osteomyelitis]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;22(2):43-56. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-43-56.
- Gasparini G., De Gori M., Calonego G., Della Bora T., Caroleo B., Galasso O. Drug elution from high-dose antibiotic-loaded acrylic cement: a comparative, in vitro study. *Orthopedics.* 2014;37(11):e999-1005. doi: 10.3928/01477447-20141023-57.
- Тапальский Д.В., Осипов В.А., Сухая Г.Н., Ярмоленко М.А., Рогачев А.А., Рогачев А.В. биосовместимые композиционные антибактериальные покрытия для защиты имплантатов от микробных биопленок. *Проблемы здоровья и экологии.* 2013;(2):129-134. Tapalskiy D.V., Osipov V.A., Sukhaya G.N., Yarmolenko M.A., Rogachiov A.A., Rogachiov A.V. [Biocompatible composite antibacterial coatings for protection of implants against microbial biofilms]. *Problemy zdorov'a i ekologii* [Health and Ecology Issues]. 2013;(2):129-134. (In Russian).
- Slane J., Vivanco J., Rose W., Ploeg H.L., Squire M. Mechanical, material, and antimicrobial properties of acrylic bone cement impregnated with silver nanoparticles. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2015;48:188-196. doi: 10.1016/j.msec.2014.11.068.
- Kalishwaralal K., BarathManiKanth S., Pandian S.R., Deepak V., Gurunathan S. Silver nanoparticles impede the biofilm formation by *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus epidermidis*. *Colloids Surf B Biointerfaces.* 2010;79(2):340-344. doi: 10.1016/j.colsurfb.2010.04.014.
- Karczewski D., Winkler T., Renz N., Trampuz A., Lieb E., Perka C. et al. A standardized interdisciplinary algorithm for the treatment of prosthetic joint infections. *Bone Joint J.* 2019;101-B(2):132-139. doi: 10.1302/0301-620X.101B2.BJJ-2018-1056.R1.
- Bertazzoni Minelli E., Della Bora T., Benini A. Different microbial biofilm formation on polymethylmethacrylate (PMMA) bone cement loaded with gentamicin and vancomycin. *Anaerobe.* 2011;17(6):380-383. doi: 10.1016/j.anaerobe.2011.03.013.
- Rava A., Bruzzone M., Cottino U., Enrietti E., Rossi R. Hip Spacers in Two-Stage Revision for Periprosthetic Joint Infection: A Review of Literature. *Joints.* 2019;7(2):56-63. doi: 10.1055/s-0039-1697608.
- Kim S., Bishop A.R., Squire M.W., Rose W.E., Ploeg H.L. Mechanical, elution, and antibacterial properties of simplex bone cement loaded with vancomycin. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;103:103588. doi: 10.1016/j.jmbbm.2019.103588.
- Bishop A.R., Kim S., Squire M.W., Rose W.E., Ploeg H.L. Vancomycin elution, activity and impact on mechanical properties when added to orthopedic bone cement. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;87:80-86. doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.06.033.
- Martínez-Moreno J., Merino V., Nacher A., Rodrigo J.L., Climente M., Merino-Sanjuán M. Antibiotic-loaded Bone Cement as Prophylaxis in Total Joint Replacement. *Orthop Surg.* 2017;9(4):331-341. doi: 10.1111/os.12351.
- Lilikakis A., Sutcliffe M.P.F. The effect of vancomycin addition to the compression strength of antibiotic-loaded bone cements. *Int Orthop.* 2009;33(3):815-819. doi: 10.1007/s00264-008-0521-3.
- Тапальский Д.В., Волотовский П.А., Козлова А.И., Ситник А.А. Антибактериальная активность покрытий на основе импрегнированного антибиотиками костного цемента в отношении микроорганизмов с различными уровнями антибиотикорезистентности. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(4):105-110. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-105-110.

- Tapalski D.V., Volotovskii P.A., Kozlova A.I., Sitnik A.A. [Antibacterial Activity of Antibiotic-Impregnated Bone Cement Based Coatings Against Microorganisms with Different Antibiotic Resistance Levels]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(4):105-110. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-105-110.
24. Hashimoto A., Miyamoto H., Kobatake T., Nakashima T., Shobuie T., Ueno M. et al. The combination of silver-containing hydroxyapatite coating and vancomycin has a synergistic antibacterial effect on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* biofilm formation. *Bone Joint Res.* 2020;9(5):211-218. doi: 10.1302/2046-3758.95.BJR-2019-0326.R1.
25. Kuechle D.K., Landon G.C., Musher D.M., Noble P.C. Elution of vancomycin, daptomycin, and amikacin from acrylic bone cement. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(264):302-308.
26. McLaren A.C., Nelson C.L., McLaren S.G., DeClerk G.R. The effect of glycine filler on the elution rate of gentamicin from acrylic bone cement: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(427):25-27. doi: 10.1097/01.blo.0000143556.41472.2a.
27. Nugent M., McLaren A., Vernon B., McLemore R. Strength of antimicrobial bone cement decreases with increased poragen fraction. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(8):2101-2106. doi: 10.1007/s11999-010-1264-1.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Божкова Светлана Анатольевна* — д-р мед. наук, заведующая научным отделением профилактики и лечения раневой инфекции и отделением клинической фармакологии, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru  
<http://orcid.org/0000-0002-2083-2424>

*Гордина Екатерина Михайловна* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения профилактики и лечения раневой инфекции, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: emgordina@win.rniito.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-2326-7413>

*Марков Михаил Александрович* — канд. техн. наук, докторант кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет)», г. Санкт-Петербург, Россия  
[barca0688@mail.ru](mailto:barca0688@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-3196-7535>

*Афанасьев Александр Витальевич* — травматолог-ортопед отделения гнойной хирургии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
[avafanasev@rniito.ru](mailto:avafanasev@rniito.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-3097-7846>

*Артюх Василий Алексеевич* — канд. мед. наук, заведующий отделением гнойной хирургии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия  
[artyukhva@mail.ru](mailto:artyukhva@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-5087-6081>

*Малафеев Константин Вадимович* — аспирант лаборатории «Полимерные материалы для тканевой инженерии и трансплантологии», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия  
[kostya\\_malafeev@mail.ru](mailto:kostya_malafeev@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-8540-8608>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Svetlana A. Bozhkova* — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru  
<http://orcid.org/0000-0002-2083-2424>

*Ekaterina M. Gordina* — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
e-mail: emgordina@win.rniito.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-2326-7413>

*Mikhail A. Markov* — Cand. Sci. (Tech.), Saint-Petersburg State Institute of Technology, St. Petersburg, Russia  
[barca0688@mail.ru](mailto:barca0688@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-3196-7535>

*Alexander V. Afanas'ev* — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
[avafanasev@rniito.ru](mailto:avafanasev@rniito.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-3097-7846>

*Vasilii A. Artyukh* — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia  
[artyukhva@mail.ru](mailto:artyukhva@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-5087-6081>

*Konstantin V. Malafeev* — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia  
[kostya\\_malafeev@mail.ru](mailto:kostya_malafeev@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-8540-8608>

*Иванькова Елена Михайловна* — канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории «Полимерные материалы для тканевой инженерии и трансплантологии», ФГБОУВО «Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого»; старший научный сотрудник лаборатории механики полимеров и композиционных материалов, ФГБОУН «Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия  
ivelen@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4823-0695>

*Elena M. Ivan'kova* — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; Institute Of Macromolecular Compounds Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia  
ivelen@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4823-0695>

### *Заявленный вклад авторов*

*Божкова С.А.* — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных, подготовка текста, редактирование.

*Гордина Е.М.* — проведение бактериологических исследований, статистическая обработка полученных данных, подготовка текста.

*Марков М.А.* — выполнение сканирующей электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа.

*Афанасьев А.В.* — подготовка образцов для исследований, проведение исследований.

*Артюх В.А.* — сбор и обработка материала, проведение исследований.

*Малафеев К.В.* — проведение исследований.

*Иванькова Е.М.* — выполнение сканирующей электронной микроскопии.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

### *Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



## Влияние трехмесячного приема аторвастатина и $\alpha$ -кальцидола на некоторые морфометрические показатели костной ткани

С.С. Осочук, О.С. Яковлева, А.Ф. Марцинкевич, Е.А. Карпенко

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»,  
 г. Витебск, Республика Беларусь

### Реферат

**Актуальность.** Остеопороз занимает четвертое место по распространенности после сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и сахарного диабета. Все эти заболевания имеют общие патогенетические механизмы, связанные с нарушением обмена холестерина. Последние десятилетия большое распространение получило применение ингибиторов ключевого фермента синтеза холестерина — статинов, способных стимулировать остеогенез. Однако статины оказывают влияние на продукцию активной формы витамина D посредством снижения продукции тестостерона и, таким образом, снижения активности  $1\alpha$ -гидроксилазы. Представляется перспективным совместное использование статинов и  $\alpha$ -кальцидола ( $\alpha$ -К) для профилактики остеопороза. **Цель исследования** — оценить влияние длительного введения аторвастатина (АТВ) и  $\alpha$ -К на морфометрические показатели роста и васкуляризацию костной ткани в эксперименте. **Материал и методы.** Эксперимент проводился в течение трех месяцев на 120 лабораторных крысах-самцах, которым ежедневно внутривенно вводили АТВ и  $\alpha$ -К. Через 90 дней эксперимента животных декапитировали под эфирным наркозом. Для исследования у животных отбирали правую бедренную и нижнечелюстную кости. Участки костей крыс импрегнировали серебром, декальцинировали, изготовленные гистосрезы окрашивали по Ван Гизону. Распределение исследуемых признаков оценивали по критерию Шапиро–Уилка. Отличия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . **Результаты.** Установлено, что АТВ, как отдельно, так и вместе с  $\alpha$ -К, увеличивал размер вновь образованной кости в эндоостальной и периостальной зонах бедренной кости на 64,8; 40,4 и 15,8; 29,1% соответственно. Совместное применение АТВ и  $\alpha$ -К положительно влияло на прирост сосудов в бедренной кости (+23,4%). АТВ увеличил размер вновь образованной кости с периодонтальной и вестибулярной поверхностей нижней челюсти на 18,3 и 29,5% соответственно.  $\alpha$ -К потенцировал влияние АТВ на размер вновь образованной костной ткани в периодонтальной и вестибулярной зонах роста нижнечелюстной кости 10,1 и 15,0% соответственно. Что касается количества сосудов в костной ткани челюсти, благодаря АТВ оно увеличилось на 17,2%,  $\alpha$ -К эффекта не оказывал. **Заключение.** АТВ увеличивает толщину слоя вновь образованной костной ткани в зонах роста бедренной кости и нижней челюсти и увеличивает количество сосудов в челюсти.  $\alpha$ -кальцерол увеличивает количество сосудов в костной ткани бедра и потенцирует действие АТВ на зоны роста костной ткани челюсти. При совместном применении АТВ и  $\alpha$ -К они позитивно дополняют друг друга.

**Ключевые слова:** остеопороз, остеогенез,  $\alpha$ -кальцидол, аторвастатин, витамин D, статины.

**Источник финансирования:** работа выполнена в рамках задания Государственной программы научных исследований «Фундаментальные и прикладные науки — медицине» (№ ГР 20190142 от 26.02.2019).

Осочук С.С., Яковлева О.С., Марцинкевич А.Ф., Карпенко Е.А. Влияние трехмесячного приема аторвастатина и  $\alpha$ -кальцидола на некоторые морфометрические показатели костной ткани. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):65-74. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-65-74>.

**Cite as:** Asachuk S.S., Yakovleva O.S., Martsinkevich A.F., Karpenka E.A. [The Effect of Three-Month Atorvastatin and  $\alpha$ -Calcitol Administration on Some Bone Tissue Morphometric Parameters]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):65-74. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-65-74>.

✉ Яковлева Ольга Святославна / Olga S. Yakovleva; e-mail: olga.lobkova88@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 23.10.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 03.02.2021.

© Осочук С.С., Яковлева О.С., Марцинкевич А.Ф., Карпенко Е.А., 2021



## The Effect of Three-Month Atorvastatin and $\alpha$ -Calcitol Administration on Some Bone Tissue Morphometric Parameters

Sergey S. Asachuk, Olga S. Yakovleva, Aliaksandr F. Martsinkevich, Alena A. Karpenka

Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

### Abstract

**Background.** Osteoporosis is the fourth most common disease after cardiovascular diseases, cancer, and diabetes. All these diseases have common pathogenetic mechanisms associated with impaired cholesterol metabolism. In recent decades, the use of the key enzyme of cholesterol synthesis inhibitors — statins, which can stimulate osteogenesis, has become widespread. However, statins affect the production of the vitamin D active form by reducing the production of testosterone and thus reducing the activity of  $1\alpha$ -hydroxylase. The combined use of statins and  $\alpha$ -calcitol ( $\alpha$ -C) for the osteoporosis prevention seems promising. **The aim of the study** was to evaluate the effect of long-term atorvastatin (ATV) and  $\alpha$ -C administration on morphometric growth parameters and bone vascularization in the experiment. **Materials and Methods.** The experiment was conducted for three months on 120 laboratory male rats, which were injected daily intragastrically with ATV and  $\alpha$ -C. After 90 days of the experiment, the animals were decapitated under ether anesthesia. For the study, the right femur and jawbone were taken from the animals. The rat bone sections were impregnated with silver, decalcified, and the histosections were stained according to van Gieson. The distribution of the studied features was evaluated according to the Shapiro-Wilk test. The differences were considered statistically significant at  $p < 0.05$ . **Results.** It was found that ATV, both separately and together with  $\alpha$ -C, increased the size of the newly formed bone in the endosteal and periosteal zones of the femur by 64.8; 40.4 and 15.8; 29.1%, respectively. The combined use of ATV and  $\alpha$ -C had a positive effect on the growth of blood vessels in the femur (+23.4%). ATV increased the size of the newly formed bone from the periodontal and vestibular surfaces of the lower jaw by 18.3 and 29.5%, respectively.  $\alpha$ -C potentiated the effect of ATV on the size of the newly formed bone tissue in the periodontal and vestibular growth zones of the mandibular bone by 10.1 and 15.0%, respectively. As for the number of vessels in the jawbone tissue, thanks to ATV, it increased by 17.2%,  $\alpha$ -C had no effect. **Conclusion.** ATV increases the thickness of the newly formed bone layer in the growth areas of the femur and jawbone and increases the number of vessels in the jawbone.  $\alpha$ -calcitol increases the number of vessels in the bone tissue of the femur and potentiates the effect of ATV on the jawbone growth zones. The combined use of ATV and  $\alpha$ -C shows that they positively complement each other.

**Keywords:** osteoporosis, osteogenesis,  $\alpha$ -calcitol, atorvastatin, vitamin D, statins.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

Остеопороз занимает четвертое место по распространенности после сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и сахарного диабета [1].

Проблеме остеопороза посвящено много исследований, но его патогенетические механизмы пока не определены в полной мере. Более того, взаимосвязь сердечно-сосудистых заболеваний и остеопороза получает дополнительные подтверждения [2]. Для профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний наиболее часто используются статины — ингибиторы ключевого фермента синтеза холестерина ОМГ-редуктазы. Статины способны снижать активность продукции тестостерона, увеличивающего активность  $1\alpha$ -гидроксилазы — ключевого фермента в продукции активной формы витамина D (1,25-дигидроксиголекальциферола) [3, 4]. Теоретически применение статинов способно снизить продукцию активной формы витамина D и, таким образом, негативно повлиять на метаболизм

костной ткани. Если данный механизм действительно существует, возможно, будет оправданным применение предшественника активной формы витамина D, гидроксированного в первом положении —  $1\alpha$ -гидроксиголекальциферола ( $\alpha$ -кальцидола). Однако и статины способны увеличивать кальцификацию костной ткани посредством ингибирования остеокластов и активации остеобластов и таким образом снижать риск развития переломов. Вместе с тем некоторые исследования не подтверждают такую способность [5]. Вероятно, расхождения результатов обусловлены тем, что кальцификацию обеспечивают иные механизмы, не связанные с витамином D.

Мы предполагаем, что совместное применение статинов и витамина D может быть перспективным направлением лечения и профилактики остеопороза. Ранее нами была показана способность  $\alpha$ -К потенцировать минерализующую активность ATV [6]. Однако рост минерализации костной ткани может быть обусловлен как акти-

вацией остеогенеза, так и снижением активности резорбции костной ткани.

*Целью* исследования была оценка влияния ATV и  $\alpha$ -К на размер зон роста и васкуляризацию костной ткани в эксперименте на неимбранных лабораторных крысах.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Эксперимент проводился в течение трех месяцев на 120 неимбранных лабораторных крысах-самцах, разделенных на четыре группы: 1-я группа — интактные животные (контроль); 2-я группа — введение 1% раствора крахмала внутрижелудочно (плацебо); 3-я группа — внутрижелудочное введение ATV в дозе 10 мг/кг массы тела; 4-я группа — введение ATV в дозе 10 мг/кг массы тела и  $\alpha$ -К в дозе 0,1 мкг/кг (ATV +  $\alpha$ -К). Группа «плацебо» введена в исследование в связи со способностью стресса внутрижелудочного введения зонда оказывать влияние на метаболический профиль экспериментальных животных [7].

Животные содержались в условиях вивария Витебского медицинского университета, получали сбалансированный зерновой корм. Эвтаназия животных осуществлялась декапитацией под эфирным наркозом в утренние часы, через сутки после последнего введения лекарственных средств. Сразу после вскрытия правую бедренную и нижнечелюстную кости извлекали и очищали от мягких тканей. Кусочки бедренной кости размером 0,5 см выпиливали в области проксимального метафиза, а кусочки нижнечелюстной кости — в области диафиза.

### Морфологическое исследование

Фиксацию костей грызунов проводили в 10% растворе нейтрального формалина в течение 48 ч. Для выявления различий между исходной и вновь образовавшейся минерализованной пластинчатой костными тканями кусочки костей импрегнировали серебром по Лилли [8]. Для декальцинации костного материала использовали 10% раствор этилендиаминтетрауксусной кислоты (pH = 7,0) [9]. Дальнейшее обезвоживание костной ткани проводили по общепринятым методикам в автоматическом процессоре Microm STP-120, а уплотнение — путем заливки в парафин при помощи аппарата EC-350 [10]. Срезы образцов ткани толщиной 4–5 мкм изготавливали на роторном микротоме Leica RM 2125 и доокрашивали в аппарате Microm HMS-170 по Ван Гизону [8]. Исследование гистосрезов костей проводили на микроскопе Olympus BX-40 (окуляр  $\times 10$ , объективы  $\times 10$ ,  $\times 20$ ,  $\times 60$ ), оснащенном цифровой камерой. Размер вновь образованной костной тка-

ни, окрашенной солями серебра в черный цвет, измеряли с помощью программы ImageScope-M в гистосрезах бедренной кости грызунов со стороны пери- и эндоостальной поверхностей, а в срезах нижней челюсти — со стороны вестибулярной и периодонтальной поверхностей ( $\times 200$ ). Подсчет количества кровеносных сосудов проводили в 10 полях зрения ( $\times 600$ ).

### Статистический анализ

Предварительная обработка и статистический анализ данных выполнены при помощи пакета прикладных программ R 3.6.3. Распределение исследуемых признаков оценивали согласно критерию Шапиро–Уилка при наличии гауссовского распределения. Для сравнения использовались методы параметрической статистики, в обратном случае — непараметрические методы.

Множественное сравнение выполняли при помощи дисперсионного анализа (ANalysis Of VAriance, ANOVA) или Н-критерия Краскела — Уоллиса. Поскольку измерение исследуемых показателей проводилось в 30 полях зрения, в целях снижения индивидуальных различий обследованных животных для попарного сравнения использовали метод линейных моделей со смешанными эффектами [11], где зависимой переменной служила толщина костной манжетки или количество сосудов в поле зрения, независимой переменной (фиксированным эффектом) — группа животных, а случайным эффектом — идентификатор измерения. Построение контрастов выполняли с учетом поправки Бенджамини–Хохберга [12]. Отличия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты

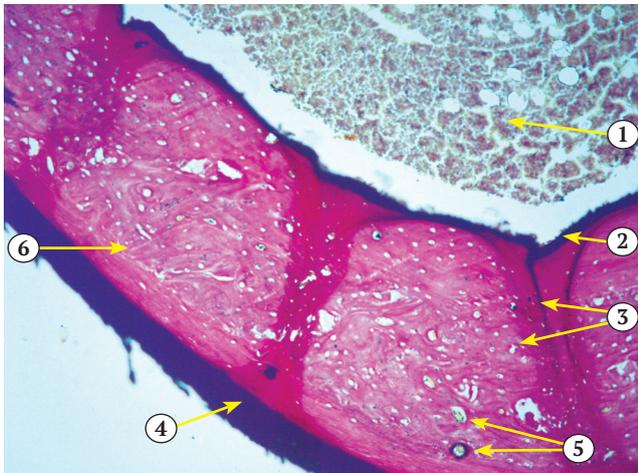
Статистическая обработка результатов измерения вновь образованной костной ткани в эндоостальной зоне проксимального метафиза бедренной кости с использованием ANOVA показала, что экспериментальные группы статистически значимо ( $p = 0,0111$ ) отличаются между собой (рис. 1, 2; табл. 1).

Парное сравнение с использованием метода линейных моделей со смешанными эффектами показало, что статистически значимое увеличение размера вновь образованной костной ткани в эндоостальной зоне имело место во всех сравниваемых группах ( $p < 0,001$ ), за исключением животных, получавших  $\alpha$ -К и  $\alpha$ -К + ATV (табл. 2).

Оценка размера вновь образовавшейся костной ткани со стороны периостальной поверхности бедренной кости крыс с использованием ANOVA показала, что данный показатель статистически значимо ( $p = 0,0177$ ) отличался у экспериментальных животных (табл. 3).

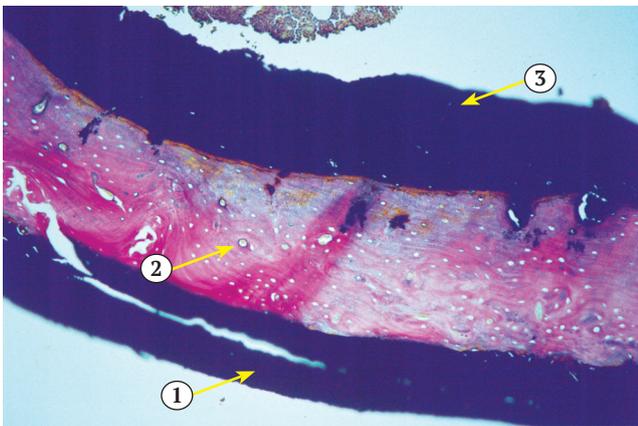
Парное сравнение с использованием метода линейных моделей со смешанными эффектами показало, что статистически значимое увеличение размера вновь образованной костной ткани

в периостальной зоне имело место во всех экспериментальных группах ( $p < 0,001$ ) за исключением животных, получавших ATV и  $\alpha$ -К + ATV (табл. 4).



**Рис. 1.** Гистосрез бедренной кости крысы контрольной группы:  
1 — костномозговая полость с костным мозгом; 2 — вновь образованная костная ткань со стороны эндооста; 3 — остециты; 4 — вновь образованная костная ткань со стороны периоста; 5 — гаверсовы каналы с кровеносными сосудами; 6 — компактное вещество кости. Окраска по Ван-Гизону. Ув.  $\times 100$

**Figure 1.** Section of the control group rat femur:  
1 — bone marrow cavity with bone marrow; 2 — newly endosteal formed bone tissue; 3 — osteocytes; 4 — newly formed bone tissue from the periosteum; 5 — Havers' canals with blood vessels; 6 — compact bone substance. Van Gieson staining. Mag.  $\times 100$



**Рис. 2.** Увеличение объема вновь образованной костной ткани в бедренной кости крысы, получавшей ATV совместно с  $\alpha$ -К:  
1 — периостальная зона; 2 — гаверсовы каналы с кровеносными сосудами; 3 — эндоостальная зона. Окраска по Ван-Гизону. Ув.  $\times 100$

**Figure 2.** Increase in the volume of newly formed bone tissue in the femur of a rat treated with ATV and  $\alpha$ -C:  
1 — periosteal zone; 2 — Havers' canals with blood vessels; 3 — endosteal zone. Van Gieson staining. Mag.  $\times 100$

Таблица 1

**Размер вновь образованной костной ткани со стороны эндоостальной поверхности бедренной кости крыс, мкм (Me Q1;Q3)**

Контроль	Плацебо	ATV	ATV + $\alpha$ -К
19,51 (17,30; 23,07)	21,52 (20,19; 26,16)	35,47 (24,02; 7,62)	30,23 (26,31; 38,41)

Таблица 2

**Результаты исследований размера вновь образованной костной ткани со стороны эндоостальной поверхности бедренной кости методом линейных моделей со смешанными эффектами**

Контраст	Оценка	Ошибка	Df	t	p
Контроль — плацебо	-3,5417	0,8698	927,0000	-4,0717	<0,001
Контроль — ATV	-13,1286	0,8698	927,0000	-15,0932	<0,001
Контроль — ATV + $\alpha$ -К	-13,1604	0,8698	927,0000	-15,1298	<0,001
Плацебо — ATV	-9,5869	0,8698	927,0000	-11,0215	<0,001
Плацебо — ATV + $\alpha$ -К	-9,6188	0,8698	927,0000	-11,0581	<0,001
ATV + $\alpha$ -К — ATV	-0,0318	0,8698	927,0000	-0,0366	0,9708

Таблица 3

**Размер вновь образованной костной ткани со стороны периостальной поверхности бедренной кости крыс, мкм (Me Q1;Q3)**

Контроль	Плацебо	ATV	ATV + $\alpha$ -К
20,72 (19,02; 26,17)	26,91 (23,92; 32,04)	31,17 (26,21; 40,07)	34,75 (26,38; 38,75)

Таблица 4

**Результаты исследований размера вновь образованной костной ткани со стороны периостальной поверхности бедренной кости методом линейных моделей со смешанными эффектами**

Контраст	Оценка	Ошибка	Df	t	p
Контроль — плацебо	-5,2188	0,7544	927,0000	-6,9180	<0,001
Контроль — ATV	-10,0813	0,7544	927,0000	-13,3637	<0,001
Контроль — ATV + $\alpha$ -К	-11,2838	0,7544	927,0000	-14,9577	<0,001
Плацебо — ATV	-4,8625	0,7544	927,0000	-6,4457	<0,001
Плацебо — ATV + $\alpha$ -К	-6,0650	0,7544	927,0000	-8,0397	<0,001
ATV — ATV + $\alpha$ -К	-1,2025	0,7544	927,0000	-1,5940	0,1113

Подсчет количества сосудов в 10 полях зрения микроскопа в гистосрезках бедренной кости выявил статистически значимые отличия изучаемого показателя ( $p = 0,0163$ ) в группах экспериментальных крыс (табл. 5).

Парное сравнение с использованием метода линейных моделей со смешанными эффектами показало, что все экспериментальные группы, за исключением «плацебо — ATV», статистически значимо отличались между собой ( $p < 0,001$ ) (табл. 6).

Изучение размера вновь образованной костной ткани нижней челюсти со стороны периодонтальной поверхности в области диастемы показало, что исследуемые группы животных статистически значимо отличались ( $p = 0,032$ ) (табл. 7).

Парное сравнение с использованием метода линейных моделей со смешанными эффектами показало, что все экспериментальные группы, за исключением пары «контроль — плацебо», статистически значимо отличались между собой ( $p < 0,001$ ) (табл. 8, рис. 3, 4).

Таблица 5

**Среднее число сосудов в срезе бедренной кости крыс (Me Q1;Q3)**

Контроль	Плацебо	ATV	ATV + $\alpha$ -К
5,70 (4,20; 6,82)	6,40 (5,97; 6,95)	6,60 (6,12; 7,73)	7,90 (7,35; 8,40)

Таблица 6

**Результаты исследований среднего числа сосудов в срезе бедренной кости крыс методом линейных моделей со смешанными эффектами**

Контраст	Оценка	Ошибка	Df	t	p
Контроль — плацебо	-1,0750	0,2553	307,0000	-4,2115	<0,001
Контроль — ATV	-1,2625	0,2553	307,0000	-4,9461	<0,001
Контроль — ATV + $\alpha$ -К	-2,2500	0,2553	307,0000	-8,8148	<0,001
Плацебо — ATV	-0,1875	0,2553	307,0000	-0,7346	0,4632
Плацебо — ATV + $\alpha$ -К	-1,1750	0,2553	307,0000	-4,6033	<0,001
ATV — ATV + $\alpha$ -К	-0,9875	0,2553	307,0000	-3,8687	<0,001

Таблица 7

**Размер вновь образованной костной ткани со стороны периодонтальной поверхности нижнечелюстной кости крыс, мкм (Me Q1;Q3)**

Контроль	Плацебо	ATV	ATV + $\alpha$ -К
22,70 (19,14; 28,06)	22,59 (21,49; 24,14)	26,86 (23,59; 30,00)	29,58 (27,55; 32,15)

Таблица 8

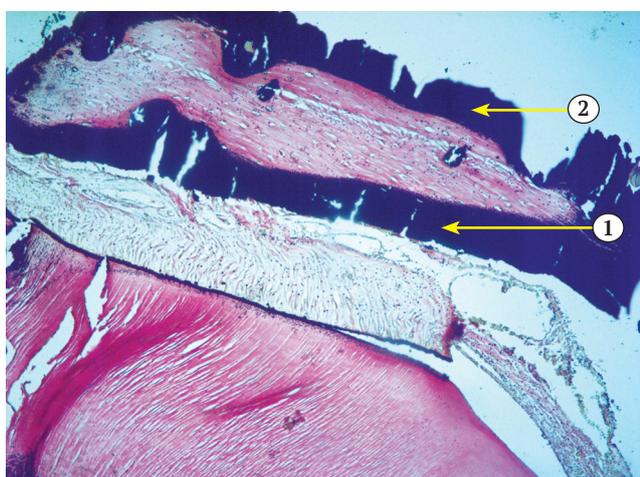
**Результаты попарного сравнения размера вновь образованной костной ткани со стороны периодонтальной поверхности нижнечелюстной кости**

Контраст	Оценка	Ошибка	Df	t	p
Контроль — плацебо	1,0696	0,5755	987,0000	1,8586	0,0634
Контроль — ATV	-2,8587	0,5755	987,0000	-4,9677	<0,001
Контроль — ATV + $\alpha$ -К	-5,7487	0,5755	987,0000	-9,9898	<0,001
Плацебо — ATV	-3,9283	0,6066	987,0000	-6,4761	<0,001
Плацебо — ATV + $\alpha$ -К	-6,8183	0,6066	987,0000	-11,2404	<0,001
ATV — ATV + $\alpha$ -К	-2,8900	0,6066	987,0000	-4,7643	<0,001



**Рис. 3.** Гистосрез нижнечелюстной кости крысы группы «плацебо»: 1 — корень зуба; 2 — периодонтальная поверхность; 3 — остециты; 4 — вестибулярная поверхность. Окраска по Ван-Гизону. Ув.  $\times 100$

**Figure 3.** Section of the placebo rat jawbone: 1 — tooth root; 2 — periodontal surface; 3 — osteocytes; 4 — vestibular surface. Van Gieson staining. Mag.  $\times 100$



**Рис. 4.** Увеличение объема вновь образованной костной ткани в нижней челюсти крысы группы «ATV+  $\alpha$ -К»: 1 — периодонтальная поверхность; 2 — вестибулярная поверхность. Окраска по Ван-Гизону. Ув.  $\times 100$

**Figure 4.** Increase in the volume of newly formed bone tissue in the jawbone of the «ATV+ $\alpha$ -C» rat: 1 — periodontal surface; 2 — vestibular surface. Van Gieson staining. Mag.  $\times 100$

Исследование размера вновь образованной костной ткани с вестибулярной поверхности нижнечелюстной кости крыс в экспериментальных группах продемонстрировало наличие статистически значимых отличий ( $p = 0,004$ ) (табл. 9).

Попарное сравнение выявило, что все экспериментальные группы, за исключением «контроль – плацебо» статистически значимо отличались между собой ( $p < 0,001$ ) (табл. 10). При исследовании влияния изучаемых лекарственных

средств на васкуляризацию в костной ткани нижней челюсти у экспериментальных животных отмечались статистически значимые отличия ( $p = 0,0154$ ) (табл. 11).

Попарное сравнение показало, что группа «контроль» статистически значимо отличалась от группы «плацебо» с ошибкой 0,036%, остальные группы также статистически значимо отличались между собой с ошибкой менее 0,01%, за исключением групп животных получавших ATV и ATV +  $\alpha$ -К ( $p = 0,79$ ) (табл. 12).

Таблица 9

**Размер вновь образованной костной ткани со стороны вестибулярной поверхности нижнечелюстной кости крыс, мкм (Me Q1;Q3)**

Контроль	Плацебо	ATV	ATV + $\alpha$ -К
29,31 (22,06; 34,08)	29,32 (25,82; 31,27)	37,98 (34,68; 41,71)	43,70 (41,85; 49,73)

Таблица 10

**Результаты попарного сравнения размера вновь образованной костной ткани стороны вестибулярной поверхности нижнечелюстной кости крыс**

Контраст	Оценка	Ошибка	Df	t	p
Контроль – плацебо	-1,1342	0,8628	987,0000	-1,3145	0,1890
Контроль – ATV	-9,0496	0,8628	987,0000	-10,4883	<0,001
Контроль – ATV + $\alpha$ -К	-14,4654	0,8628	987,0000	-16,7651	<0,001
Плацебо – ATV	-7,9154	0,9095	987,0000	-8,7030	<0,001
Плацебо – ATV + $\alpha$ -К	-13,3312	0,9095	987,0000	-14,6577	<0,001
ATV – ATV + $\alpha$ -К	-5,4158	0,9095	987,0000	-5,9547	<0,001

Таблица 11

**Количество сосудов в поле зрения кости челюсти крыс**

Контроль	Плацебо	ATV	ATV + $\alpha$ -К
3,65 (3,20; 4,20)	4,35 (3,70; 5,30)	5,10 (4,70; 5,73)	5,30 (4,92; 5,73)

Таблица 12

**Результаты попарного сравнения количество сосудов в поле зрения кости челюсти**

Контраст	Оценка	Ошибка	Df	t	p
Контроль – плацебо	-0,5375	0,1800	327,0000	-2,9868	0,0036
Контроль – ATV	-1,2625	0,1800	327,0000	-7,0155	<0,001
Контроль – ATV + $\alpha$ -К	-1,3125	0,1800	327,0000	-7,2934	<0,001
Плацебо – ATV	-0,7250	0,1897	327,0000	-3,8220	<0,001
Плацебо – ATV + $\alpha$ -К	-0,7750	0,1897	327,0000	-4,0856	<0,001
ATV – ATV + $\alpha$ -К	-0,0500	0,1897	327,0000	-0,2636	0,7923

## Обсуждение

Известно, что костная ткань является мишенью для стрессорных гормонов, в частности для кортизола, способствующего снижению ее минеральной плотности [13]. Внутрижелудочное введение зонда является стрессом [7], и выявленное в группе «плацебо» увеличение зон роста является реакцией на хронический стресс у животных.

Серебро связывается не только с фосфатом кальция, но и с коллагеном, при этом окрашивая коллаген III в черный цвет [14]. Выявленный эффект говорит об увеличении количества костной ткани, в том числе коллагена III. Поскольку коллаген III типа обеспечивает прочность на растяжение [15], можно предположить, что хроническое стрессирование увеличивает прочность костной ткани за счет роста его содержания.

Выявленное увеличение количества сосудов в бедренной кости у животных в группе «плацебо» по сравнению с контрольной группой свидетельствует о способности стресса позитивно влиять на этот показатель, возможно, посредством характерного роста продукции супероксидного радикала и ангиотензина II и эндотелина 1 [16], способных стимулировать рост сосудистой ткани [17]. Однако механизмы выявленного эффекта необходимо изучать дополнительно.

Таким образом, исходя из представленных результатов, можно заключить, что хронический стресс в ходе внутрижелудочного введения зонда на протяжении 3 мес. вызывает позитивные изменения в костной ткани бедра: увеличиваются зоны роста и количество сосудов.

Между группами «плацебо» и группами животных, получавших ЛС (см. табл. 2, 4,  $p < 0,0001$ ), выявлены статистически значимые отличия. На основании этого можно заключить, что увеличение зон роста бедренной кости обусловлено не только стрессорным эффектом внутрижелудочного введения зонда, но и самими ЛС. Поскольку изменение размера вновь образованной костной ткани имело место в обеих группах животных, получавших ЛС, и между группами не было статистически значимых отличий, скорее всего, выявленный эффект обусловлен действием ATV, его введение вместе с  $\alpha$ -К не оказало влияния на исследуемые показатели. Коллаген III обладает значительной прочностью [15], поэтому можно заключить, что ATV способствовал росту прочности бедренной кости за счет увеличения его содержания.

Выявленный рост количества сосудов бедренной кости обусловлен введением  $\alpha$ -К, поскольку имели место значимые отличия между животными, получавшими отдельно ATV и ATV +  $\alpha$ -К, а количество сосудов у животных, получавших ATV, не отличалось от такового в группе плацебо. Исходя

из сказанного выше, можно сделать заключение о целесообразности совместного использования ATV и  $\alpha$ -К.

Отсутствие влияния хронического стресса на величину зон роста челюсти может быть обусловлено либо ее недостаточно высокой адаптационной активностью, либо недостаточно значительным стрессовым воздействием. Однако причины отсутствия реакции требуют дальнейшего изучения.

Выявленное увеличение зон роста челюстной кости было обусловлено как введением ATV, так и дополнительным введением  $\alpha$ -К, потенцирующего действие ATV, поскольку исследуемый показатель имел статистически значимые отличия в группах ATV- контроль и группах ATV-ATV+  $\alpha$ -К. Таким образом, можно заключить, что ЛС оказали позитивное влияние на величину зон роста костной ткани челюсти, при этом  $\alpha$ -К потенцировал действие ATV.

Описанное выше увеличение количества сосудов челюсти в поле зрения под влиянием стресса при внутрижелудочном введении зонда аналогично таковому в костной ткани бедра и может быть обусловлено, как и в предыдущем случае, ростом продукции супероксидного радикала, ангиотензина II и эндотелина 1 [16].

Введение ЛС увеличивало количество сосудов челюсти по сравнению как с интактными животными, так и с животными в группе «плацебо». Поскольку количество сосудов челюсти в группе животных, получавших ATV, статистически значимо отличалось от такового в группе «плацебо», можно заключить, что ATV позитивно влияет на этот показатель. Отсутствие отличий между группами животных, получавших ATV и ATV +  $\alpha$ -К, позволяет утверждать, что рост количества сосудов в данной группе обусловлен ATV, а не  $\alpha$ -К. Данный факт согласуется со способностью статинов стимулировать дозозависимый эффект ангиогенеза [18].

## Заключение

ATV увеличивает толщину слоя вновь образованной костной ткани в зонах роста бедренной кости и нижней челюсти и увеличивает количество сосудов в челюсти;  $\alpha$ -К увеличивает количество сосудов в костной ткани бедра и потенцирует действие ATV на зоны роста костной ткани челюсти. Совместное применение ATV и  $\alpha$ -К показывает, что они позитивно дополняют друг друга.

## Этическая экспертиза

Перед началом эксперимента было получено разрешение локального этического комитета на его проведение. При выполнении экспериментов соблюдали принципы гуманного отношения к живот-

ным в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей и директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22.09.2010 г. по охране животных, используемых в научных целях.

### Литература [References]

1. Пасиешвили Л.М. Остеопороз — безмолвный костный «вор». *Восточноевропейский журнал внутренней и семейной медицины*. 2015;(1):16-24.  
Pasieshvili L.M. [Osteoporosis is silent bone "Thief"]. *Vostochnoevropejskij zhurnal vnutrennej i semejnoj mediciny* [Eastern European Journal of Internal and Family Medicine]. 2015;1:16-24. (In Russian).
2. Царенко С.Ю. Структурно-функциональные изменения миокарда у женщин с остеопорозом в сочетании с ишемической болезнью сердца. *Клиницист*. 2017;11(3-4):50-58. doi: 10.17650/1818-8338-2017-11-3-4-50-58.  
Tsarenok S.Yu. [Structural and Functional Changes in the Myocardium in Women with Osteoporosis in Combination with Ischemic Heart Disease]. *Klinicist* [The Clinician]. 2017;11(3-4):50-58. (In Russian). doi: 10.17650/1818-8338-2017-11-3-4-50-58.
3. Буянова С.В., Осочук С.С. Влияние статинов на гормональный спектр крови и содержание холестерина в надпочечниках белых лабораторных крыс. *Вестник ВГМУ*. 2014;(1):31-37.  
Bujanova S.V., Osouchuk S.S. [Effect of statins on the hormonal spectrum of blood and cholesterol content in the adrenal glands of white laboratory rats]. *Vestnik VGMU* [Vestnik of Vitebsk State Medical University]. 2014;(1):31-37. (In Russian).
4. Калинин С.Ю., Тюзиков И.А., Гусакова Д.А., Ворсло Л.О., Тишова Ю.А., Греков Е.А., Фомин А.М. Витамин D как новый стероидный гормон и его значение для мужского здоровья. *Эффективная фармакотерапия*. 2015;(27):38-47.  
Kalinchenko S.Yu., Tuuzikov I.A., Gusakova D.A., Vorslov L.O., Tishova Yu.A., Grekov Ye.A., Fomin A.M. [Vitamin D as a Novel Steroid Hormone and Its Role for Men's Health]. *Jefferktivnaja farmakoterapija* [Effective pharmacotherapy]. 2015;(27):38-47. (In Russian).
5. Карпова И.С., Дубень С.А. Статины при остеопорозе: клинический обзор. *Лечебное дело*. 2014;(35):14-17.  
Karpova I.S., Duben' S.A. [Statins in osteoporosis: a clinical review]. *Lechebnoe delo* [General medicine]. 2014;(35):14-17. (In Russian).
6. Осочук С.С., Яковлева О.С. Влияние аторвастатина и  $\alpha$ -кальцидола на минеральный состав костной ткани зуба в эксперименте. *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. 2018;7(2):250-257.  
Osouchuk S.S., Jakovleva O.S. [The influence of atorvastatin and  $\alpha$ -calcitol on the mineral composition of the bone tissue of the tooth in the experiment]. *Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Evropa* [Laboratory diagnostics. Eastern Europe]. 2018;7(2):250-257. (In Russian).
7. Walker M.K., Boberg J.R., Walsh M.T., Wolf V., Trujillo A., Duke M.S. et al. A less stressful alternative to oral gavage for pharmacological and toxicological studies in mice. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2012;260(1):65-69. doi: 10.1016/j.taap.2012.01.025.
8. Коржевский Д.Э., Колос Е.А., Сухорукова Е.Г., Григорьев И.П., Карпенко М.Н. Гистохимическое определение металлов. Санкт-Петербург: СпецЛит; 2016. 63 с.  
Korzhevskij D.Je., Kolos E.A., Suhorukova E.G., Grigor'ev I.P., Karpenko M.N. [Histochemical determination of metals]. Sankt-Peterburg: SpecLit; 2016. 63 p. (In Russian).
9. Callis G., Sterchi D. Decalcification of Bone: Literature Review and Practical Study of Various Decalcifying Agents. Methods, and Their Effects on Bone Histology. *J Histotech*. 1988;21(1):49-58. doi: 10.1179/his.1998.21.1.49.
10. Коржевский Д.Э. Морфологическая диагностика. Подготовка материала для гистологического исследования и электронной микроскопии: руководство. Санкт-Петербург: СпецЛит, 2016. 160 с.  
Korzhevskij D.Je. [Morphological diagnostics. Preparation of material for histological examination and electron microscopy: a guide]. Sankt-Peterburg: SpecLit, 2016. 160 p. (In Russian).
11. Gajek A., Burzykowski T. Linear Mixed-Effects Models Using R: A Step-by-Step Approach. New York: Springer-Verlag; 2013. 542 p.
12. Benjamini Y., Hochberg Y. Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. *J Roy Stat Soc*. 1995;57(1):289-300. doi: 10.2307/2346101.
13. Furlan P.M., Have T.T., Cary M., Zemel B., Wehrli F., Katz I.R. et al. The role of stress-induced cortisol in the relationship between depression and decreased bone mineral density. *Biological Psychiatry*. 2005;57(8):911-917. doi: 10.1016/j.biopsych.2004.12.033.
14. Сельская Б.Н., Мусина Л.А., Камиллов Ф.Х. Влияние коллагенсодержащего препарата на морфологию кожи в эксперименте. *Казанский медицинский журнал*. 2017;98(6):962-967.  
Sel'skaya B.N., Musina L.A., Kamilov F.Kh. [Experimental effect of collagen-containing medication on skin morphology]. *Kazanskij medicinskij zhurnal* [Kazan Medical Journal]. 2017;98(6):962-967. (In Russian). doi: 10.17750/kmj2017-962.
15. Kuivaniemi H., Tromp G. Type III collagen (COL3A1): Gene and protein structure, tissue distribution and associated diseases. *Gene*. 2019;707:151-171. doi: 10.1016/j.gene.2019.05.003.
16. Chung I.-M., Kim Y.-M., Yoo M.-H., Shin M.-K., Kim C.-K., Suh S.H. Immobilization stress induces endothelial dysfunction by oxidative stress via the activation of the angiotensin II/its type I receptor pathway. *Atherosclerosis*. 2010;213(1):109-114. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2010.08.052.
17. Miao-Miao Xu, Hao-Yuan Deng, Hui-Hua Li. MicroRNA-27a regulates angiotensin II-induced vascular smooth muscle cell proliferation and migration by targeting  $\alpha$ -smooth muscle-actin in vitro. *Bioch Biophys Res Com*. 2019;509(4):973-977. doi: 10.1016/j.bbrc.2019.01.047.
18. Skaletz-Rorowski A., Walsh K. Statin therapy and angiogenesis. *Curr Opin Lipidol*. 2003;14(6):599-603. doi: 10.1097/00041433-200312000-00008.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Осочук Сергей Стефанович* — д-р мед. наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией, УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь  
oss62@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2074-3832>

*Яковлева Ольга Святославна* — старший преподаватель кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии с курсом ФПК и ПК, УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь  
olga.lobkova88@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-6833-5005>

*Марцинкевич Александр Францевич* — канд. биол. наук, доцент кафедры общей и клинической биохимии с курсом ФПК и ПК, УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь  
argentum32@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3655-4489>

*Карпенко Елена Александровна* — канд. вет. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории, УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь  
lenko.karpenko@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4099-8405>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Sergey S. Asachuk* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus  
oss62@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2074-3832>

*Olga S. Yakovleva* — Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus  
olga.lobkova88@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-6833-5005>

*Aliaksandr F. Martsinkevich* — Cand. Sci. (Biol.), Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus  
argentum32@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3655-4489>

*Alena A. Karpenka* — Cand. Sci. (Vet.), Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus  
lenko.karpenko@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4099-8405>

*Заявленный вклад авторов*

*Осочук С.С.* — концепция и дизайн исследования.

*Яковлева О.С.* — сбор и обработка материала.

*Марцинкевич А.Ф.* — статистическая обработка полученных результатов.

*Карпенко Е.А.* — сбор и обработка материала.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

*Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



## Оптимальная игла для шва сухожилий: традиционная режущая или обратно-режущая? Экспериментальное исследование

А.С. Золотов, С.Х. Исоков, А.Х. Исокова

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
г. Владивосток, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Добиться прочного соединения концов поврежденного сухожилия непросто. Результат лечения зависит от многих факторов. Среди них важным считаются свойства используемой для шва сухожилия хирургической иглы. **Цель исследования** — сравнение прочности сухожильного шва, наложенного с помощью традиционной режущей и обратно-режущей хирургических игл. **Материал и методы.** Для проведения эксперимента были использованы свиные сухожилия. Фрагменты сухожилий были разделены на 2 группы по 20 сухожилий в каждой. На всех 40 сухожилиях моделировалось однотипное «повреждение» сухожилия с помощью скальпеля. В первой группе узловый шов сухожилия накладывался режущей хирургической иглой, во второй группе — обратно-режущей. Лабораторные испытания прочности сухожильных швов на разрыв проводились на стенде, который был изготовлен из подручных материалов. **Результаты.** В первой группе испытаний (шов с помощью режущей иглы) диастаз в 2 мм определялся при нагрузке в среднем 1219,5 г (при  $m = \pm 76,56$ , где  $m$  — ошибка репрезентативности). Полное прорезывание нити происходило при нагрузке в среднем 1770,8 г ( $m = \pm 100,02$ ). В данной группе разрыв нити не был зафиксирован. Во второй группе (шов, выполненный обратно-режущей иглой) диастаз возникает при нагрузке в среднем 1754,75 г ( $m = \pm 77,32$ ). Полное прорезывание нити происходило при нагрузке в среднем 2571,25 г ( $m = \pm 103,78$ ). В трех случаях произошел разрыв нити. Во второй группе прочность сухожильного шва оказалась статистически значимо выше, чем в первой группе. **Заключение.** Прочность шва сухожилия зависит от свойств хирургической иглы. При восстановлении сухожилий использование обратно-режущей иглы предпочтительнее по сравнению традиционной режущей иглой.

**Ключевые слова:** хирургическая игла, шов сухожилия, биомеханические свойства сухожильного шва.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Золотов А.С., Исоков С.Х., Исокова А.Х. Оптимальная игла для шва сухожилий: традиционная режущая или обратно-режущая? Экспериментальное исследование. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):75-80. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-75-80>.

**Cite as:** Zolotov A.S., Isokov S.Kh., Isokova A.Kh. [The Optimal Surgical Needle for Tendon Suture: Cutting Edge or Reverse Cutting Edge?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):75-80. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-75-80>.

Исоков Султонали Хужамурот-оглы / Sultonali Kh. Isokov; e-mail: [sultanisakov5@gmail.com](mailto:sultanisakov5@gmail.com)

Рукопись поступила/Received: 05.01.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 02.04.2021.



## The Optimal Surgical Needle for Tendon Suture: Cutting Edge or Reverse Cutting Edge?

Aleksandr S. Zolotov, Sultonali Kh. Isokov, Aziza Kh. Isokova

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

### Abstract

**Background.** Achieving a durable connection between the lacerated tendon ends is difficult. The outcome of treatment depends on many factors. Several authors consider the properties of the surgical needle used for suturing the tendon to be important. **The aim of the study** — to compare the strength of the tendon suture applied with the conventional cutting edge and reverse cutting edge surgical needles in the experiment. **Materials and Methods.** We used porcine tendons for the experiment. The tendon fragments were divided into 2 groups of 20 tendons each. On all 40 tendons, the same type of “injury” of the tendon was simulated — using a scalpel. In the first group, the interrupted suture of the tendon was applied with a cutting edge surgical needle, in the second group — reverse cutting edge. Laboratory tests of the tendon sutures strength were performed on the improvised stand. **Results.** In the first (suture made with a cutting needle edge), diastasis of 2 mm was determined at an average load of 1219.5 g ( $m = \pm 76.56$ , where «m» is the representativeness error). Complete suture failure occurred at an average load of 1770.8 g ( $m = \pm 100.02$ ). In this group, the thread rupture was not recorded. In the second group (a suture made with a reverse cutting edge needle), diastasis occurs with an average load of 1754.75 g ( $m = \pm 77.32$ ). Complete suture failure occurred at an average load of 2571.25 (at  $m = \pm 103.78$ ). In three cases, the thread ruptured. In the second group (reverse cutting edge needle), the tendon suture strength was statistically significantly higher than in the first group. **Conclusion.** The tendon suture strength depends on the surgical needle properties. In tendons reconstruction the reverse cutting edge needle use is more preferable compared to the conventional cutting edge needle use.

**Keywords:** surgical needle, tendon suture, strength of tendon suture.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

Повреждения сухожилий сгибателей и разгибателей пальцев кисти встречаются часто: ежегодно регистрируются 33,2 случая на 100 000 населения [1].

Для прочного соединения концов поврежденного сухожилия предложено много вариантов сухожильного шва. Результат лечения зависит от многих факторов, в первую очередь от техники шва, качества шовного материала, способа реабилитации. Ряд авторов дополнительно указывают на свойства хирургической иглы. Например, при операциях на сухожилиях рекомендуется использовать обратно-режущую иглу [2, 3]. При использовании такой иглы в ткани сухожилия после прокалывания образуется треугольная ранка. Основание раневого треугольника обращено навстречу натягиваемой нитке, что препятствует ее прорезыванию. Традиционная режущая игла также образует треугольную ранку. В этом случае нить врезается в угол раневого треугольника, и шов в большей степени травмирует сухожилие. В доступной литературе мы не нашли экспериментального подтверждения преимуществ обратно-режущей иглы по сравнению с традиционной.

*Цель исследования* — сравнить прочность сухожильных швов, наложенных с помощью традиционной режущей и обратно-режущей хирургических игл в эксперименте.

### Материалы и методы

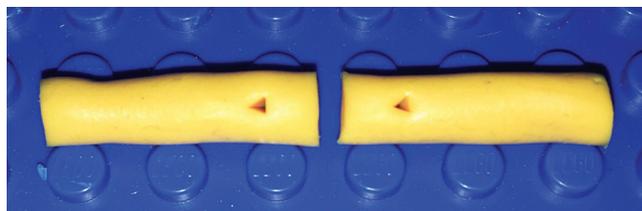
#### Дизайн исследования

Для проведения эксперимента были использованы сухожилия ( $n = 40$ ) глубоких сгибателей пальцев задних ног свиньи. Фрагменты сухожилий были разделены на две группы, по 20 сухожилий в каждой.

#### Техника эксперимента

Моделировалось однотипное повреждение: скальпелем пересекали сухожилие в строго поперечном направлении. Пересеченные концы сухожилий в первой группе соединяли узловым швом «Викрил» 2/0 (Ethicon) режущей иглой. Вкол и выкол хирургической иглы выполняли на расстоянии 1 см от концов пересеченного сухожилия. Затем сближали концы сухожилия, завязывали нить прочным хирургическим узлом. То же самое выполняли на сухожилиях во второй группе, но только с помощью обратно-режущей хирургической иглы.

В первой группе образцов режущая игла формировала рану в форме треугольника, вершина которого обращена к месту пересечения сухожилия, во второй группе к месту пересечения было обращено основание раневого треугольника (рис. 1).



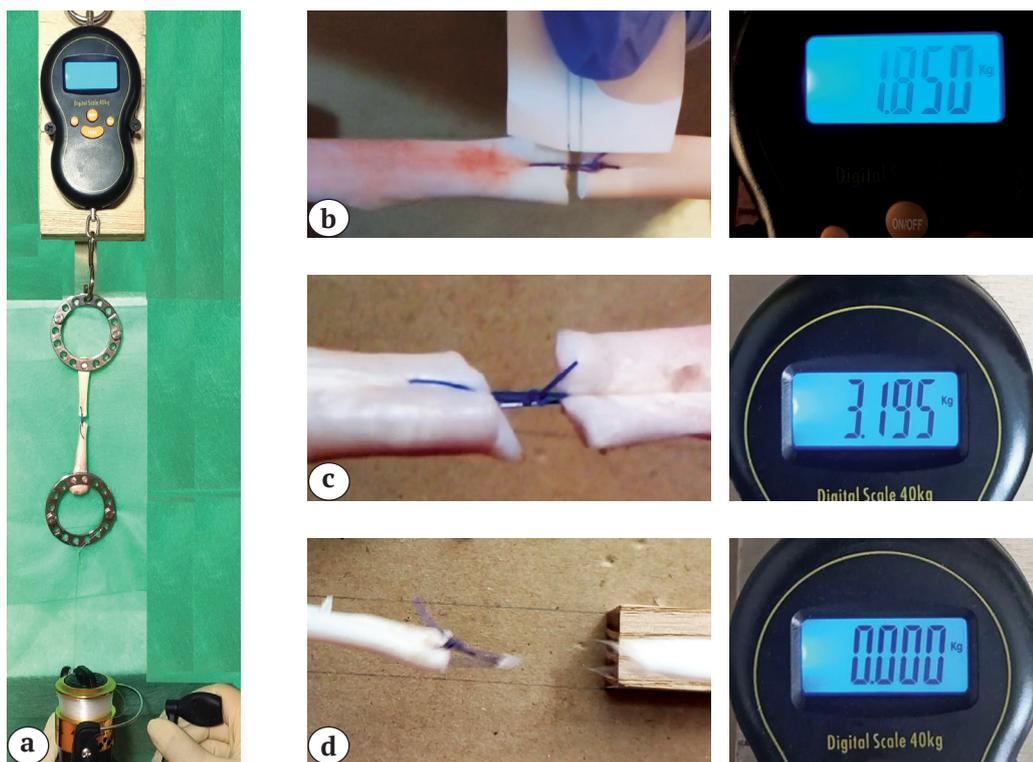
**Рис. 1.** Модель сухожилия из полимерной глины. Прокол нанесен обратнорежущей иглой (слева) и режущей иглой (справа)

**Figure 1.** Polymer clay tendon model.

A puncture was made with a reverse cutting edge needle (on the left) and with a cutting edge needle (on the right)

Лабораторные испытания прочности сухожильных швов на разрыв проводились на стенде, который был изготовлен из подручных материалов. В качестве прототипа выбрано устройство, предназначенное для тестирования сухожильных швов, представленное на сайте Американского общества кистевых хирургов — American Society for Surgery of the Hand (ASSH) [5].

Один конец сухожилия фиксировался к измерительному устройству, другой — к спиннинговой катушке. С помощью катушки осуществлялось равномерное натяжение на сшитое сухожилие. В качестве измерительного прибора использовались электронные весы, которые были зафиксированы неподвижно (рис. 2). Измерительное устройство было предварительно откалибровано. При исследовании регистрировали момент начала прорезывания нити с формированием диастаза в 2 мм между концами сшитого сухожилия и момент полного прорезывания (разрыва) нити. Процесс исследования записывался на видео, полученные данные регистрировались.



**Рис. 2.** Этапы испытаний сухожильных швов на прочность: а — общий вид испытательного стенда; б — регистрация момента формирования диастаза в 2 мм; в, д — регистрация момента полного разрыва сухожильного шва

**Figure 2.** Tendon sutures strength testing:

а — general view of the test stand;  
 б — registration of the 2 mm diastasis formation;  
 в, д — registration of the tendon suture complete rupture

### Статистический анализ

Результаты оценивались с помощью непарного *t*-критерия Стьюдента.

### Результаты

В первой группе испытаний (шов с помощью режущей иглы) диастаз в 2 мм определялся при нагрузке в среднем 1219,5 г (ошибка репрезентативности  $m = \pm 76,56$ ). Полное прорезывание нити происходило при нагрузке в среднем 1770,8 г ( $m = \pm 100,02$ ). Разрыв нити не зафиксирован.

Во второй группе (шов, выполненный обратно-режущей иглой) диастаз возникает при нагрузке в среднем 1754,75 г ( $m = \pm 77,32$ ). Полное прорезывание нити происходило при нагрузке в среднем 2571,25 г ( $m = \pm 103,78$ ). В трех случаях произошел разрыв нити.

Статистическая значимость различий результатов в обеих группах проверена с помощью критерия Стьюдента. Были выявлены значимые различия между исследуемыми группами: коэффициент достоверности в группе испытаний «диастаз 2 мм» составил 4,2, а для группы «полный разрыв» — 6,2, что соответствует уровню достоверности более 99% (уровень значимости  $p < 0,01$ ). Следовательно, различия между выборками неслучайные, и средние выборки считаются статистически значимо отличающимися. Различия между группами статистически значимы, и прочность сухожильных швов в первой группе образцов выше, чем прочность сухожильных швов во второй группе.

### Обсуждение

Исход восстановительных операций на поврежденных сухожилиях пальцев кисти, к сожалению, не всегда предсказуем. Типичными осложнениями являются разрыв шва, сращение сухожилия с окружающими тканями, контрактура суставов пальцев кисти [6]. Крайне неприятным осложнением является разрыв шва сухожилия. Лечение нужно начинать сначала, причем в неблагоприятных условиях (рубцы на месте первичной травмы и операции, отек тканей, контрактура поврежденного пальца, моральное состояние пациента и хирурга в связи с осложнением). Поэтому традиционно большой интерес исследователей вызывает изучение прочности сухожильного шва.

Организовать экспериментальное исследование на трупных человеческих сухожилиях — непростая задача. Один из авторов статьи неоднократно участвовал в международных образовательных и научных программах по хирургии кисти. В ряде стран, например в Швеции, проведение исследований и манипуляций на трупах требует сложного и длительного согласования на уровне министерств и ведомств. По этой причине многие хирурги для

экспериментальных испытаний используют более доступные сухожилия животных и птиц, чаще всего — свиной [7, 8, 9, 10]. В своем исследовании мы также использовали свиные сухожилия.

Изучения прочности шва сухожилия проводят с помощью специальных испытательных машин. Чаще других в публикациях упоминаются тестирующие системы компаний “Walter+Bai” и “Instron Corporation” [11, 12, 13, 14]. Эти дорогие стационарные машины доступны далеко не каждому университету, а тем более медицинскому учреждению. В связи с этим нас заинтересовал опыт американских кистевых хирургов, которые собрали испытательный стенд из подручных материалов [5]. Мы несколько изменили прототип. Благодаря импровизированным зажимам для сухожилий, наш стенд по сравнению с американским стал более компактным и экономичным. Появилась возможность использовать для испытаний короткие отрезки сухожилий вместо целого сегмента конечности свиньи.

Для регистрации измерений рекомендуется использование видеокамеры [15]. В качестве видеорегистраторов мы использовали камеры смартфонов.

Известно, что сухожильный шов будет состоятельным, если диастаз между концами сшитого сухожилий не будет превышать 2 мм. В связи с этим при испытаниях прочности сухожильных швов на разрыв ряд авторов регистрируют момент формирования диастаза между концами сухожилия 2 мм и момент полного разрыва [10, 12]. В нашем исследовании мы анализировали именно эти два показателя.

Влияют ли свойства хирургической иглы на качество сухожильного шва? Взгляды хирургов на этот счет неоднозначны.

По мнению ряда авторов, когда режущая игла проходит через толщу сухожилия, она формирует характерную рану треугольной формы, а при затягивании хирургическая нить врезается в угол образованной раны и разволокняет сухожилие. В отношении прорезывания нити более безопасна обратно-режущая игла. При использовании такой иглы треугольная рана в ткани сухожилия в меньшей степени подвергается физическому воздействию нити, максимальное натяжение которой приходится на основание треугольника [2, 3].

W.L. Lam с соавторами [4] считают, что свойства хирургической иглы не влияют на прочность соединения концов поврежденного сухожилия. Авторы проводили испытания на прочность сухожильных швов типа Kessler, наложенных колющей и режущей иглами. Эксперименты проводились на свиных сухожилиях. Авторы не выявили значимых различий в группах «колющая игла» и «режущая игла».

Нет единства во взглядах и среди производителей хирургических игл. В настоящее время ряд компаний предлагают особый хирургический шовный материал, предназначенные для восстановления сухожилий. Отечественные компании «Волоть» и «Линтекс» производят обратно-режущие иглы для сухожильного шва, зарубежная компания «Б. Браун» — колющие иглы, а американская «Супраид» — обратно-режущие и колющие. В эксперименте использовались стандартные многоцветные хирургические иглы.

В нашем исследовании узловый шов сухожилия, наложенный с помощью обратно-режущей иглы, оказался прочнее шва, выполненного традиционной режущей иглой. Для чистоты эксперимента мы выбрали наиболее простой узловый шов. Однако на практике хирурги чаще всего используют более сложные конфигурации сухожильных швов с 2, 4 или 6 прядями. В связи этим мы планируем провести аналогичные эксперименты со сложными традиционными способами сухожильного шва, а также сравнить швы, наложенные обратно-режущими иглами, со швами, выполненными иглами с другими свойствами (колющими, троакальными).

## Заключение

В нашем исследовании прочность узлового шва сухожилия статистически значимо зависела от свойств хирургической иглы. При соединении концов пересеченного сухожилия, а также в плане восстановления выбор обратно-режущей иглы предпочтительнее по сравнению с традиционной режущей иглой.

## Литература [References]

1. Jong J.P. de, Nguyen J.T., Sonnema A.J.M., Nguyen E.C., Amadio P.C., Moran S.L. The Incidence of Acute Traumatic Tendon Injuries in the Hand and Wrist: A 10-Year Population-based Study. *Clin Orthop Surg.* 2014;6(2):196-202. doi: 10.4055/cios.2014.6.2.196.
2. Золотов А.С., Зеленин В.Н., Сороковиков В.А. Хирургическое лечение повреждений сухожилий сгибателей пальцев кисти. Иркутск: РИО НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. 110 с. Zolotov A.S., Zelenin V.N., Sorokovikov V.A. [Surgical treatment of finger flexor tendon injuries]. Irkutsk: Irkutsk Scientific Center of Traumatology and Orthopedics at Russian Academy of Medical Sciences, 2006. 110 p. (In Russian).
3. Byrne M., Aly A. The Surgical Needle. *Aesthet Surg J.* 2019;39(Suppl\_2):S73-S77. doi: 10.1093/asj/sjz035.
4. Lam W.L., Garrido A., Vandermeulen J., Fagan M.J., Stanley P.R.W. Cutting or round-bodied needles for tendon repair. *J Hand Surg Br.* 2003;28(5):475-477. doi: 10.1016/s0266-7681(03)00169-4.
5. Construction Flexor Tendon Repair Assessment Tool. Creation of Reproducible Testing Method. ASSH. Available from: <https://www.assh.org/s/surgical-simulation>.
6. Tang J.B. New Developments Are Improving Flexor Tendon Repair. *Plast Reconstr Surg.* 2018;141(6):1427-1437. doi: 10.1097/PRS.0000000000004416.
7. Iwanaga Y., Morizaki Y., Uehara K., Tanaka S., Sakai T., Saito T. Robust Suture Combination for Rat Flexor Tendon Repair Model. *J Hand Surg Global Online.* 2020;354-358. doi: 10.1016/j.jhsg.2020.08.004.
8. Winters S.C., Gelberman R.H., Woo S.L., Chan S.S., Grewal R., Seiler J.G. 3rd. The effects of multiple-strand suture methods on the strength and excursion of repaired intrasynovial flexor tendons: a biomechanical study in dogs. *J Hand Surg Am.* 1998;23(1):97-104. doi: 10.1016/s0363-5023(98)80096-8.
9. Wong Y.R., Tay S.C. A Biomechanical Study of a Novel Asymmetric 6-Strand Flexor Tendon Repair Using Porcine Tendons. *Hand (N Y).* 2018;13(1):50-55. doi: 10.1177/1558944716685829.
10. Kang G.H., Wong Y.R., Lim R.Q., Loke A.M., Tay S.C. Cyclic Testing of the 6-Strand Tang and Modified Lim-Tsai Flexor Tendon Repair Techniques. *J Hand Surg Am.* 2018;43(3):285.e1-285.e6. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.08.014.
11. Грицюк А.А., Середка А.П. Ахиллово сухожилие. М.: РАЕН, 2010. 313 с. Gritsjuk A.A., Sereda A.P. Achilles tendon. M.: Russian Academy of Natural Sciences, 2010. 313 p. (In Russian).
12. Wallace S.J., Mioton L.M., Havey R.M., Muriuki M.G., Ko J.H. Biomechanical Properties of a Novel Mesh Suture in a Cadaveric Flexor Tendon Repair Model. *J Hand Surg Am.* 2019;44(3):208-215. doi: 10.1016/j.jhsa.2018.11.016.
13. Galvez M.G., Comer G.C., Chattopadhyay A., Long C., Behn A.W., Chang J. Gliding Resistance After Ependinous-First Repair of Flexor Digitorum Profundus in Zone II. *J Hand Surg Am.* 2017;42(8):662.e1-662.e9. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.04.013.
14. Lim R.Q.R., Wong Y.-R., Loke A.M.K., Tay S.-C. A cyclic testing comparison of two flexor tendon repairs: asymmetric and modified Lim-Tsai techniques. *J Hand Surg Eur.* 2018;43(5):494-498. doi: 10.1177/1753193418758828.
15. Tang Y.Q., Mao W.F., Wu Y.F. A new and accurate method to quantify gap formation in tendon repairs. *J Hand Surg Eur.* 2013;38(7):808-809. doi: 10.1177/1753193412455286.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Золотов Александр Сергеевич — д-р мед. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия  
e-mail: [dalexpk@gmail.com](mailto:dalexpk@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-0045-9319>

## AUTHORS' INFORMATION:

Aleksandr S. Zolotov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia  
e-mail: [dalexpk@gmail.com](mailto:dalexpk@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-0045-9319>

*Исоков Султонали Хужамурот-оглы* — студент 6-го курса, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия  
e-mail: sultanisakov5@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-7971-3174>

*Sultonali Isokov* — Eastern Federal University, Vladivostok, Russia  
e-mail: sultanisakov5@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-7971-3174>

*Исокова Азиза Хужумурат-кызы* — студентка 5-го курса, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия  
e-mail: aziza19-99@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8344-6769>

*Aziza Isokova* — Eastern Federal University, Vladivostok, Russia  
e-mail: aziza19-99@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8344-6769>

### *Заявленный вклад авторов*

*Золотов А.С.* — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание и редактирование текста.

*Исоков С.Х.* — сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста.

*Исокова А.Х.* — сбор и обработка материала, статистическая обработка.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

### *Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Редакционный комментарий к статье А.С. Золотова с соавторами «Оптимальная игла для шва сухожилий: традиционная режущая или обратно-режущая?»

### Editorial Comment on the Article by A.S. Zolotov et al. “The Optimal Surgical Needle for Tendon Suture: Cutting Edge or Reverse Cutting Edge?”

В 2003 г. вышла эпохальная статья G.C. Smith и J.P. Pell, в которой они разбирали эффективность парашютов для предотвращения смерти при падении с большой высоты. Поскольку корректно спланированных рандомизированных клинических исследований по этой теме не было, то авторы в шуточной форме сделали вывод о том, что эффективность парашютов не доказана «с точки зрения доказательной медицины», и предложили поборникам доказательной медицины самостоятельно принять участие в плацебо-контролируемых исследованиях парашютов [1].

В шуточной форме 18 лет назад была поднята серьезная проблема современной доказательной медицины: баланса очевидности и корректности доказательств. Конечно же, не нужно доказывать очевидное: парашюты при падении с высоты помогают. Однако авторы остроумно заметили, что существуют примеры летальных исходов при прыжке с парашютом и примеры счастливого выживания упавших с самолетов без парашютов.

Граница очевидности зыбкая. Изобретатель абстрактных биологически активных добавок будет считать, что его снадобье очевидно сращивает все переломы, избавляет от дисплазии и регенерирует переднюю крестообразную связку.

Мне кажется, что не нужно и пытаться определить, где находится эта граница очевидности. Это будет журнал учета журналов. Бессмысленный инструмент, который превратится в далекую от практики науку. Так тоже часто бывает: создается отдельное направление, в нем начинают собираться адепты, эксперты, их число крепнет, и они начинают жить в своем мире, мало связанном с реальностью.

Ну, взять те же клинические рекомендации. В нашей стране они должны пройти экспертизу перед утверждением. А на этапе этой экспертизы включается «журнал учета журналов»: помимо действительно важных замечаний выносятся и формальные замечания о том, что проект клини-

ческих рекомендаций не соответствует таким-то требованиям «приказа». Написано, что клинические рекомендации должны быть по конкретному коду МКБ — извольте. А код МКБ после эндопротезирования коленного сустава и до эндопротезирования вообще-то один и тот же, так что неужели после эндопротезирования нужно назначать средства по спасению хряща?

Мнимое решение проблемы очевидности путем определения его границ или «журнал учета журналов» еще более искрометно было описано R.W. Yeh с соавторами в статье 2018 г. Вы хотели рандомизированное клиническое двойное слепое исследование парашютов при выпрыгивании из самолета или с вертолета? Пожалуйста! Вот оно [2]. Абсолютно корректное с «точки зрения доказательной медицины» и статистики исследование. Авторы, помимо цели насмешить в столь искрометной форме, очевидно хотели сказать: «Можно удовлетворить любые, даже самые бюрократические и нелепые требования по доказательной медицине и статистике. Только улыбку вызовет не само исследование, а требование сделать «как в инструкции».

Тема прочности сухожильных швов – проходная. Своего рода избитый конек. Швов много, давайте придумаем какой-нибудь новый и докажем, что он крепче. С этого начинают многие молодые ученые [3], и такого рода исследований в студенческих кружках немало. Уже лет 70.

Однако проходная тема при пристальном рассмотрении оказывается не такой простой. Многие пытаются просто исследовать прочность шва на разрыв [4, 5, 6, 7]. При более детальном исследовании оказывается, что на прочность шва влияет множество факторов: прочность самой нити [8] и число нитей [9, 10, 11, 12], расположение узла вне или в плоскости разрыва и число узлов [9], число ярусов петель и геометрическая извилистость шва, определяющая способность шва «протягиваться» при нагрузке, да и сама степень натяжения нитей при их проведении в толще сухожилия [13].

Исследование абстрактной прочности на разрыв может иметь слабую корреляцию с реальной клинической практикой. Сшитое сухожилие может испытать сверхдопустимую нагрузку с разрывом в экстраординарной ситуации — самовольная преждевременная нагрузка, поскользывание, падение и пр. При этом сшитое сухожилие начинает срастаться сразу после его шва и становится все крепче и крепче с каждым днем. Как и при переломе, не существует критерия, когда можно сказать, что вот сегодня сухожилие срослось.

В связи с тем, что сшитое сухожилие постепенно набирает свою прочность, и важен функциональный послеоперационный подход, разрешающий ранние движения, более актуальным видятся исследования полициклической стабильности, в ходе которых изучается устойчивость шва к многократным малым нагрузкам, и таких исследований немало [13, 14, 15, 16, 17, 18].

Важность полициклической стабильности актуальна еще и в том ключе, что, пожалуй, единственный способ ускорить и упрочить срастание сухожилия — это его нагрузка, ранняя и прогрессивно увеличивающаяся [8]. Причем так прогрессирующая, чтобы не обогнать нативное срастание сухожилия и не получить усталостный разрыв нитей раньше времени. Да и попытка увеличить прочность шва за счет большего числа нитей наверняка приведет к деваскуляризации самого сухожилия. Как же это похоже на философию стабильно-функционального остеосинтеза.

В любом случае тема прочности сухожильного шва оказывается не такой простой, как может показаться в студенческом кружке: слишком много влияющих факторов. И тут мы опять возвращаемся к доказательной медицине. Для того чтобы изучить влияние одного фактора, у нас только два варианта действий: нам нужно либо исключить влияние других факторов (конфаундеров), либо проводить многофакторный анализ.

В статье «Оптимальная игла для шва сухожилий: традиционная режущая или обратно-режущая?» авторы изучают прочность на разрыв петлевого шва. Кто-то скажет, что такой шов никогда не используется в реальной практике, но позволю себе заметить, что именно таким приемом авторы отметили влияние всех других факторов. Почти всех, кроме узла и самой нити, но невозможно же изучать сухожильный шов без нити и узла.

Таким образом, если авторы хотели изучить рафинированное влияние на прочность шва формы отверстия от иглы, то они поступили совершенно правильно, применив именно такой неиспользуемый на практике петлевой шов.

Возможно, кто-то сделает замечание о том, что авторы не изучили нормальное распределение перед статистическим анализом. Да, это

справедливое замечание. Формально правильное. Но авторы этого не сделали, и я бы хотел их поддержать. А какие есть основания подозревать, что распределение будет ненормальным? Сколько у нас выходит статей без этого анализа? Много. А сколько статей публикуется, в которых нет расчета размера выборки (sample size calculation)? Да почти все. А, он, пожалуй, будет поважнее нормального распределения.

У авторов получилось, что результаты 1219 vs 1754 и 1770 vs 2571, т.е. прочнее в 1,40 и 1,45 раза. Различия в полтора раза. И тут можно опять вспомнить про парашюты. Авторы решили, что эта разница — достаточная, чтобы быть очевидной. И я, пожалуй, с ними соглашусь. Было бы 1,2–1,3 раза, то, пожалуй, было бы не так очевидно, и стоило бы использовать более прецизионные методы статистики и измерений.

Да, используемые авторами испытательные стенды могут вызвать недоумение. Разве можно в науке использовать бытовые весы и спиннинг? Конечно, спиннинг и бытовые весы не калибруются, не имеют метрологической поверки, сертификатов и прочее. Если бы коллегам было доступно профессиональное измерительное оборудование, они бы, конечно, его использовали. Но у них был спиннинг, и они использовали его. И даже сфотографировали. В конце концов, спиннинг и бытовые саморезы используются для тестирования прочности сухожильных швов и в США (<https://www.assh.org/s/surgical-simulation>), где с научным оборудованием дело обстоит, вероятно, несколько лучше.

Если и высказывать авторам замечание про ненаучное оборудование, то нужно прежде задать себе вопрос: а на все ли оборудование в вашей операционной есть регистрационные удостоверения? На все молотки, дрели? На все хирургические инструменты? И даже на ленд-лизровский зажим Бильбота? Как можно заниматься лечением и наукой, если нет документов? Я полагаю, что можно и нужно.

## Литература [References]

1. Smith G.C., Pell J.P. Parachute use to prevent death and major trauma related to gravitational challenge: systematic review of randomised controlled trials. *BMJ*. 2003;327(7429):1459-1461. doi: 10.1136/bmj.327.7429.1459.
2. Yeh R.W., Valsdottir L.R., Yeh M.W., Shen C., Kramer D.B., Strom J.B. et al. PARACHUTE Investigators. Parachute use to prevent death and major trauma when jumping from aircraft: randomized controlled trial. *BMJ*. 2018;363:k5094. doi: 10.1136/bmj.k5094. Erratum in: *BMJ*. 2018;363:k5343.
3. Трапезников А.В. О механической прочности различных швов сухожилий. Итоговая конф. ВНО слушателей ВМедА им. С.М. Кирова 12 апреля 1983 г. Воен.-мед. акад. : Тез. докл. Л.; 1983. С. 277-277.

- Trapeznikov A.V. [On the mechanical strength of various tendon sutures]. Final conf. Kirov VMedA April 12, 1983. Military-med. acad. : Abstracts. Leningrad; 1983. p. 277.
4. Cretnik A., Zlajpah L., Smrkolj V., Kosanović M. The strength of percutaneous methods of repair of the Achilles tendon: a biomechanical study. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(1):16-20. doi: 10.1097/00005768-200001000-00004.
  5. McKeon B.P., Heming J.F., Fulkerson J., Langeland R. The Krackow stitch: a biomechanical evaluation of changing the number of loops versus the number of sutures. *Arthroscopy.* 2006;22(1):33-37. doi: 10.1016/j.arthro.2005.10.008.
  6. Watson T.W., Jurist K.A., Yang K.H., Shen K.L. The strength of Achilles tendon repair: an in vitro study of the biomechanical behavior in human cadaver tendons. *Foot Ankle Int.* 1995;16(4):191-195. doi: 10.1177/107110079501600404.
  7. Zandbergen RA, de Boer SF, Swierstra BA, Day J, Kleinrensink GJ, Beumer A Surgical treatment of Achilles tendon rupture. Examination of strength of 3 types of suture techniques in a cadaver model. *Acta Orthop.* 2005;76(3):408-411.
  8. Середа А.П. Хирургическое лечение разрывов ахиллова сухожилия. Дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2015. 280 с.  
Sereda A.P. [Surgical Treatment for Acute Achilles Tendon Rupture]. Moscow, 2015. 280 p.
  9. Gelberman R.H., Boyer M.I., Brodt M.D., Winters S.C., Silva M.J. The effect of gap formation at the repair site on the strength and excursion of intrasynovial flexor tendons. An experimental study on the early stages of tendon-healing in dogs. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(7):975-982. doi: 10.2106/00004623-199907000-00010.
  10. Sandow M.J., McMahon M. Single-cross grasp six-strand repair for acute flexor tenorrhaphy: Modified Savage technique. In: Taras J.S., Schneider L.H. (eds). Atlas hand clinics. Philadelphia, Saunders; 1996:41-64.
  11. Winters S.C., Seiler J.G. 3rd, Woo S.L., Gelberman R.H. Suture methods for flexor tendon repair. A biomechanical analysis during the first six weeks following repair. *Ann Chir Main Memb Super.* 1997;16(3):229-234. doi: 10.1016/s0753-9053(97)80006-3.
  12. Winters S.C., Gelberman R.H., Woo S.L., Chan S.S., Grewal R., Seiler J.G. 3rd. The effects of multiple-strand suture methods on the strength and excursion of repaired intrasynovial flexor tendons: a biomechanical study in dogs. *J Hand Surg Am.* 1998;23(1):97-104. doi: 10.1016/s0363-5023(98)80096-8.
  13. Ефименко Н.А., Грицюк А.А., Гаврюшенко Н.С., Середа А.П., Кулешов Д.Н. Оптимальный шов ахиллова сухожилия (клинико-экспериментальное исследование). *Московский хирургический журнал.* 2011;19(3):44-50.  
Efimenko N.A., Gritcyuk A.A., Gavryushenko N.S., Sereda A.P., Kuleshov D.N. [Optimum seam of an achilles tendon (kliniko-experimental research)]. *Moskovskiy khirurgicheskiy zhurnal* [Moscow Surgical Journal]. 2011;19(3):44-50.
  14. Benthien R.A., Aronow M.S., Doran-Diaz V., Sullivan R.J., Naujoks R., Adams D.J. Cyclic loading of Achilles tendon repairs: a comparison of polyester and polyblend suture. *Foot Ankle Int.* 2006;27(7):512-518. doi: 10.1177/107110070602700706.
  15. Herbert M., Haber A., Zantop T., Gosheger G., Rosslenbroich S., Raschke M.J., Petersen W. Biomechanical comparison of the primary stability of suturing Achilles tendon rupture: a cadaver study of Bunnell and Kessler techniques under cyclic loading conditions. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(11):1273-1277. doi: 10.1007/s00402-008-0602-1.
  16. Lee S.J., Sileo M.J., Kremenic I.J., Orishimo K., Ben-Avi S., Nicholas S.J. et al. Cyclic loading of 3 Achilles tendon repairs simulating early postoperative forces. *Am J Sports Med.* 2009;37(4):786-790. doi: 10.1177/0363546508328595.
  17. Barber F.A., Howard M.S., Piccirillo J., Spenciner D.B. A Biomechanical Comparison of Six Suture Configurations for Soft Tissue-Based Graft Traction and Fixation. *Arthroscopy.* 2019;35(4):1163-1169. doi: 10.1016/j.arthro.2018.10.140.
  18. Camarda L., Pitarresi G., Fazzari F., Tumino D., D'Arienzo M. Biomechanical comparison between the modified rolling-hitch and the modified finger-trap suture techniques. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136(11):1595-1600. doi: 10.1007/s00402-016-2551-4.

**А.П. Середа**

член редколлегии журнала, д-р мед. наук  
заместитель директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр  
травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России  
по инновациям и развитию



Научная статья  
УДК 616.728.2-089.193.4-022  
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-84-98>

## Гистологическая оценка перипротезной инфекции с использованием шкалы HOES и анализа экспрессии CD15 при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава

Т.А. Силантьева, А.М. Ермаков, А.С. Тряпичников

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Повышение эффективности и стандартизация методов гистологической диагностики перипротезной инфекции (ППИ) является актуальной задачей лечения осложнений после эндопротезирования крупных суставов. **Цель исследования** — гистопатологическая оценка инфекционного поражения перипротезных тканей при ревизионном эндопротезировании по поводу глубокой инфекции тазобедренного сустава с использованием шкалы HOES (Histopathological osteomyelitis evaluation score) и иммуногистохимического исследования CD15. **Материал и методы.** Одноцентровое проспективное исследование выполнено на клиническом интраоперационном материале, полученном во время ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава у 27 взрослых пациентов в возрасте от 33 до 79 лет. В группу обследования вошли больные с острой и хронической глубокой ППИ. Светооптическое микроскопическое исследование образцов перипротезной соединительнотканной мембраны и костной ткани из очагов инфекционного поражения выполнено на парафиновых срезах, окрашенных гематоксилином и эозином; проведена иммуногистохимическая реакция для определения маркера нейтрофильных гранулоцитов CD15. Для объективизации признаков остеомиелита в перипротезной костной ткани использована шкала патогистологической оценки HOES. **Результаты.** Признаки острой и хронической стадий перипротезного остеомиелита наблюдались у 9 из 16 пациентов с хроническим течением ППИ в послеоперационном периоде от 1 до 30 мес., после манифестации симптомов — от 1 до 18 мес. У 12 из 27 пациентов с острой и хронической ППИ определены признаки остеомиелита в стадии ремиссии. Инфицированные перипротезные мембраны (ППМ) обнаружены на ранних и отдаленных сроках после операции эндопротезирования в 19 из 27 клинических случаев. Выявлена прямая значимая корреляция между гистопатологическими признаками инфицирования перипротезной кости и соединительнотканной ППМ, имеющая характер функциональной связи при остром и хроническом остеомиелите. **Заключение.** Использование шкалы HOES и иммуногистохимическое исследование маркера нейтрофильных гранулоцитов CD15 обеспечивает объективность гистологической диагностики ППИ. Полученные результаты свидетельствуют о повышенном риске развития остеомиелита у пациентов с хронической ППИ после эндопротезирования тазобедренного сустава.

**Ключевые слова:** тазобедренный сустав, ревизионное эндопротезирование, перипротезная инфекция, гистология, остеомиелит, перипротезная мембрана.

**Источник финансирования:** статья выполнена в рамках государственного задания на осуществление научных исследований и разработок 2021–2023 гг.

Силантьева Т.А., Ермаков А.М., Тряпичников А.С. Гистологическая оценка перипротезной инфекции с использованием шкалы HOES и анализа экспрессии CD15 при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):84-98. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-84-98>.

**Cite as:** Silantieva T.A., Ermakov A.M., Kliushin N.M., Tryapichnikov A.S. [Histological Evaluation of Periprosthetic Infection Using HOES and CD15 Expression Analysis in Hip Revision Arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):84-98. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-84-98>.

✉ Силантьева Тамара Алексеевна / Tamara A. Silanteva; e-mail: tsyl@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 02.03.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 14.05.2021.

© Силантьева Т.А., Ермаков А.М., Тряпичников А.С., 2021

## Histological Evaluation of Periprosthetic Infection Using HOES and CD15 Expression Analysis in Hip Revision Arthroplasty

Tamara A. Silantieva, Artem M. Ermakov, Aleksandr S. Tryapichnikov

National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics,  
Kurgan, Russia

### Abstract

**Background.** The effectiveness improvement and standardization of the methods of histological diagnosing periprosthetic infection (PPI) is an urgent task in the treatment of complications after large joint arthroplasty. **Purpose of the study** — Histopathological evaluation of the infection involvement of periprosthetic tissues at the stage of revision arthroplasty for deep infection of the hip using HOES scale and immunohistochemical analysis of CD15 expression. **Materials and Methods.** A single-center prospective study was performed on the clinical intraoperative material obtained at the stage of revision arthroplasty of the hip in 27 patients at the age of 65 (55÷69) years. The group of examination included patients with acute and chronic forms of deep periprosthetic infection. Light-optical microscopic investigation of the samples of periprosthetic connective-tissue membrane and bone tissue from the foci of infectious involvement was made on paraffin sections stained with hematoxylin and eosin; with the immunohistochemical reaction to determine the expression of CD15 neutrophil granulocyte markers. HOES Scale for pathohistological assessment was used in order to objectify osteomyelitis signs in periprosthetic bone tissue. **Results.** The signs of acute and chronic stages of periprosthetic osteomyelitis were observed in 9/16 patients with PPI chronic course within 1–30 months of postoperative period, from one to 18 months after manifestation of the symptoms. The signs of subsided osteomyelitis were determined in 12/27 patients with PPI of acute and chronic forms. Infected periprosthetic membranes were found in 19/27 clinical cases in the early and long-term time periods after arthroplasty surgery. A direct significant correlation was revealed between histopathological signs of infecting the periprosthetic bone and the connective-tissue periprosthetic membrane, especially strong one in patients with acute and chronic PPI osteomyelitis. **Conclusion.** The use of HOES Scale and the analysis of CD15 expression ensure the objectivity of PPI histological diagnosing. The results obtained indicate an increased risk of osteomyelitis development in patients with chronic periprosthetic infection after the hip arthroplasty.

**Keywords:** hip revision arthroplasty, periprosthetic infection, histology, osteomyelitis, periprosthetic membrane.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

Перипротезная инфекция (ППИ) является катастрофическим осложнением эндопротезирования крупных суставов, занимающим одну из лидирующих позиций в структуре причин ревизионного эндопротезирования [1, 2, 3]. В связи с ежегодным ростом количества подобных операций закономерно увеличивается и число пациентов с сопутствующими гнойными осложнениями [4, 5]. Частота ППИ после первичного эндопротезирования достаточно низка и составляет около 1%, однако при повторном инфицировании после ревизионного эндопротезирования варьирует от 14 до 33% [3, 6, 7]. По разным данным, после диагностики ППИ общая выживаемость трансплантата при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава составляет от 67 до 97% в течение пяти лет [5, 8, 9, 10].

Глубокая ППИ характеризуется наиболее тяжелым течением, поскольку распространена не только в коже и подкожной клетчатке, но и в периимплантационной зоне с вовлечением мышечной

и костной тканей [11]. Инфекционное поражение перипротезной кости при эндопротезировании крупных суставов представляет собой относительно новое проявление остеомиелита, требующее индивидуального подхода к выбору методов лечения с учетом серьезности и продолжительности проявления симптомов. Частота обнаружения остеомиелита после ревизионных операций может достигать 20% [12, 13]. Исходя из этого, уточнение локализации инфекционного воспалительного процесса на этапе реэндопротезирования является ключевым моментом при выборе тактики хирургического лечения данного заболевания [12, 14].

Патогистологическое подтверждение инфекционного воспаления входит в перечень международно признанных критериев и является составной частью диагностики ППИ [13, 15, 16]. Патоморфологическое заключение о наличии ППИ формируется преимущественно на основании гистологического исследования перипротезных/неосиновиальных мембран [7, 13, 15, 17].

При этом остеомиелитическое поражение парапротезной кости подразумевается [3, 8, 18], но специальные публикации на эту тему крайне немногочисленны [19]. Между тем, согласно данным ретроспективного популяционного когортного исследования, риск развития хронического остеомиелита после эндопротезирования тазобедренного сустава достаточно высок [19].

Золотым стандартом диагностики остеомиелита является патоморфологическое исследование, которое до настоящего времени затруднено из-за отсутствия точных гистологических критериев [12, 20]. Применение балльной шкалы оценки HOES (Histopathological osteomyelitis evaluation score) объективизирует и повышает точность дифференциальной патогистологической диагностики острого и особенно хронического остеомиелита [20, 21]. Иммуногистохимическое определение поверхностного маркера нейтрофильных гранулоцитов CD15 рекомендовано для улучшения качества диагностики инфекционного воспаления при ППИ [15, 22, 23]. Однако совместное применение этих подходов для диагностики ППИ до сих пор не практиковалось.

**Цель исследования** — гистопатологическая оценка инфекционного поражения перипротезных тканей на этапе реэндопротезирования по поводу глубокой инфекции тазобедренного сустава с использованием шкалы HOES и иммуногистохимического определения CD15.

### Материал и методы

#### Дизайн исследования

Характер исследования — одноцентровое проспективное исследование, проведенное с 2016 по 2019 г.

**Критерии включения:** глубокая ППИ тазобедренного сустава, отвечающая большим и малым диагностическим признакам согласно решениям международного консенсуса по ППИ (2018 г.) [16].

**Критерии исключения:** двустороннее эндопротезирование тазобедренных суставов, перипротезный перелом или рецидивирующий вывих, онкологические заболевания костей, гистиоцитарные пролиферативные заболевания, саркоидоз, остеомиелит, случаи получения неинформативных образцов тканей.

#### Пациенты

В 2016–2019 гг. в клинике НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова было прооперировано 390 больных, направленных из других учреждений по поводу ППИ тазобедренного сустава. У 304 (78%) пациентов инфекция развилась после первичного эндопротезирования, у 86 (22%) — после ревизионной артропластики. С учетом перечисленных выше критериев в исследование были включены 27 из 97 больных, прооперированных одним хирургом-ортопедом. В группу вошли пациенты в возрасте от 33 до 79 лет.

Для корректного представления сведений о пациентах и результатов исследований данные были сгруппированы в соответствии с предложенной нами сводной классификацией ППИ (табл. 1). В подгруппу 1 вошли пациенты с острой ППИ; у пациентов подгруппы 2 диагностировали хроническую, а в подгруппе 3 — хроническую персистирующую/рецидивирующую формы ППИ.

В таблице 2 представлены демографические и некоторые клинические данные о поступивших пациентах, а также исходы их лечения.

Таблица 1

**Сводная классификация перипротезной инфекции [7, 23, 24, 25, 26, 27]**

Характеристика		Тип перипротезной инфекции		
		Острая	Хроническая	Хроническая персистирующая / рецидивирующая
Патогенез	Послеоперационная (<90 сут. после операции)	< 21 сут. после первичной манифестации симптомов в периоде до 3 мес. после операции	> 21 сут. после первичной манифестации симптомов в периоде до 3 мес. после операции	Персистенция или рецидивы симптомов в периоде более 24 мес. после манифестации
	Гематогенная (>90 суток после операции)	< 21 сут. с момента первичной манифестации симптомов спустя 3 мес. и более после операции	> 21 сут. с момента первичной манифестации симптомов спустя 3 мес. и более после операции	Персистенция или рецидивы симптомов в периоде более 24 мес. после манифестации

Окончание таблицы 1

Характеристика	Тип перипротезной инфекции		
	Острая	Хроническая	Хроническая персистирующая / рецидивирующая
Хирургическое лечение	Санация инфекционного очага с заменой всех мобильных и сохранением фиксированных компонентов эндопротеза	Полное удаление эндопротеза (одно-, двух- или многоэтапная замена)	Полное удаление эндопротеза (одно-, двух- или многоэтапная замена, резекционная артропластика или артродез)

Таблица 2

**Демографические и некоторые клинические характеристики пациентов**

Параметр	Подгруппа			
	1 (n = 5)	2 (n = 16)	3 (n = 6)	Все (n = 27)
Возраст, лет, Me(Q1-Q3)	55 (39-51)	67 (64-73)	52 (39-59)	65 (55-68)
Пол, мужчины / женщины	3/2	3/13	5/1	11/16
Период от эндопротезирования до начала инфекции, Me (Q1-Q3)	24 (22-24) сут.	12 (1-18) мес.	42 (15-60)* мес.	-
Период от начала инфекции до ревизионной операции, Me(Q1-Q3)	17 (15-17) сут.	4 (1-11) мес.	60 (60-60)* мес.	-
<b>Сопутствующие заболевания</b>				
Диабет	1	2	2	5
Хроническая болезнь почек	1	1	1	3
Иммунодефицитные состояния (СПИД, вирусный гепатит)	2	-	2	4
Онкологические заболевания		1	-	1
Ожирение	1	3	1	5
Анемия	4	12	1	16
<b>Виды операций и случаи повторного инфицирования</b>				
Дебридмент	5	-	-	5
Одноэтапная ревизия	-	3	2	5
Двухэтапная ревизия	-	13	3	16
Резекционная артропластика	-	-	1	1
Рецидив перипротезной инфекции	-	5	1	6

\* У троих больных подгруппы 3 началом воспалительного процесса считали манифестацию гнойного артрита, предшествующую первичной ревизионной артропластике; клинико-лабораторные признаки внутрисуставной инфекции отсутствовали на момент проведения операции по первичному эндопротезированию.

**Возбудители перипротезной инфекции**

У 13 пациентов в материале, полученном во время операции, была идентифицирована грамположительная микрофлора в монокультуре, у 5 пациентов — граммотрицательная микрофлора в монокультуре, у 4 больных — микробные ассоциации.

Ассоциации микроорганизмов были представлены: в подгруппе 1 — *K. pneumoniae* и *S. haemolyticus*; в подгруппе 2 — *S. epidermidis*, *P. aeruginosa* и *E. faecalis*; *V. species*, *E. coli*, β-лактамаза расширенного спектра (БЛРС), *P. aeruginosa* и *K. pneumoniae*; в подгруппе 3 — *S. saprophyticus* и *S. capitis*. У 5 пациентов в подгруппах 2 и 3 результаты микробиологического исследования были отрицательными. Обобщенные данные о видовой принадлежности микроорганизмов в группе пациентов с ППИ представлены в таблице 3.

**Гистологическое и иммуногистохимическое исследования**

Гистологическое исследование каждого клинического случая выполнено на 3–5 образцах интраоперационно иссеченных перипротезных тканей очага воспаления. Фрагменты костей и соединительнотканной перипротезной мембраны (ППМ) фиксировали в 10% нейтральном формалине. Декальцификацию образцов производили в автомате для гистологической обработки тканей Sakura™ TDE 30 раствором TDE™ 30 (Sakura Finetek Europe, Нидерланды). Обработку мягких тканей с костными включениями выполняли в течение одних суток, костных фрагментов — до 5 сут. Далее образцы тканей обезвоживали в этаноле, уплотняли в парафине и микротомировали. Гистологические срезы толщиной 5–7 мкм окрашивали гематоксилином и эозином.

Таблица 3

**Видовой спектр микроорганизмов в группе пациентов с глубокой перипротезной инфекцией**

Микроорганизм	Число пациентов (абс.)			
	Подгруппа 1	Подгруппа 2	Подгруппа 3	Все подгруппы
<b>Грамположительные</b>				
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	3	–	4
<i>Staphylococcus aureus</i> MRSA	–	2	–	2
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	–	1	–	1
<i>Staphylococcus epidermidis</i> MRSE	1	–	1	2
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	–	1	1	2
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	1	–	–	1
<i>Staphylococcus capitis</i>	–	–	1	1
<i>Enterococcus faecalis</i>	–	2	1	3
<i>Peptostreptococcus magnus</i>	1	–	–	1
<i>Actinomyces spp</i>	–	1	–	1
<b>Грамотрицательные</b>				
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	4	1	6
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1	1	–	2
<i>Klebsiella pneumoniae</i> БЛРС	–	1	–	1
<i>Escherichia coli</i> БЛРС	–	1	–	1
<i>Vibrio species</i>	–	1	–	1
Монокультуры	4	11	3	18
Смешанные культуры	1	2	1	4
Роста нет	–	3	2	5

MRSA — метициллинрезистентный золотистый стафилококк; MRSE — метициллинрезистентный эпидермальный стафилококк; БЛРС — β-лактамаза расширенного спектра.

Иммуногистохимическое окрашивание парафиновых срезов выполняли в ручном режиме с применением первичных антител кролика против антигена CD15 (Anti-CD15 antibody [SP159] ab135377), разведенных буфером (ab64211) в соотношении 1:50 в соответствии с рекомендацией производителя (Abcam, Великобритания). Для идентификации сайтов специфического связывания первичных антител использовали пероксидазную систему детекции с диаминобензидином с микрополимером (ab236469 — Rabbit specific HRP/DAB Detection IHC Detection Kit-Micropolymer). Основные этапы анализа осуществляли в соответствии с протоколами, размещенными на сайте производителя (Abcam, Великобритания). Изменения касались условий инкубации депарафинированных гистологических срезов с первичными антителами: процедуру производили в течение 1 ч. при температуре 4°C. При постановке отрицательной контрольной реакции первичные антитела не применялись.

Автоматизированную оцифровку гистологических препаратов выполняли в сканирующем микроскопе для лабораторных исследований PANNORAMIC Midi II BF (3DHISTECH Ltd., Венгрия) по технологии Whole-slide imaging. При получении цифровых изображений полей зрения с объективом  $\times 40$  использовали опцию улучшения качества изображения путем сканирования нескольких фокальных плоскостей с их последующим цифровым совмещением. Описательное исследование цифровых гистологических препаратов, оценку числа клеток в поле зрения площадью 0,1 мм<sup>2</sup> производили с использованием программного продукта PANNORAMIC Viewer, версия 2.4 (3DHISTECH Ltd., Венгрия). При визуальной оценке количества CD15-позитивных нейтрофильных гранулоцитов в поле зрения ориентировались на рекомендации Ф. Кренн с соавторами [15]. Вместе с тем CD15-позитивные клетки не подсчитывали в просвете кровеносных сосудов и красном костном мозге [28].

Для объективизации гистопатологических признаков остеомиелита использовали шкалу балльной оценки HOES, разработанную А. Tiemann с соавторами [20]. По балльной шкале (от 0 до 3 баллов) на цифровых препаратах оценивали выраженность остеомиелитического процесса по критериям:

– острое состояние — остеонекроз (A1), некроз мягких тканей (A2), инфильтрация гранулоцитами (A3);

– хроническое состояние — новообразование/фиброз кости (C1), лимфоцитарно-макрофагальная инфильтрация (C2).

По предложенным формулам определяли соответствие суммарной балльной оценки стадиям остеомиелита:

$A1 + A2 + A3 \geq 4$  — острый;

$A1 + A2 + A3 + C1 + C2 \geq 6$  — активный хронический («цветущий»);

$C1 + C2 \geq 4$  — хронический;

$1 < C1 + C2 < 4$  — в стадии ремиссии (затихший);

$C1 + C2 \leq 1$  — нет признаков остеомиелита.

Гистологическое типирование ППМ выполняли в соответствии с классификацией V. Krenn с соавторами (2014). Различали ППМ абразивного (I), инфекционного (II), комбинированного (III) и индифферентного или фиброзного (IV) типов [29].

Инфекционный процесс верифицировали с применением критерия Фельдмана — более 5 нейтрофилов не менее чем в пяти полях зрения при микроскопном увеличении  $\times 400$  [22]. Для каждого образца ткани исследовали не менее 10 полей зрения. Идентификацию частиц износа в перипротезных тканях производили в соответствии с диагностическим алгоритмом, разработанным G. Perino с соавторами [30].

### Статистический анализ

Цифровые данные статистически обрабатывали с использованием электронных таблиц Microsoft Excel. Сведения о возрасте пациентов, длительности периодов до и после выявления ППИ относительно этапов первичного и повторного эндопротезирования представлены в виде медиан (Me) и их нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3). Оценку корреляционной связи между выявлением признаков остеомиелита и инфицирования ППМ производили с применением непараметрического коэффициента Спирмена  $r$  при статистической мощности критерия 0,8–0,9 на уровне доверительной вероятности 95% [31, 32].

### Результаты

В соответствии со шкалой гистологической балльной оценки HOES признаки острой стадии остеомиелита были отмечены лишь у одного пациента подгруппы 2 через 28 сут. после манифестации инфекционного процесса (табл. 4).

Морфологические признаки острого остеомиелита включали комплекс некротических изменений в костной и мягких тканях очага поражения. Костные трабекулы были деформированы и секвестрированы, имели изрезанный контур, визуально пустые костные лакуны. В межтрабекулярных пространствах обнаруживали фибрин, тканевой и клеточный детрит, реактивно измененную грануляционную ткань. Отмечали выраженный перитрабекулярный отек, гиперемию и тромбоз сосудов микроциркуляторного русла. Иммуногистохимически определяли обильную инфильтрацию CD15-позитивными гранулоцитами (рис. 1 а, б).

Таблица 4

## Оценка стадий остеомиелита и гистологических типов перипротезных мембран у пациентов с глубокой перипротезной инфекцией тазобедренного сустава

Подгруппа	Число пациентов	Стадия остеомиелита*					Тип перипротезной мембраны			
		нет	ОО	ХОА	ХО	ЗО	I	II	III	IV
1	5	1	0	0	0	4	0	2	2	1
2	16	2	1	4	4	5	3	5	7	1
3	6	3	0	0	0	3	3	2	1	0
Все	27	6	1	4	4	12	6	9	10	2

\* Стадии остеомиелита: ОО — острый; ХОА — хронический активный; ХО — хронический; ЗО — затихший.

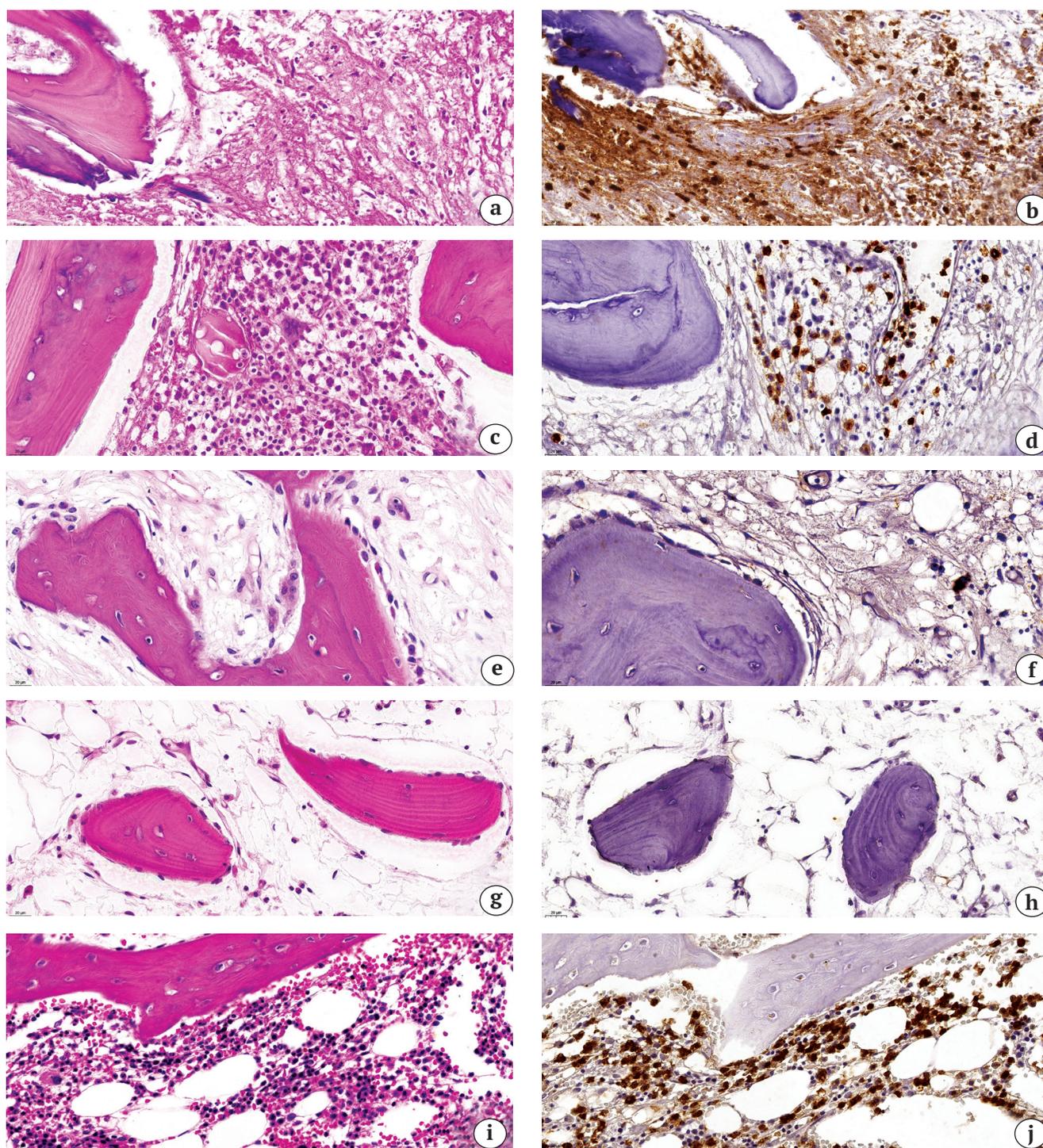
Хронический активный («цветущий») остеомиелит диагностировали у 4 пациентов подгруппы 2 в периоде от 4 до 10 месяцев после манифестации признаков инфекционного воспаления (см. табл. 4). В очаге поражения определялись костные микросеквестры в окружении реактивно измененной рыхлой соединительной ткани, инфильтрованной полиморфноядерными лейкоцитами, лимфоцитами, плазматическими клетками, моноцитами. В матрикс костных трабекул имелись многочисленные линии склеивания, запустевшие лакуны и некробиотически измененные остеоциты. Репаративные процессы были слабо выраженными. Наблюдали мультифокальные нарушения микроциркуляции — сосудистый стаз, микротромбообразование и перитрабекулярный отек (рис. 1 с). CD15-позитивные нейтрофильные гранулоциты распределялись диффузно и накапливались в микроабсцессах (рис. 1 d).

Признаки хронической стадии остеомиелита определялись в четырех клинических случаях подгруппы 2, признаки ППИ сохранялись от 4 до 18 мес. (см. табл. 4). Гистологически наблюдали признак продуктивного воспаления — фиброз костного мозга с инфильтрацией реактивно измененной соединительной ткани преимущественно лимфоцитами, плазматическими клетками, эозинофилами, моноцитами и макрофагами. Отмечали ремоделирование костной ткани: эндостальный и периостальный остеогенез, остеокластическую резорбцию. В рыхлой соединительной ткани межтрабекулярных промежутков наблюдали явления перитрабекулярного отека, неравномерное кровенаполнение

и микротромбы в сосудах внутрикостного микроциркуляторного русла. В большинстве полей зрения выявлено не более 5 CD15-позитивных нейтрофилов (рис. 1, e, f).

У 12 пролеченных пациентов в трех подгруппах гистологическая оценка соответствовала затихшему остеомиелиту (см. табл. 4). Трабекулярная сеть губчатого костного вещества была гипопластичной, костный мозг подвергался очаговому фиброзированию и жировой дегенерации. В его составе определялись клеточно-воспалительные элементы: лимфоциты и мононуклеарные фагоциты, плазматические клетки. CD15-позитивные нейтрофильные гранулоциты встречались редко, не более одного в поле зрения. Отмечали неравномерное кровенаполнение внутрикостных кровеносных сосудов, отек перитрабекулярных пространств (рис. 1, g, h).

У 6 пациентов, прооперированных в различные сроки после манифестации перипротезного воспаления, гистологические признаки остеомиелита отсутствовали. Костные трабекулы формировали развитую крупноячеистую сеть с типичным красным костным мозгом межтрабекулярных промежутков. В костных лакунах определялись ядро-содержащие остеоциты, поверхность трабекул выстигала преимущественно покоящиеся клетки, встречались активные остеобласты (рис. 1, i). Иммуногистохимически окрашивалось большое количество CD15-позитивных клеточных элементов, однако их подсчет не производили в связи с невозможностью дифференциального выявления гранулоцитов на ранних и терминальных этапах миелопоэза (рис. 1 j).



**Рис. 1.** Гистологическое строение перипротезного губчатого костного вещества пациентов с глубокой ППИ тазобедренного сустава на этапе ревизионного эндопротезирования. Гистологические и иммуногистохимические признаки острого (a, b), хронического активного (c, d), хронического (e, f), затихшего (g, h) остеомиелита; губчатое костное вещество без признаков остеомиелитического поражения (i, j). Парафиновые срезы. Окраска гематоксилином и эозином (a, c, e, g, i). Иммуногистохимическое выявление антигена CD15 (b, d, f, h, j). Исходное увеличение  $\times 400$ ; масштабный отрезок — 50 мкм

**Figure 1.** Histology of periprosthetic cancellous bone in patients with deep periprosthetic infection of the hip at the stage of revision arthroplasty. Histological and immunohistochemical signs of acute (a, b), chronic active (c, d), chronic (e, f), subsided (g, h) osteomyelitis; spongy bone without signs of osteomyelitic involvement (i, j). Paraffin sections. Staining with hematoxylin and eosin (a, c, e, g, i). Immunohistochemical detection of CD15 antigen (b, d, f, h, j). Original mag.  $\times 400$ ; scale bar — 50  $\mu\text{m}$

ППМ абразивного I типа определялась в шести клинических случаях в подгруппах 2 и 3 спустя более чем 1 мес. после операции эндопротезирования. В раннем послеоперационном периоде реактивно измененная волокнистая соединительная ткань ППМ была богата фибробластоподобными клетками и элементами моноцитарно-макрофагального ряда, в отдельных полях зрения отмечалась околососудистая лимфоцитарная инфильтрация. Сосуды микроциркуляторного русла были широкими, полнокровными, наблюдались очаги кровоизлияний. В более поздние сроки преобладали волокнистые компоненты тканевого матрикса, клеточная плотность была снижена. Во многих полях зрения обнаруживали частицы износа, различающиеся по морфологическим признакам. Среди них встречались прозрачные многоугольные частицы полиэтилена диаметром около 10 мкм; конгломераты черных металлических частиц диаметром около 1 мкм и менее, а также рыхлые скопления мелких серовато-коричневых керамических частиц (рис. 2, а, b). Вблизи крупных инородных частиц визуализировались гигантские многоядерные клетки. Мелкие частицы, гемосидерин фагоцитировались макрофагами со слабо CD15-позитивной цитоплазмой (рис. 2, b). В отдельных полях зрения отмечали единичные CD15-позитивные полиморфноядерные гранулоциты.

ППМ инфекционного типа II регистрировали в 9 клинических случаях, в каждой из подгрупп наблюдения (см. табл. 4). В операционных образцах определялась реактивно измененная волокнистая соединительная ткань. Наряду с разрыхлением коллагеновых пучков наблюдали высокую плотность фибробластов, околососудистую локализацию лимфогистиоцитарных инфильтратов (рис. 2, с). В микроциркуляторной сосудистой сети отмечали неравномерное кровенаполнение, стаз, неоангиогенез. Обнаруживались многочисленные очаги тканевой и клеточной деструкции в сочетании с воспалительным отеком и обильной инфильтрацией CD15-позитивными полиморфноядерными лейкоцитами (рис. 2, d).

ППМ комбинированного типа III была идентифицирована у 10 пациентов, преимущественно в подгруппе 2 (см. табл. 4). Ее гистологические характеристики сочетали признаки ППМ типов I и II. В реактивно измененной соединительной ткани отмечали разрыхление и деструкцию пучков коллагеновых волокон, высокую численную плотность фибробластов, очаги неоангиогенеза, воспалительный отек, инфильтрацию лимфоцита-

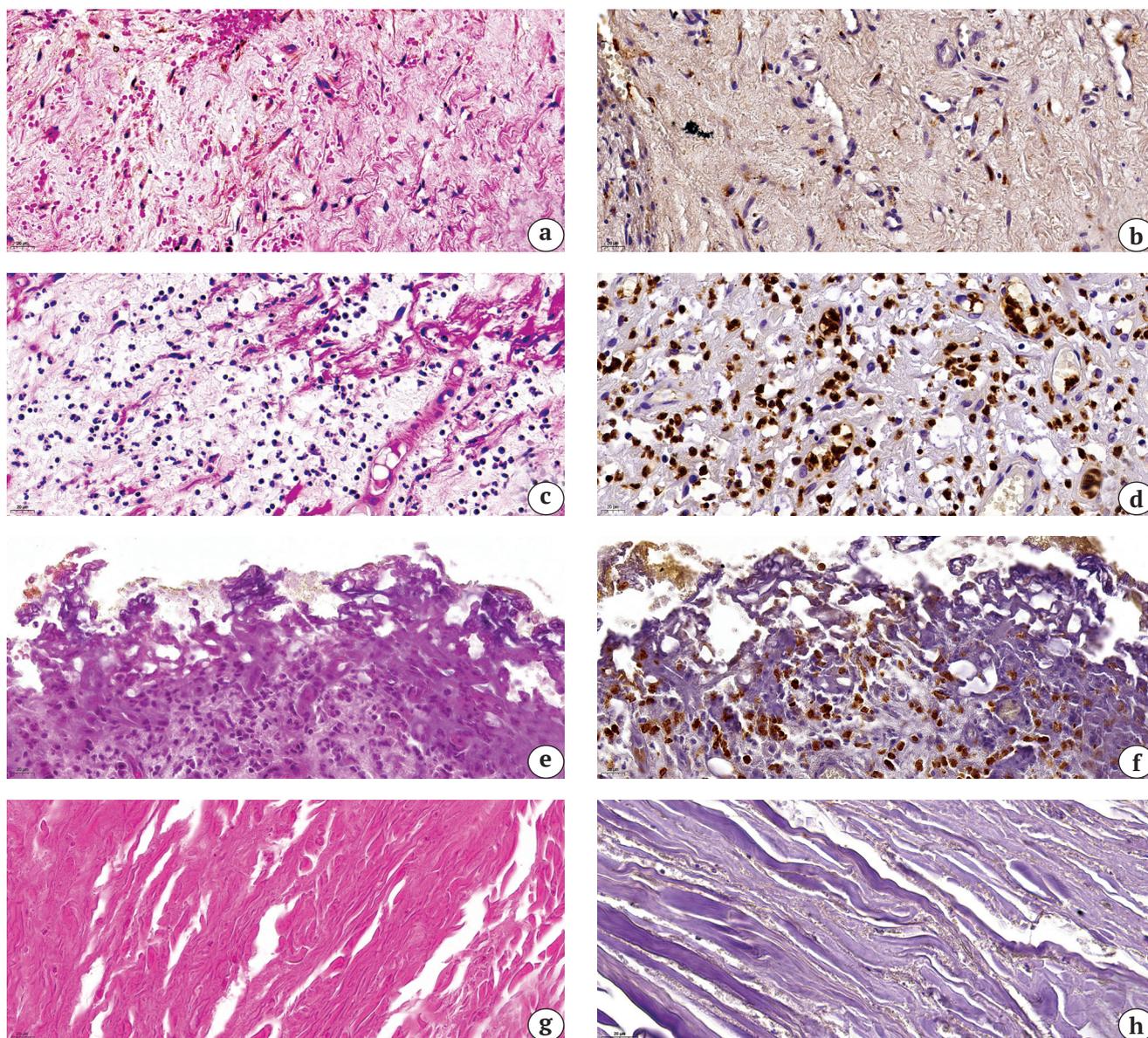
ми, моноцитами, CD15-позитивными полиморфноядерными лейкоцитами. Во многих полях зрения определялись скопления микрочастиц износа (рис. 2, i, f).

ППМ индифферентного типа IV была отмечена в двух клинических случаях в периоде до 2 мес. после операции эндопротезирования (см. табл. 4). В исследованных образцах определялась фиброзная ткань с низким содержанием клеток и сосудов микроциркуляторного русла, богатая коллагеновыми волокнами. Рыхлые соединительнотканые прослойки между фиброзными тяжами были васкуляризованы полнокровными капиллярами, инфильтрация воспалительно-клеточными элементами не наблюдалась (рис. 2, g, h).

Анализ полученных данных позволил установить связь между выявлением гистологических признаков перипротезного остеомиелита и инфицированием ППМ у больных с ППИ. На рисунке 3 показано, что инфекционный и комбинированный типы ППМ определялись главным образом в сочетании с признаками острого, хронического активного, хронического и затихшего остеомиелита. При этом ППМ абразивного типа I встречалась как у пациентов с признаками затихшего остеомиелита, так и без признаков внутрикостной инфекции. ППМ индифферентного типа IV наблюдали только при отсутствии воспалительного процесса в костной ткани.

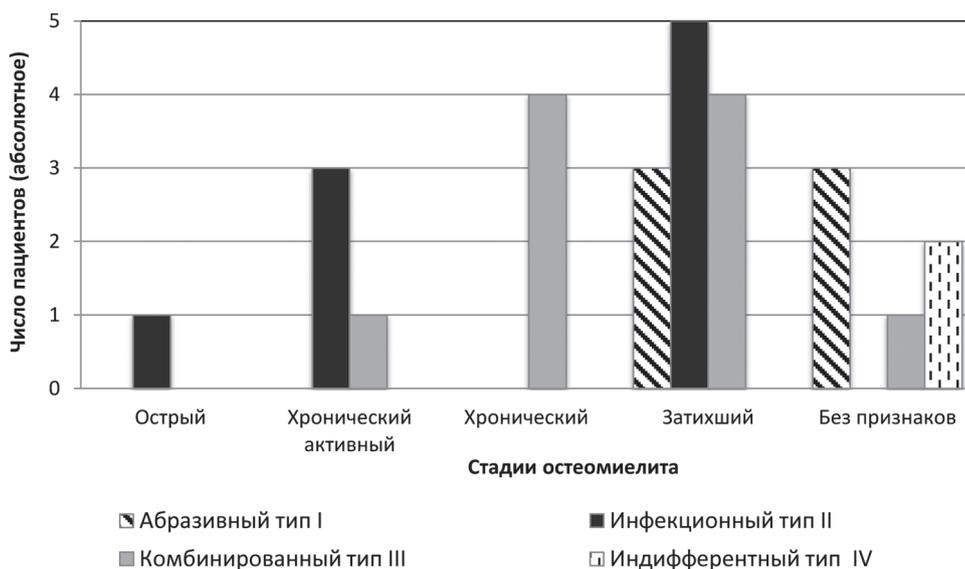
Статистический анализ корреляционной связи между гистологическими оценками остеомиелитического поражения перипротезной кости и инфицирования соединительнотканых ППМ выявил прямую статистически значимую зависимость, особенно сильно выраженную в случаях острой, хронической активной и хронической стадий остеомиелита (табл. 5). Корреляционная связь гистологически подтвержденного остеомиелита с положительными результатами микробиологического тестирования интраоперационных образцов была также прямой и значимой, но в целом менее тесной.

Рецидивы ППИ после проведенного лечения были отмечены у 6 из 22 больных в подгруппах 2 и 3 (см. табл. 2). У всех 6 пациентов определялись признаки остеомиелита различных стадий (затихший, хронический, хронический активный), инфицированные ППМ типов II либо III. У 5 пациентов с хронической ППИ была обнаружена агрессивная грамположительная либо грамотрицательная микрофлора (*Staphylococcus aureus* MRSA, *Pseudomonas aeruginosa*), у больного с рецидивирующим течением ППИ — *Enterococcus faecalis* в монокультуре.



**Рис. 2.** Гистологические типы перипротезных мембран у пациентов с глубокой перипротезной инфекцией тазобедренного сустава на этапе ревизионного эндопротезирования: абразивный тип I (a, b), инфекционный тип II (c, d), комбинированный тип III (e, f), индифферентный (фиброзный) тип IV (g, h). Парафиновые срезы. Окраска гематоксилином и эозином (a, c, d, g). Иммуногистохимическое выявление антигена CD15 (b, d, f, h). Исходное увеличение  $\times 400$ ; масштабный отрезок — 50 мкм

**Figure 2.** Histological types of periprosthetic membranes in patients with deep periprosthetic infection of the hip at the stage of revision arthroplasty: abrasion-induced type I (a, b), infectious type II (c, d), combined type III (e, f), indifferent (fibrous) type IV (g, h). Paraffin sections. Staining with hematoxylin and eosin (a, c, d, g). Immunohistochemical detection of CD15 antigen (b, d, f, h). Original mag.  $\times 400$ ; scale bar — 50  $\mu\text{m}$



**Рис. 3.** Распределение гистологических типов перипротезных мембран в соответствии с гистопатологической оценкой стадии остеомиелита на этапе реэндопротезирования по поводу глубокой перипротезной инфекции тазобедренного сустава

**Figure 3.** Distribution of histological types of periprosthetic membranes according to the histopathological osteomyelitis assessment at the stage of revision arthroplasty for deep periprosthetic infection of the hip

Таблица 5

**Корреляционная связь гистологических оценок перипротезного остеомиелита с гистологическими признаками инфицирования перипротезных мембран и результатами микробиологического тестирования**

Стадия остеомиелита	Коэффициент Спирмена r		Теснота связи по шкале Чеддока		Мощность критерия*		Направленность / значимость связи**
	ПМ	МТ	ПМ	МТ	ПМ	МТ	
Все результаты	0,85	0,60	Высокая	Заметная	0,9	<0,8	Прямая / значимая
Острый и хронический	0,99	0,83	Очень высокая	Высокая	0,9	<0,8	Прямая / значимая
Затихший	0,72	0,79	Высокая	Высокая	<0,8	0,8	Прямая / значимая
Нет признаков	0,78	0,55	Высокая	Заметная	<0,8	<0,8	Прямая / незначимая

\* — значение мощности критерия при  $p < 0,05$ ; \*\* — зависимость признаков статистически значима при  $p < 0,05$ ; ПМ — гистологические признаки инфицирования перипротезной мембраны; МТ — результаты микробиологических тестов.

**Обсуждение**

Гистологическое исследование перипротезных тканей является важным аналитическим инструментом для оценки реакции организма на имплантат и возможных инфекционных осложнений. Его стандартизация необходима для получения точных и воспроизводимых данных в комплексной клинической диагностике, при проведении сравнительных научных исследований и внесении сведений в регистры артропла-

стики [33]. Авторами ряда клинических работ установлено, что исследование образцов тканей, полученных интраоперационно либо в результате открытой биопсии, более информативно в сравнении с анализом аспирата или игольчатой биопсии [7, 34, 35, 36]. Согласно действующим российским и международным клиническим рекомендациям, гистологическое исследование интраоперационных образцов внутрисуставных и околопротезных тканей является обязатель-

ным при подозрении на ППИ [7, 11, 15, 16, 36, 37]. В соответствии с данными рекомендациями мы выполнили одноцентровое проспективное гистологическое исследование биопсий костного вещества и соединительнотканной ППМ, полученных во время операции ревизионного эндопротезирования у 27 пациентов с глубокой ППИ тазобедренного сустава.

Подсчет количества полиморфноядерных нейтрофильных гранулоцитов в тканях перипротезной/неосиновиальной мембран является одним из общепринятых диагностических критериев ППИ суставов согласно рекомендациям American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) и согласительных конференций по скелетно-мышечной инфекции. Рекомендовано проводить анализ пороговых значений либо максимальной концентрации нейтрофилов в полях зрения высокой мощности с применением разных методик окрашивания [16, 28, 29, 37]. В нашем исследовании применение данной методики позволило идентифицировать инфицированные ППМ типов II и III в 19 из 27 клинических случаев в ранние и отдаленные сроки после операции эндопротезирования.

По мнению A. Tiemann с соавторами, гистопатологическая оценка является непереносимым условием для диагностики инфекционного поражения кости, поскольку микробиологическое исследование связано с неприемлемо высокой частотой ложноотрицательных результатов (до 30%). Кроме того, гистопатологическое исследование костной ткани обеспечивает дифференциальную диагностику неопластических заболеваний [20]. V. Krenn и G. Perino считают обязательным патогистологическое исследование поражения перипротезной кости и определяют его как тип VII имплант-ассоциированной локальной патологии [33]. Шкала гистологической оценки HOES, разработанная для обеспечения стандартизированной и воспроизводимой диагностики остеомиелита, подтвердила свою адекватность на клинических моделях острого и хронического остеомиелита различной локализации [20, 21].

Применив шкалу оценки HOES для анализа операционного материала, мы установили, что признаки острого, активного и неактивного хронического перипротезного остеомиелита наблюдались у 9 из 16 пациентов с хроническим течением ППИ в сроки от 1 до 30 мес. послеоперационного периода, от 1 до 18 мес. после манифестации симптомов. У 12 из 27 пациентов с острой, хронической и персистирующей/рецидивирующей формами ППИ были определены признаки затихшего остеомиелита. Была выявлена прямая значимая корреляция между гистопатологическими признаками инфицирования перипротезной кости и соединительнотканной ППМ. Указанная связь была чрезвычай-

но сильной (функциональной) в случае острой и хронической стадий остеомиелита. В то же время корреляционная связь между гистологическими признаками остеомиелита и результатами микробиологического тестирования была менее тесной, что соответствует опубликованным данным о высокой частоте ложноотрицательных результатов последнего [20].

На сегодняшний день установлено, что иммуногистохимическое исследование антигена CD15 на поверхности нейтрофилов значительно повышает диагностическую точность патогистологической диагностики бактериальной инфекции. В опубликованных работах сообщается об интенсивном мечении CD15 на поверхности нейтрофилов в инфицированных перипротезных/неосиновиальных мембранах [15, 17, 20]. Результаты наших исследований также демонстрируют информативность иммуногистохимического анализа CD15 для диагностики ППИ на материале ППМ. Однако мы не обнаружили публикаций о гистопатологических исследованиях перипротезной костной ткани с применением данной методики.

Согласно полученным нами данным, инфекционный воспалительный процесс в межтрабекулярных пространствах перипротезной кости приводит к замещению красного костного мозга реактивно измененной соединительной тканью, инфильтрованной воспалительно-клеточными элементами. Иммуногистохимический анализ CD15 позволяет точно идентифицировать локализацию нейтрофильных гранулоцитов в гистологических срезах пораженной кости, что способствовало стандартизации оценки признаков остеомиелита по шкале HOES. Алгоритмы диагностики ППИ находятся в активной стадии разработки [38], и наши результаты могут быть полезны для совершенствования методологической базы.

Полученные нами сведения о наличии гистологических признаков перипротезного остеомиелита на этапе ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава согласуются с результатами ретроспективного когортного исследования D.Z. Hung с соавторами, которое показало, что эндопротезирование тазобедренного сустава сопряжено со значительным риском развития перипротезного хронического остеомиелита — 12,3% в течение первого года после операции [19]. В нашем исследовании острая стадия и обострение хронической стадии остеомиелита были диагностированы у 5 из 27 пациентов с ППИ в течение первого года после первичного эндопротезирования. Хроническое течение остеомиелита наблюдали у 4 из 27 больных в периоде до двух лет после предшествующей установки эндопротеза.

В свете полученных данных рекомендация Т. Винклер с соавторами рассматривать каждый

случай с болевым синдромом в области эндопротеза тазобедренного сустава в качестве потенциального инфекционного осложнения, особенно в течение первых 2–3 лет после имплантации [7], приобретает более глубокий смысл. Выявленная нами корреляция между инфекционным поражением соединительнотканной ППМ и парапротезной костной ткани подтверждает целесообразность выбора ревизионных вмешательств с удалением всех элементов инфицированного эндопротеза либо резекционной артропластики в качестве основных методов лечения [7, 8, 39].

### Ограничения исследования

Ограничением исследования является малый размер выборки пациентов с глубокой ППИ на этапе ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава. По этой причине не был выполнен анализ связи выявленных патогистологических признаков ППИ с коморбидным фоном, возрастом и полом пациентов. Не было проведено интраоперационное гистологическое исследование на замороженных срезах ППМ. Процедура иммуногистохимического анализа не была автоматизирована. Возможно, некоторые результаты гистологического анализа ППИ были ложноотрицательными из-за погрешностей при интраоперационном заборе образцов тканей. Несмотря на имеющиеся ограничения, проведенное исследование имеет потенциально клиническое значение. Полученные результаты свидетельствуют о высоком риске развития остеомиелита у пациентов с хронической ППИ после эндопротезирования тазобедренного сустава.

### Заключение

В настоящее время ни один метод диагностики ППИ не является абсолютно надежным из-за присущих ему особенностей, отражающихся на чувствительности и специфичности. Предложенный комплекс методик обеспечивает объективное повышение достоверности гистологического анализа как составной части мероприятий по диагностике ППИ. Проявления ППИ в тканях костного ложа и соединительно тканной ППМ целесообразно изучать с применением стандартизированной шкалы патогистологической оценки остеомиелита НОЕС и иммуногистохимического определения поверхностного маркера нейтрофильных гранулоцитов CD15 в качестве дополнительных методов исследования.

### Этическая экспертиза

Выполнение исследования одобрено этическим советом учреждения (протокол № 2 (57) от 17.05.2018).

### Информированное согласие

Все пациенты дали письменное информированное согласие на включение в исследование.

### Литература [References]

1. Sharkey P.F., Lichstein P.M., Shen C., Tokarski A.T., Parvizi J. Why are total knee arthroplasties failing today – has anything changed after 10 years? *J Arthroplasty*. 2014;29(9):1774-1778. doi: 10.1016/j.arth.2013.07.024.
2. Zhang T., Zheng C., Ma H., Sun C. [Causes of early failure after total hip arthroplasty]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2014;94(48):3836-3838. (In Chinese). doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2014.48.011.
3. Masters E.A., Trombetta R.P., de Mesy Bentley K.L., Boyce B.F., Gill A.L., Gill S.R. et al. Evolving concepts in bone infection: redefining “biofilm”, “acute vs. chronic osteomyelitis”, “the immune proteome” and “local antibiotic therapy”. *Bone Res*. 2019;(7):20. doi: 10.1038/s41413-019-0061-z.eCollection 2019.
4. Губин А.В., Ключин Н.М. Проблемы организации лечения больных хроническим остеомиелитом и пути их решения на примере создания клиники гнойной остеологии. *Гений ортопедии*. 2019;25(2):140-148. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-140-148. Gubin A.V., Kliushin N.M. [Organization issues in management of patients with chronic osteomyelitis and the solutions offered by osteology infection clinic]. *Genij ortopedii* [Genius of Orthopedics]. 2019;25(2):140-148. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-140-148.
5. Kurtz S.M., Lau E.C., Son M.-S., Chang E.T., Zimmerli W., Parvizi J. Are We Winning or Losing the Battle With Periprosthetic Joint Infection: Trends in Periprosthetic Joint Infection and Mortality Risk for the Medicare Population. *J Arthroplasty*. 2018;33(10):3238-3245. doi: 10.1016/j.arth.2018.05.042.
6. Kapadia B.H., Berg R.A., Daley J.A., Fritz J., Bhave A., Mont M.A. Periprosthetic joint infection. *Lancet*. 2016;387(10016):386-394. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61798-0.
7. Винклер Т., Трампуз А., Ренц Н., Перка К., Божкова С.А. Классификация и алгоритм диагностики и лечения перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2016;(1):33-45. doi:10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45. Winkler T., Trampuz A., Renz N., Perka C., Bozhkova S.A. [Classification and algorithm for diagnosis and treatment of hip periprosthetic infection]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;(1):21-32. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45.
8. Ключин Н.М., Шляхов В.И., Чакушиш Б.Э., Злобин А.В., Бурнашов С.И., Абабков Ю.В. и др. Чрескостный остеосинтез в лечении больных хроническим остеомиелитом после эндопротезирования крупных суставов. *Гений ортопедии*. 2010;(2):37-43. Kliushin N.M., Shliakhov V.I., Chakushin B.E., Zlobin A.V., Burnashov S.I., Ababkov Yu.V. et al. [Transosseous osteosynthesis in treatment of patients with chronic osteomyelitis after large joint endoprosthetics]. *Genij ortopedii*. 2010;(2):37-43. (In Russian).
9. Natsuhara K.M., Shelton T.J., Meehan J.P., Lum Z.C. Mortality during total hip periprosthetic joint infection. *J Arthroplasty*. 2019;34(7S):S337-S342. doi: 10.1016/j.arth.2018.12.024.

10. Birt M.C., Anderson D.W., Toby E.B., Wang J. Osteomyelitis: Recent advances in pathophysiology and therapeutic strategies. *J Orthop.* 2016;14(1):45-52. doi:10.1016/j.jor.2016.10.004.
11. Брико Н.И., Божкова С.А., Брусина Е.Б., Жедаева М.В., Зубарева Н.А., Зуева Л.П. и др. Профилактика инфекций области хирургического вмешательства: клинические рекомендации. Н. Новгород: Ремедиум Приволжье; 2018. 72 с. doi: 10.21145/Clinical\_Guidelines\_NASKI\_2018. Briko N.I., Bozhkova S.A., Brusina E.B., Zhedaeva M.V., Zubareva N.A., Zueva L.P. et al. [Surgical intervention area infections prevention: Clinical recommendations]. N. Novgorod: Remedium Privolzh'e, 2018. 72 p. (In Russian). doi: 10.21145/Clinical\_Guidelines\_NASKI\_2018.
12. Panteli M., Giannoudis P.V. Chronic osteomyelitis: what the surgeon needs to know. *EFORT Open Rev.* 2017;1(5):128-135. doi: 10.1302/2058-5241.1.000017.
13. Morawietz L., Krenn V. Das Spektrum histopathologischer Veränderungen in endoprothetisch versorgten Gelenken [The spectrum of histomorphological findings related to joint endoprostheses]. *Pathologe.* 2014;35:218-224. (In German). doi: 10.1007/s00292-014-1976-1.
14. Pellegrini A., Legnani C., Meani E. A new perspective on current prosthetic joint infection classifications: introducing topography as a key factor affecting treatment strategy. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139(3):317-322. doi: 10.1007/s00402-018-3058-y.
15. Кренн Ф., Колбель Б., Винерт С., Димитриадис Ж., Кендоф Д., Герке Т. и др. Новый алгоритм гистопатологической диагностики перипротезной инфекции с применением шкалы CD15 focus score и компьютерной программы CD15 Quantifier. *Травматология и ортопедия России.* 2015;(3):76-85. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-3-76-85. Krenn V., Kölbl B., Wienert S., Dimitriadis J., Kendoff D., Gehrke T. et al. [A new algorithm for histopathological diagnosis of periprosthetic infection using CD15 focus score and computer program CD15 Quantifier]. *Traumatology i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(3):76-85. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-3-76-85.
16. Parvizi J., Tan T.L., Goswami K., Higuera C., Della Valle C., Chen A.F. et al. The 2018 Definition of Periprosthetic Hip and Knee Infection: An Evidence-Based and Validated Criteria. *J Arthroplasty.* 2018;33(5):1309-1314.e2. doi: 10.1016/j.arth.2018.02.078.
17. Krenn V.T., Liebisch M., Kölbl B., Renz N., Gehrke T., Huber M. et al. CD15 focus score: Infection diagnosis and stratification into low-virulence and high-virulence microbial pathogens in periprosthetic joint infection. *Pathol Res Pract.* 2017;213(5):541-547. doi: 10.1016/j.prp.2017.01.002.
18. Haaker R., Senge A., Krämer J., Rubenthaler F. Osteomyelitis nach Endoprothesen [Osteomyelitis after endoprostheses]. *Orthopäde.* 2004;33:431-438. (In German). doi: 10.1007/s00132-003-0624-x.
19. Hung D.-Z., Tien N., Lin C.-L., Lee Y.-R., Wang C.C.N., Chen J.-J. et al. Increased risk of chronic osteomyelitis after hip replacement: a retrospective population-based cohort study in an Asian population. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2017;36(4):611-617. doi: 10.1007/s10096-016-2836-0.
20. Tiemann A., Hofmann G.O., Krukemeyer M.G., Krenn V., Langwald S. Histopathological Osteomyelitis Evaluation Score (HOES) — an innovative approach to histopathological diagnostics and scoring of osteomyelitis. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW.* 2014;3:Doc08. doi: 10.3205/iplrs000049.
21. Stupina T.A., Sudnitsyn A.S., Subramanyam K.N., Migalkin N.S., Kirsanova A.Y., Umerjikar S. Applicability of Histopathological Osteomyelitis Evaluation Score (HOES) in chronic osteomyelitis of the foot — A feasibility study. *Foot Ankle Surg.* 2020;26(3):273-279. doi: 10.1016/j.fas.2019.03.008.
22. Boettner F., Koehler G., Wegner A., Schmidt-Braekling T., Gosheger G., Goetze C. The Rule of Histology in the Diagnosis of Periprosthetic Infection: Specific Granulocyte Counting Methods and New Immunohistologic Staining Techniques may Increase the Diagnostic Value. *Open Orthop J.* 2016;10:457-465. doi: 10.2174/1874325001610010457.
23. Porrino J., Wang A., Moats A., Mulcahy H., Kani K. Prosthetic joint infections: diagnosis, management, and complications of the two-stage replacement arthroplasty. *Skeletal Radiol.* 2020;49(6):847-859. doi: 10.1007/s00256-020-03389-w.
24. Baker R.P., Furustrand Taffin U., Borens O. Patient-adapted treatment for prosthetic hip joint infection. *Hip Int.* 2015;25(4):316-322. doi: 10.5301/hipint.5000277.
25. Zimmerli W. Clinical presentation and treatment of orthopaedic implant-associated infection. *J Intern. Med.* 2014;276(2):111-119. doi: 10.1111/joim.12233.
26. Li C., Renz N., Trampuz A. Management of Periprosthetic Joint Infection. *Hip Pelvis.* 2018;30(3):138-146. doi: 10.5371/hp.2018.30.3.138.
27. Tsukayama D.T., Estrada R., Gustilo R.B. Infection after total hip arthroplasty. A study of the treatment of one hundred and six infections. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(4):512-523. doi: 10.2106/00004623-199604000-00005.
28. Bauer T.W., Zhang Y. Implants and implant reactions. *Diagnostic Histopathology.* 2016;22(10):384-396. doi: 10.1016/j.mpdhp.2016.09.001.
29. Krenn V., Morawietz L., Perino G., Kienapfel H., Ascherl R., Hassenpflug G.J. et al. Revised histopathological consensus classification of joint implant related pathology. *Pathol Res Pract.* 2014;210(12):779-786. doi: 10.1016/j.prp.2014.09.017.
30. Perino G., Sunitsch S., Huber M., Ramirez D., Gallo J., Vaculova J. et al. Diagnostic guidelines for the histological particle algorithm in the periprosthetic neo-synovial tissue. *BMC Clin Pathol.* 2018;18:7. doi: 10.1186/s12907-018-0074-3.
31. Миддлтон М.Р. Анализ статистических данных с использованием Microsoft Excel для Office XP / Пер. с англ.; под ред. Г.М. Кобелькова. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний; 2005. 296 с. Middleton M.R. Analiz statisticheskikh dannykh s ispol'zovaniem Microsoft Excel dlya Office XP [Data analysis using Microsoft Excel: updated for Office XP]. Ed. by G.N. Kobel'kov. Moscow: BINOM, Laboratoriya znaniy; 2005. 296 p. (In Russian).
32. Гржибовский А.М., Горбатова М.А., Наркевич А.Н., Виноградов К.А. Объем выборки для корреляционного анализа. *Морская медицина.* 2020;6(1):101-106. doi: 10.22328/2413-5747-2020-6-1-101-106. Grjibovskiy A.M., Gorbatova M.A., Narkevich A.N., Vinogradov K.A. [Required sample size for correlation analysis]. *Morskaya medicina* [Marine medicine]. 2020;6(1):101-106. (In Russian). doi: 10.22328/2413-5747-2020-6-1-101-106.
33. Krenn V., Perino G. Histological Diagnosis of Implant-Associated Pathologies. Berlin; Heidelberg: Springer-

- Verlag; 2017. 41 p. doi: 10.1007/978-3-662-54204-0.
34. Fink B., Gebhard A., Fuerst M., Berger I., Schäfer P. High diagnostic value of synovial biopsy in periprosthetic joint infection of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(3):956-964. doi: 10.1007/s11999-012-2474-5.
35. Enz A., Becker J., Warnke P., Prall F., Lutter C., Mittelmeier W. et al. Increased Diagnostic Certainty of Periprosthetic Joint Infections by Combining Microbiological Results with Histopathological Samples Gained via a Minimally Invasive Punching Technique. *J Clin Med.* 2020;9(10):3364. doi: 10.3390/jcm9103364.
36. Abdelaziz H., Rademacher K., Suero E.M., Gehrke T., Lausmann C., Salber J. et al. The 2018 International Consensus Meeting Minor Criteria for Chronic Hip and Knee Periprosthetic Joint Infection: Validation From a Single Center. *J Arthroplasty.* 2020;35(8):2200-2203. doi: 10.1016/j.arth.2020.03.014.
37. Tande A.J., Patel R. Prosthetic joint infection. *Clin Microbiol Rev.* 2014;27(2):302-345. doi: 10.1128/CMR.00111-15.
38. Казанцев Д.И., Божкова С.А., Золовкина А.Г., Пелеганчук В.А., Батрак Ю.М. Диагностика поздней перипротезной инфекции крупных суставов. Какой диагностический алгоритм выбрать? *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(4):9-20. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-9-20.
39. Kazantsev D.I., Bozhkova S.A., Zolovkina A.G., Peleganchuk V.A., Batrak Yu.M. [Diagnosis of Late Periprosthetic Joint Infection. Which Diagnostic Algorithm to Choose?] *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(4):9-20. (In Russian.) doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-9-20.
39. Ермаков А.М., Ключин Н.М., Абабков Ю.В., Тряпичников А.С., Коюшков А.Н. Оценка эффективности двухэтапного хирургического лечения больных с перипротезной инфекцией коленного и тазобедренного суставов. *Гений ортопедии.* 2018;24(3):321-326. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-321-326.
- Ermakov A.M., Kliushin N.M., Ababkov Iu.V., Triapichnikov A.S., Koiushkov A.N. [Efficiency of two-stage revision arthroplasty in management of periprosthetic knee and hip joint infection]. *Genij ortopedii.* 2018;24(3):321-326. (In Russian.) doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-321-326.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Силантьева Тамара Алексеевна* — канд. биол. наук, заведующая лабораторией морфологии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия  
e-mail: tsyl@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6405-8365>

*Ермаков Артем Михайлович* — канд. мед. наук, научный сотрудник лаборатории гнойной остеологии и замещения дефектов конечностей, заведующий клиникой гнойной остеологии ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия  
e-mail: ema\_cab@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5420-4637>

*Тряпичников Александр Сергеевич* — канд. мед. наук, младший научный сотрудник лаборатории реконструктивного эндопротезирования и артроскопии, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 7, ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

#### Заявленный вклад авторов

*Силантьева Т.А.* — разработка концепции и дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор и обработка материала, проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста, редактирование.

*Ермаков А.М.* — разработка концепции и дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста, редактирование.

*Тряпичников А.С.* — сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи, подготовка текста, редактирование.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### AUTHORS' INFORMATION:

*Tamara A. Silantieva* — Cand. Sci. (Biol.), National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedics, Kurgan, Russia  
e-mail: tsyl@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6405-8365>

*Artem M. Ermakov* — Cand. Sci. (Med.), National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedics, Kurgan, Russia  
e-mail: ema\_cab@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5420-4637>

*Aleksandr S. Tryapichnikov* — Cand. Sci. (Med.), National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedics, Kurgan, Russia  
e-mail: pich86@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7305-506X>



## Патоморфология тканей голени и корреляции лабораторных данных с морфометрическими показателями поражения при травматическом остеомиелите

В.В. Григоровский, Н.П. Грицай, В.Н. Цокало, О.Б. Лютко, А.В. Григоровская

ГУ «Институт травматологии и ортопедии Национальной академии медицинских наук Украины», г. Киев, Украина

### Реферат

**Актуальность.** Знания о патологических процессах в тканях конечности необходимы для направленной оптимизации их течения, прогнозирования результатов лечения. **Цель исследования** — определить соотношение случаев разной степени выраженности и корреляционные зависимости между отдельными клинико-лабораторными и морфометрическими показателями состояния тканей у больных с трофическими расстройствами в конечности. **Материал и методы.** Материалом послужили фрагменты тканей голени (костей, мягких тканей, кожи) 38 больных хроническим травматическим остеомиелитом (ХТО). Используются градационные морфометрические показатели, отражающие состояние тканей очагов поражения. Проведены частотный анализ полуколичественных показателей и корреляционный анализ связей между клинико-лабораторными и морфометрическими показателями с определением коэффициента ассоциации. **Результаты.** Трофические расстройства в тканях конечности (костях, мягких тканях, мышцах, коже), наблюдаемые у больных ТО костей голени, не представляют собой группу хорошо очерченных патологических процессов. Они образуют комплекс дисциркуляторных, ишемически-некротических, дистрофических, атрофических, воспалительных, репаративных и регенераторных изменений, которые сочетаются в тканях в разных соотношениях. Это предполагает использование ряда количественных и полуколичественных, градационных показателей: как клинических, клинико-лабораторных, так и патоморфологических. Патоморфологические изменения в очагах поражения у больных ХТО костей голени с клиническими признаками трофических расстройств в качественном отношении не отличаются от изменений, обычно выявляемых при ХТО. В костях наиболее часты деструктивные очаги с преобладанием экссудативного и продуктивного воспаления высокой активности, секвестрами и остеонекрозами. В парасальных мягких тканях чаще встречаются очаги, в которых преобладает зрелая фиброзная ткань и продуктивное воспаление низкой активности. В коже вблизи очагов ХТО наблюдается фиброзирование дермы и продуктивное воспаление низкой активности. **Заключение.** Существует ряд корреляционных зависимостей между клинико-лабораторными показателями с одной стороны, и морфологическими показателями с другой. Наиболее тесными и стабильными для разных локусов связями являются следующие показатели: лейкоциты крови (отрицательная зависимость для пораженных тканей кости, мягких тканей и кожи), СОЭ (положительная зависимость для мягких тканей), С-реактивный белок (положительная зависимость для мягких тканей и кожи), агглютинация с поливалентным штаммом золотистого стафилококка (отрицательная зависимость для пораженных костей и кожи).

**Ключевые слова:** хронический травматический остеомиелит большеберцовой кости, трофические расстройства тканей голени, патоморфологические изменения, корреляционный анализ.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Григоровский В.В., Грицай Н.П., Цокало В.Н., Лютко О.Б., Григоровская А.В. Патоморфология тканей голени и корреляции лабораторных данных с морфометрическими показателями поражения при травматическом остеомиелите. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):99-113. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-99-113>.

**Cite as:** Grigorovskiy V.V., Gritsay N.P., Tsokalo V.N., Lyutko O.B., A.V. Grigorovskaya [Morphometric Parameters of Lower Leg Tissues and Their Correlation with Laboratory Data in Patients with Post-Traumatic Osteomyelitis]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):99-113. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-99-113>.

Григоровский Валерий Владимирович / Valery V. Grigorovskiy; e-mail: val\_grigorov@bigmir.net

Рукопись поступила/Received: 16.01.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 19.05.2021.

© Григоровский В.В., Грицай Н.П., Цокало В.Н., Лютко О.Б., Григоровская А.В., 2021



## Morphometric Parameters of Lower Leg Tissues and Their Correlation with Laboratory Data in Patients with Post-Traumatic Osteomyelitis

Valery V. Grigorovskiy, Nikolay P. Gritsay, Vasiliy N. Tsokalo, Olga B. Lyutko, Anastasia V. Grigorovskaya

*Research Institute for Traumatology and Orthopaedics of National Academy of Medical Sciences of Ukraine  
Kiev, Ukraine*

### Abstract

**Background.** Knowledge about the pathological processes in the tissues of the limb is necessary for the targeted optimization of their course, the expectation of certain treatment results. The aim of the study was to determine the ratio of different severity cases and the correlation between individual clinical, laboratory and morphometric indicators of the tissues state in patients with trophic disorders in the extremity. **Materials and Methods.** The material was fragments of the lower leg tissues (bones, soft tissues, skin) of 38 patients with chronic post-traumatic osteomyelitis. Gradation morphometric indicators reflecting the tissues state in the lesion focuses were used. Frequency analysis of semi-quantitative indicators and correlation analysis of the relationships between clinical, laboratory and morphometric indicators with the evaluation of the association coefficient were carried out. **Results.** Trophic disorders in the limb tissues (bones, soft tissues, muscles, skin), observed in patients with lower leg bones post-traumatic osteomyelitis, do not represent a group of well-defined pathological processes. They form a complex of dyscirculatory, ischemic, necrotic, dystrophic, atrophic, inflammatory, reparative and regenerative changes, which are combined in tissues in different proportions. This involves the use of a number of quantitative and semi-quantitative, gradation indicators: clinical, laboratory, and pathomorphological. Pathomorphological changes in the lesions in patients with chronic post-traumatic osteomyelitis of the lower leg bones with clinical signs of trophic disorders do not differ qualitatively from the changes usually detected in chronic post-traumatic osteomyelitis. In the bones, the most frequent are destructive focuses with a predominance of exudative and productive inflammation of high activity, sequestration and osteonecrosis. In paraosseal soft tissues, more common are focuses, in which mature fibrous tissue and productive inflammation of low activity predominate. In the skin near the chronic post-traumatic osteomyelitis focuses, there is dermis fibrosis and productive inflammation of low activity. **Conclusion.** A number of correlations between clinical and laboratory parameters, on the one hand, and morphological parameters, on the other, have been established. The closest and most stable connections for different sites are the following indicators: blood leukocytes (negative dependence for affected bone, soft tissue and skin tissues), ESR (positive dependence for soft tissues), C-reactive protein (positive dependence for soft tissues and skin), agglutination with a polyvalent strain of *Staphylococcus aureus* (negative dependence for affected bones and skin).

**Key words:** tibial chronic post-traumatic osteomyelitis, trophic disorders, lower leg tissues, pathomorphological changes, correlation analysis.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

В практике травматологии и ортопедии довольно часто приходится сталкиваться с разнообразными патологическими процессами в тканях конечностей, развивающимися как вследствие травматических расстройств и воспалительных процессов, так и некоторых заболеваний. Эти процессы традиционно рассматриваются врачами как «трофические нарушения».

В аспектах патогенеза и морфогенеза категория «трофические нарушения», или «трофические расстройства», представляется неоднородной в ее связи с известными общепатологическими про-

цессами. Часто используемые для обозначения этих процессов термины «атрофия», «гипертрофия» и «дистрофия» не имеют общепризнанного толкования и остаются дискуссионными [1].

Травматический остеомиелит (ТО) — инфекционное воспаление кости (костного мозга, костной ткани, надкостницы, параоссальных мягких тканей), возникающее вследствие острого травматического нарушения внутрикостного кровообращения и размножении микроорганизмов, проникших в кость экзогенно (возможно, также и гематогенно) [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Неспецифический воспалительный процесс в некоторых случаях

сопровождается трофическими расстройствами в виде разнообразных изменений в тканях голени, в том числе неврологических нарушений.

Аналитических исследований комплекса патологических изменений, в которых полуколичественными характеристиками были бы отражены особенности состояния пораженных тканей при трофических нарушениях, развившихся до или после перенесенной травмы голени с переломами костей и ТО, ранее не проводилось. Углубленные знания о патологических процессах и состоянии конечности необходимы для направленного изучения возможностей воздействия на них, оптимизации их течения, прогнозирования определенных результатов лечения.

**Цель исследования** — определить соотношение случаев разной степени выраженности и корреляционные зависимости между отдельными клинико-лабораторными и морфометрическими показателями состояния тканей у больных остеомиелитом с трофическими расстройствами в конечности.

### Материал и методы

Материалом исследования были биоптаты (резектаты) фрагментов тканей патологических очагов 38 больных хроническим травматическим остеомиелитом (ХТО), который развился после переломов костей голени. Во всех случаях диагностированы признаки поражения большеберцовой кости, в 36 из них были вовлечены ткани диафиза или дистального эпиметафиза. Больным выполняли фистулосеквестрнекрэктомию с удалением пораженных фрагментов костей и параоссальных мягких тканей, включая небольшие фрагменты мышц и кожи.

### Методы исследования:

1) клиническое обследование для определения ряда показателей, включая степень выраженности трофических расстройств: костной ткани, мягких тканей и кожи конечности;

2) клинико-лабораторные методы для определения ряда показателей крови с учетом результатов микробиологического исследования пораженных костной и мягких тканей;

3) гистологическое и морфометрическое исследование для определения значений ряда полуколичественных градационных морфометрических показателей и частоты встречаемости случаев с отдельными градациями.

Степени выраженности трофических расстройств в тканях при ХТО костей голени предложены нами в соответствии с клинико-визуализирующими оценками у больных накануне операций, при которых были получены фрагменты тканей для гистологического исследования. Раздельно для

отломков большеберцовой кости, параоссальных мягких тканей и кожи сформулированы признаки трофических расстройств низкой, средней и высокой степеней. При этом для кости учитывали нарушения структуры костной ткани и особенности течения процесса консолидации, для мягких тканей вблизи очага ХТО — степень атрофии мышц, их фиброзирование и контрактуры суставов, для кожи — локальные изменения цвета, фиброзирование, наличие гнойных ран.

Объекты гистологического исследования включали костную ткань концов отломков, фиброзную ткань различной степени зрелости с мелкими фрагментами близлежащих скелетных мышц и кожи в участках, где наблюдаются клинические признаки трофических расстройств. Проводили фиксацию фрагментов тканей 10% формалином, декальцинацию кусочков костной ткани — 5% азотной кислотой, заливку в целлоидин или парафин, получали срезы тканей толщиной до 10 мкм, выполняли окрашивание гематоксилином и эозином, а также гематоксилином и пикрофуксином по Ван Гизону. Гистологические исследования проводили на микроскопах МБС-2 и Olympus CX-41, микрофотографии получали фотоаппаратом Nikon D90, закрепленным на вертикальном тубусе микроскопа Olympus CX-41.

После выполнения гистологического исследования определяли значения градационных морфометрических показателей.

### Статистический анализ

Статистическую обработку результатов исследования с определением средних групповых величин, медианы и стандартного отклонения выполняли в программе STATISTICA v. 7.0 (StatSoft, USA), корреляционный анализ полуколичественных данных с предварительной разбивкой случаев по таблице 2×2 и определением значений тетракорического показателя связи (коэффициента ассоциации) — в программе микрокалькулятора МК-52 [8].

### Результаты

**Клиническая характеристика пациентов.** Среди обследованных больных 76,32% составили лица мужского пола, средний возраст пациентов ( $M \pm SD$ ) —  $42,66 \pm 12,14$  лет ( $n = 38$ ). Доля открытых переломов, которые осложнились ТО, составила 34,21% случаев, в остальных имел место травматический послеоперационный остеомиелит после остеосинтеза по поводу закрытых переломов, средняя давность последней некрэктомии очага поражения —  $20,59 \pm 33,27$  мес. ( $n = 17$ ). Случаев, где отломки были консолидированы или пребывали в процессе сращения, и случаев, когда консолидация не отмечалась, оказалось почти поровну: 52,63% и 47,37%. По показателю выраженности

трофических нарушений в кости значительно преобладали случаи (суммарно 94,74%), которые клинически соответствовали средней и высокой степеням. По показателю выраженности трофических нарушений в мягких тканях в 92,11% всех случаев выраженность была низкой или средней степени — тех и других оказалось почти поровну. По показателю трофических нарушений в коже голени значительно (92,11%) преобладали случаи средней и высокой степеней выраженности.

Средний параметр условной площади очагов поражения ТО в большеберцовой кости составил  $40,34 \pm 54,66$  см $\times$ см ( $n = 35$ ), очагов в мягких тканях голени, которые прилежали к очагу пораже-

ния кости, —  $79,08 \pm 111,12$  см $\times$ см ( $n = 36$ ). Следует отметить значительную вариацию значений этих показателей.

*Патоморфологические изменения в очагах ХТО в костях голени.* Патология очагов ХТО характеризуется качественной и топографической неоднородностью. Наиболее типичным является воспалительно-деструктивный очаг, локализованный целиком или частично в пораженной кости. При этом ткань, которая содержится в костномозговой полости, далее распространяется в сосудистые каналы кортекса, в надкостницу и пароссальные ткани и образует капсулу сложного строения (рис. 1).

Таблица 1

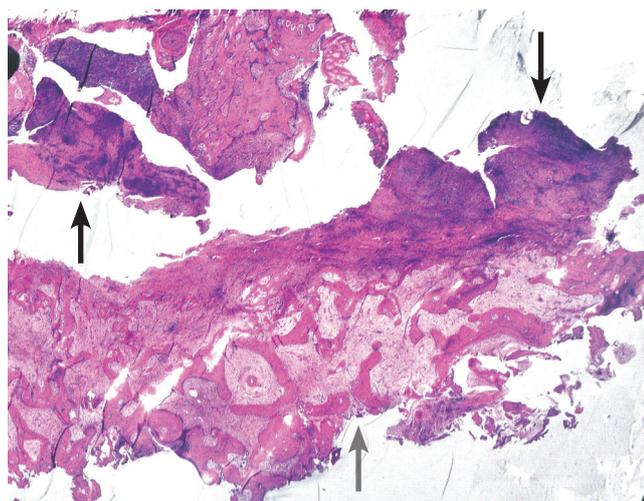
**Средние параметры и частота встречаемости случаев с отдельными градациями клинико-лабораторных показателей у больных ХТО костей голени с признаками трофических расстройств**

Показатель	Характеристика показателя, единицы измерения и описание градаций выраженности	Мерные и частотные значения показателей у больных ТО
Лейкоциты крови	Мерный показатель, тысяч клеток в куб. мм  Градации: низкая степень $\leq 7,00$ высокая степень $> 7,00$	37* 7,40 $7,54 \pm 1,89$  18/37 (48,65%) 19/37 (51,35%)
Палочкоядерные лейкоциты крови	Мерный показатель, доля из 100 клеток лейкоцитарной формулы  Градации: низкая степень $\leq 3,00$ высокая степень $> 3,00$	37* 3,00 $3,81 \pm 2,80$  20/37 (54,05%) 17/37 (45,95%)
СОЭ	Мерный показатель, мм/ч  Градации: низкая степень $\leq 20,00$ высокая степень $> 20,00$	37* 20,00 $22,65 \pm 13,50$  19/37 (51,35%) 18/37 (48,65%)
С-реактивный белок (СРБ)	Мерный показатель, мг/л  Градации: низкая степень $< 18,00$ высокая степень $> 18,00$	36* 18,00 $38,00 \pm 36,96$  18/36 (50,00%) 18/36 (50,00%)
Агглютинация с поливалентным штаммом золотистого стафилококка	Мерный показатель, измеряется в параметрах диагностического титра – 1  Градации: низкая степень = 320,00 высокая степень $> 320,00$	36* 320,00 $462,22 \pm 247,20$  24/36 (66,67%) 12/36 (33,33%)

Показатель	Характеристика показателя, единицы измерения и описание градаций выраженности	Мерные и частотные значения показателей у больных ТО
Бактерии из тканей кости, взятых из очага ТО	Градационный показатель Низкая степень: бактерии не выделены или выделены энтерококк и кишечная палочка	10/31** 29,03%
	Высокая степень: выделен золотистый стафилококк в монокультуре или в ассоциации	22/31 70,97%
Бактерии из мягких тканей прилежащих к очагу ТО	Градационный показатель Низкая степень: бактерии не выделены или выделены энтерококк и кишечная палочка	5/22** 22,73%
	Высокая степень: выделен золотистый стафилококк	17/22 77,27%

\* — в таких ячейках указано: число случаев, медиана, средняя величина ± стандартное отклонение (SD); число случаев, которые соответствуют определенной градации / общее число учтенных случаев; частота встречаемости случаев этой степени выраженности в процентах;

\*\* — в таких ячейках указано: число случаев, которые соответствуют определенной градации / общее число учтенных случаев; частота встречаемости случаев этой степени выраженности в процентах.



**Рис. 1.** Ткани очага пациента 48 лет. Деструктивная форма очага ХТО. Элементы внутренней и фиброзной оболочек капсулы указаны черными стрелками, костной оболочки капсулы — серой стрелкой. Окраска гематоксилином и эозином. Общее ув. ×16

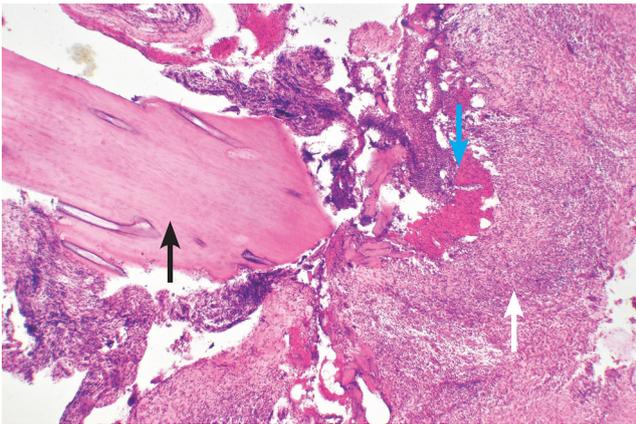
**Figure 1.** Tissues of focus of 48 y.o. patient. Destructive form of the chronic post-traumatic osteomyelitis focus. The elements of the inner and fibrous membranes of the capsule are indicated by black arrows, the bony shell of the capsule-by a gray arrow. Staining with hematoxylin and eosin. Mag. ×16

В некоторых случаях капсула воспалительно-деструктивного очага построена преимущественно из плотной зрелой фиброзной ткани, в которой локализовались разных размеров островки хорошо васкуляризованной грануляционной ткани (ГТ). На внутренней поверхности капсулы деструктивного очага помещались неравномерной толщины наслоения фибринозного или фибринозно-гнойного экссудата (рис. 2).

Сравнительно редко в резектатах тканей отсутствовали элементы деструктивного очага, а в промежутках между фрагментами костной ткани и костных регенератов содержалась фиброзная ткань разной степени зрелости (рис. 3).

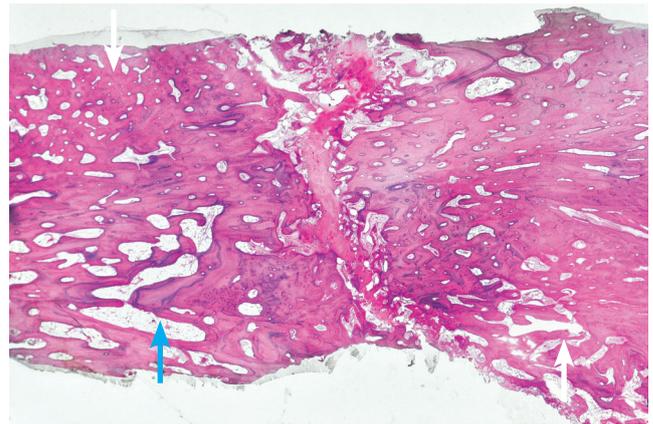
В образцах костной ткани, которые поступали на гистологическое исследование, довольно часто наблюдались мелкие и крупные остеонекрозы, что сочеталось с признаками продолжающейся патологической перестройки пластинчатой костной ткани (рис. 4).

Наиболее характерным для ХТО является экссудативное воспаление во внутренней оболочке капсулы деструктивного очага. Встречались следующие виды экссудативного воспаления: гнойное, фибринозно-гнойное, гнойно-геморрагическое, часто — с вторичными некрозами ГТ и плотной нейтрофилоцитарной инфильтрацией (рис. 5).



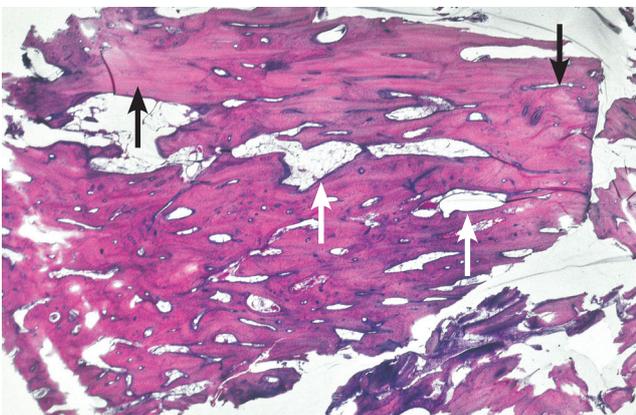
**Рис. 2.** Ткани очага пациентки 54 лет. Капсула деструктивного очага ХТО, построенная из ГТ (белая стрелка), окружает скопления фибринозного экссудата (голубая стрелка) и компактный секвестр (черная стрелка). Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 30$

**Figure 2.** Tissues of focus of 54 y.o. patient. The capsule of the destructive focus of the chronic post-traumatic osteomyelitis, built from granulation tissue (white arrow), surrounds the accumulation of fibrinous exudate (blue arrow) and compact sequester (black arrow). Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 30$



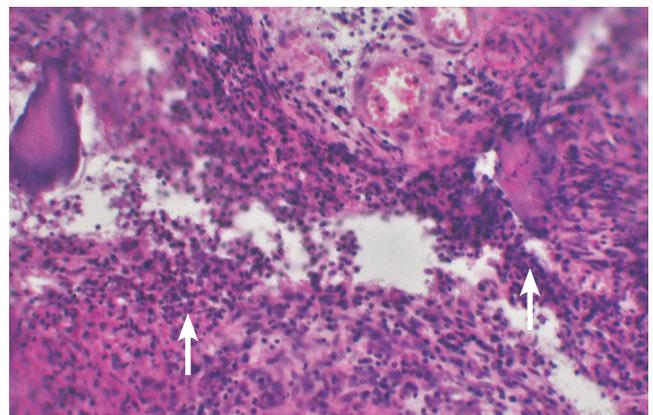
**Рис. 3.** Ткани очага пациента 47 лет. Фиброзирующая форма очага ХТО. Между фрагментами костной ткани с компактизирующимися регенератами (указаны белыми стрелками) и в резорбционных полостях содержится фиброзная ткань с воспалительными инфильтратами (указано голубой стрелкой). Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 16$

**Figure 3.** Tissues of focus of 47 y.o. patient. Fibrosing form of the chronic post-traumatic osteomyelitis focus. Between the bone fragments with compacting regenerates (indicated by the white arrows) and in the resorption cavities, there is fibrous tissue with inflammatory infiltrates (indicated by the blue arrow). Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 16$



**Рис. 4.** Ткани очага пациента 48 лет. Бесклеточные участки (большие интерстициальные остеонекрозы указаны черными стрелками) и резорбционные полости (белая стрелка) в кортексе конца отломка. Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 30$

**Figure 4.** Tissues of focus of 48 y.o. patient. Cell-free areas (large interstitial osteonecrosis indicated by black arrows) and resorption cavities (white arrow) in the cortex of the end of the fragment. Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 30$

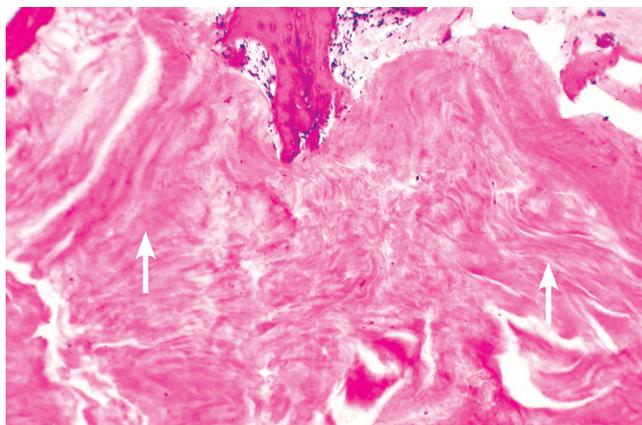


**Рис. 5.** Ткани очага пациента 32 лет. Гнойное воспаление (скопления нейтрофилоцитов указаны стрелками) в ГТ внутренней оболочки капсулы деструктивного очага ТО. Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 75$

**Figure 5.** Tissues of focus of 32 y.o. patient. Purulent inflammation (clusters of neutrophilocytes are indicated by arrows) in the granulation tissue of the inner shell of the capsule of the destructive focus of the chronic post-traumatic osteomyelitis. Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 75$

В составе тканей патологических очагов ХТО часто встречались мелкие и крупные фрагменты некротизированной компактной и губчатой костной ткани без признаков перестройки и реосификации — подобные элементы очагов расценивались как полные и неполные секвестры (см. рис. 2). В неполных секвестрах наблюдалось продолжающееся отделение некротизированных участков компактной костной ткани, а признаки демаркации с текущим воспалительным процессом локализовались в расширенных резорбционных полостях на границе «остеонекроз — неполный секвестр».

**Патология мягких тканей.** Патогистологическое исследование мягких тканей вблизи очага ХТО показало, что фиброзная ткань в различных участках имеет разную степень зрелости, причем по объемам преобладает довольно зрелая, а местами — склерозированная ткань. В фиброзной оболочке капсулы деструктивного очага часто встречались плохо очерченные участки фибронекрозов, в которых на значительном протяжении отсутствовали клетки соединительной ткани — фибробласты и фиброциты (рис. 6). Активность воспалительного процесса в капсуле остеомиелитического очага при этом варьировала от низкоактивных серозного и фибринозного видов воспаления до гнойного и фибринозно-гнойного как наиболее активных видов экссудативного воспаления.



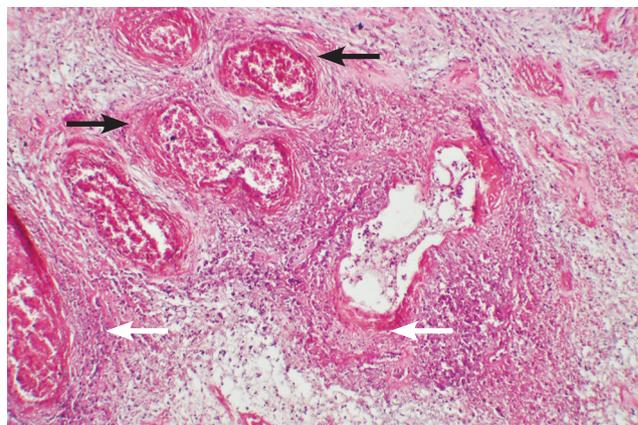
**Рис. 6.** Ткани очага пациентки 47 лет. Бесклеточные участки крупных интерстициальных фибронекрозов (указаны стрелками) в ткани фиброзной оболочки очага ХТО. Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 75$

**Figure 6.** Tissues of focus of 47 y.o. patient. Cell-free areas of large interstitial fibronecrosis (indicated by arrows) in the tissue of the fibrous membrane of the chronic post-traumatic osteomyelitis focus. Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 75$

В фиброзной ткани, которая непосредственно окружает деструктивный остеомиелитический очаг, встречались фибриноидные изменения в виде участков базофильного окрашивания межклеточного вещества, некротических масс и скопленных фибринозного экссудата (рис. 7).

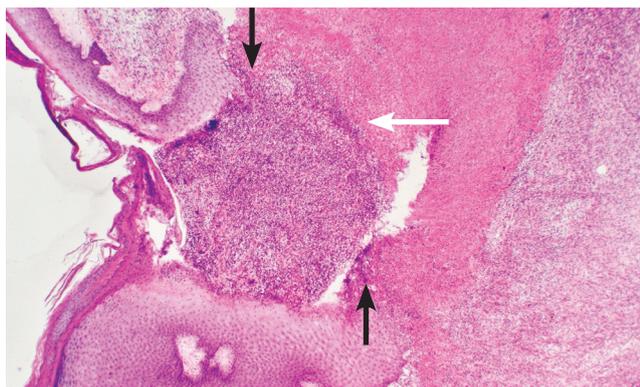
**Патология кожи.** В участках кожи, расположенных вблизи очагов ХТО костей голени, обнаруживаются разнообразные патологические изменения неодинаковой выраженности. В части случаев выявляли дефекты эпидермиса, дном подобных язв кожи служила ГТ в состоянии экссудативного фибринозного или гнойного воспаления (рис. 8).

Патологические изменения кожи низкой степени заключаются в снижении толщины эпидермиса с уменьшением или отсутствием гребешков базальных слоев, фиброзировании дермы, наличии очень мелких мононуклеарно-макрофагально-плазмоцитарных инфильтратов в дерме (рис. 9). При изменениях кожи высокой степени наблюдаются гиперпластические разрастания клеток базального и шиповатого слоев эпидермиса, в части случаев — экссудативное воспаление, умеренно выраженная очаговая и диффузная инфильтрация мононуклеарами, макрофагами и плазмócитами, усиленное фиброзирование, преобладание участков ГТ (рис. 10).



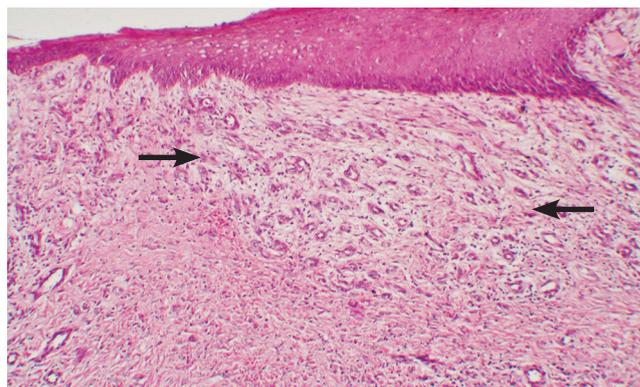
**Рис. 7.** Ткани очага пациента 31 года. Фибриноидные изменения соединительной ткани с некрозом сосудов (указаны черными стрелками) и скоплениями фибринозного экссудата (указаны белыми стрелками). Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 75$

**Figure 7.** Tissues of focus of 31 y.o. patient. Fibrinoid changes in connective tissue with vascular necrosis (indicated by black arrows) and accumulations of fibrinous exudate (white arrows). Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 75$



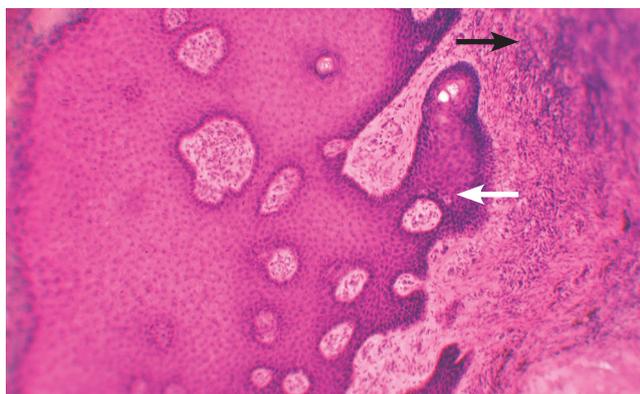
**Рис. 8.** Мягкие ткани пациентки 60 лет. Дефект эпидермиса (обозначен черными стрелками), в дне язвы содержится фибриновый и гнойный экссудат (белая стрелка). В краях дефекта — гиперплазия эпидермиса. Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 30$

**Figure 8.** Soft tissues of 60 y.o. patient. The defect of the epidermis (indicated by black arrows), the bottom of the ulcer contains fibrinous and purulent exudate (white arrow). At the edges of the defect, there is hyperplasia of the epidermis. Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 30$



**Рис. 9.** Мягкие ткани пациента 31 года. Атрофия эпидермиса кожи вблизи очага ТО. В дерме значительное фибрирование и участок ГТ (указан стрелками), воспаление продуктивное, низкой активности. Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 75$

**Figure 9.** Soft tissues of 31 y.o. patient. Atrophy of the epidermis of the skin near the chronic post-traumatic osteomyelitis focus. In the dermis, there is significant fibrosis and a section of granulation tissue (indicated by arrows), inflammation is productive, low activity. Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 75$



**Рис. 10.** Мягкие ткани пациента 48 лет. Гиперплазия эпидермиса (разрастания указаны белой стрелкой), в дерме — ГТ и инфильтрация, соответствующая продуктивному воспалению высокой активности (черная стрелка). Мягкие ткани пациента 48 лет. Окрашивание гематоксилином и эозином. Общее ув.  $\times 75$

**Figure 10.** Soft tissues of 48 y.o. patient. Hyperplasia of the epidermis (growths are indicated by a white arrow), in the dermis — granulation tissue and infiltration, corresponding to productive inflammation of high activity (black arrow). Staining with hematoxylin and eosin. Mag.  $\times 75$

*Частота встречаемости случаев отдельных градаций морфометрических показателей у больных с признаками трофических расстройств в тканях голени при ХТО. В 81,82% всех случаев (27 из 33) строение очагов воспалительного поражения соответствовало деструктивной форме.*

Во внутренней оболочке очагов в 72,73% всех случаев (24 из 33) преобладала ГТ, случаи с экссудативным и продуктивным воспалениями высокой активности в этой оболочке встречались несколько чаще (55,17%, или 16 из 29), чем случаи с воспалением низкой активности. Секвестры в пределах деструктивного очага ХТО выявлены в 54,55% наблюдений (18 из 33). Среди остеонекрозов, которые практически всегда присутствовали в костной ткани отломков костей при ХТО, почти с одинаковой частотой встречались как интерстициальные, так и крупные очаговые остеонекрозы (51,52% и 48,48% соответственно).

При исследовании частоты встречаемости случаев с отдельными градациями патологических изменений в мягких тканях голени, прилежащих к очагу ХТО, было обнаружено, что в 53,33% всех случаев ХТО (16 из 30) воспалительные очаги соответствовали формам фиброзирующей или (редко) фиброзирующей с микроабсцедированием. Во внутренней оболочке капсулы очагов фиброзная ткань различной степени зрелости преобладала чаще (в 70,00%

случаев, т.е. 21 из 30), чем грануляционная; более чем в половине всех случаев (в 59,09%, т.е. 13 из 22) во внутренней оболочке наблюдали один из видов экссудативного воспаления, преобладало также продуктивное воспаление с низкой степенью активности (61,54%, т.е. 16 из 26). Чаще встречались случаи отсутствия фибронекрозов или их соответствия интерстициальным (72,41%, т.е. 21 из 29), чем случаи нахождения крупных, очаговых фибронекрозов (27,59%).

Среди патологических изменений кожи голени в зоне поражения при ХТО в большинстве случаев (55,56%, или 15 из 27) выявлялись дефекты эпидермиса. Чаще встречалась гиперплазия эпидермиса высокой степени (53,85%, или 14 из 26); также количественно преобладали случаи содержания

в дерме зрелой фиброзной ткани (51,85%, или 14 из 27). По показателю активности экссудативного воспаления в дерме преобладали случаи с признаками низкой активности процесса (52,38%, или 11 из 21), а по степени активности продуктивного воспаления — случаи высокой степени (54,55%, или 12 из 22).

*Корреляционные зависимости клинико-лабораторных и морфометрических показателей.* Анализ связей выявил множество пар показателей «клинико-лабораторные данные — морфология», характеризующихся различной теснотой, с разной степенью статистической значимости коэффициента ассоциации  $r_a$ . Пары с наибольшими значениями коэффициента вынесены в таблицу 2 (см. комментарии в разделе «Обсуждение»).

Таблица 2

**Корреляционные зависимости клинико-лабораторных и морфометрических показателей поражения тканей голени больных ТО с трофическими расстройствами**

Морфометрические показатели и их градации низкой и высокой степени#	Клинико-лабораторные показатели#		Коэффициент ассоциации и статистическая значимость его величины		
			$r_a$	$t_\phi$	$p$
<b>Корреляции показателей патологических изменений в костях</b>					
1. Преобладающий вид соединительной ткани во внутренней оболочке капсулы очага ХТО:	Лейкоциты крови		-0,412	2,555	<0,02
	Низкая степень (≤7,00)	Высокая степень (>7,00)			
	фиброзная ткань, <i>n</i>	8			
грануляционная ткань, <i>n</i>	13	10			
2. Секвестры:	Лейкоциты крови		-0,397	2,446	<0,05
	Низкая степень (≤7,00)	Высокая степень (>7,00)			
	секвестры отсутствуют	3			
присутствуют полные или неполные секвестры	11	7			
3. Остеонекрозы:	Палочкоядерные лейкоциты		-0,375	2,288	<0,05
	Низкая степень (≤3,00)	Высокая степень (>3,00)			
	остеонекрозы интерстициальные	5			
остеонекрозы крупные очаговые	11	5			
4. Преобладающий вид соединительной ткани во внутренней оболочке капсулы очага ХТО:	Агглютинация плазмы со штаммом золотистого стафилококка		-0,471	2,971	<0,01
	Низкая степень (= 320,00)	Высокая степень (>320,00)			
	фиброзная ткань, <i>n</i>	3			
грануляционная ткань, <i>n</i>	18	4			

Продолжение таблицы 2

Морфометрические показатели и их градации низкой и высокой степени#	Клинико-лабораторные показатели#		Коэффициент ассоциации и статистическая значимость его величины		
			$r_a$	$t_\phi$	$p$
5. Преобладающий вид экссудативного воспаления во внутренней оболочке капсулы:  воспаление отсутствует, либо серозное, либо фибринозное  воспаление гнойное или фибринозно-гнойное	Агглютинация плазмы со штаммом золотистого стафилококка		-0,394	2,230	<0,05
	Низкая степень (= 320,00)	Высокая степень (>320,00)			
	5	7			
	12	3			
<b>Корреляции показателей патологических изменений в мягких тканях</b>					
6. Преобладающий вид продуктивного воспаления в мягких тканях:  воспаление отсутствует, либо низкой активности  воспаление высокой активности	Лейкоциты крови		-0,523	3,068	<0,01
	Низкая степень ( $\leq 7,00$ )	Высокая степень (>7,00)			
	4	11			
	8	2			
7. Преобладающий вид продуктивного воспаления в мягких тканях:  воспаление отсутствует либо низкой активности  воспаление высокой активности	СОЭ		+0,621	3,962	<0,001
	Низкая степень ( $\leq 20,00$ )	Высокая степень (>20,00)			
	11	4			
	1	9			
8. Фибронекрозы в мягких тканях:  фибронекрозы отсутствуют, либо интерстициальные  фибронекрозы крупные очаговые	СОЭ		+0,372	2,121	<0,05
	Низкая степень ( $\leq 20,00$ )	Высокая степень (>20,00)			
	12	9			
	1	6			
9. Преобладающий вид соединительной ткани в мягких тканях:  фиброзная ткань, <i>n</i> грануляционная ткань, <i>n</i>	С-реактивный белок		+0,362	2,057	<0,05
	Низкая степень (<18,00)	Высокая степень (>18,00)			
	13	7			
	2	6			
10. Преобладающий вид продуктивного воспаления в мягких тканях:  воспаление отсутствует, либо низкой активности  воспаление высокой активности	С-реактивный белок		+0,410	2,202	<0,05
	Низкая степень (<18,00)	Высокая степень (>18,00)			
	10	4			
	3	7			

Морфометрические показатели и их градации низкой и высокой степени#	Клинико-лабораторные показатели#		Коэффициент ассоциации и статистическая значимость его величины		
			$r_a$	$t_{\phi}$	$p$
<b>Корреляции показателей патологических изменений в коже</b>					
<b>11.</b> Преобладающий вид соединительной ткани в дерме:	С-реактивный белок		+0,536	3,235	<0,01
	Низкая степень (<18,00)	Высокая степень (>18,00)			
	фиброзная ткань, $n$	3			
грануляционная ткань, $n$	11	9			
<b>12.</b> Преобладающий вид продуктивного воспаления в дерме:	С-реактивный белок		+0,440	2,248	<0,05
	Низкая степень (<18,00)	Высокая степень (>18,00)			
	воспаление низкой активности	2			
воспаление высокой активности	8	7			
<b>13.</b> Наличие экссудативного воспаления в дерме:	Агглютинация плазмы со штаммом золотистого стафилококка		-0,577	3,162	<0,01
	Низкая степень (= 320,00)	Высокая степень (>320,00)			
	воспаление отсутствует	10			
воспаление низкой или высокой активности	5	0			

В таблице помещены лишь пары показателей, для которых значения коэффициента ассоциации составили  $r_a > |0,3|$  и оказались статистически значимы с вероятностью ошибки  $p < 0,05$  и менее. Числа в ячейках с названиями морфометрических показателей, набранные крупным жирным шрифтом (левая колонка), обозначают условный номер пары коррелирующих показателей «морфология — лабораторные данные», на который дается ссылка в разделе статьи «Обсуждение»;  $r_a$  — значения коэффициента ассоциации;  $n$  — число учтенных пар значений; # — градации клинико-лабораторных показателей — см. табл. 1;  $t_{\phi}$  — фактическое значение критерия Стьюдента при оценке статистической значимости коэффициента ассоциации  $r_a$ ;  $p$  — вероятность ошибки при отвержении ноль-гипотезы оценки значения коэффициента ассоциации.

### Обсуждение

При разработке эффективных методов лечения ХТО ключевыми вопросами морфогенеза и патогенеза считаются степень (распространенность) повреждения мягких тканей и выраженность бактериального обсеменения некротизированной костной ткани и металлических фиксаторов, применявшихся для остеосинтеза [9, 10, 11, 12].

В последние годы предприняты попытки обьективизировать оценки состояния тканей, относимых к очагу остеомиелита, на основе полуколичественных градационных показателей, разносторонне характеризующих состояние тканей при отдельных стадиях и степенях активности остеомиелита, безотносительно нозологической единицы, то есть применены «гистологические

оценки остеомиелита по начислению баллов» [13]. Авторами выделены основные стадии остеомиелита в сочетании с определением его активности: острый, хронический («простой»), хронический остеомиелит с признаками острого воспаления (цветущий, активный, «экзацербация»), а также «затихший» остеомиелит. Нам представляется положительным, что эти авторы, в отличие от многих других, не выделяют «подострую» стадию остеомиелита, которая, с позиции патолога, не имеет реального обоснования [2, 3]. Однако А. Tiemann с соавторами [13] не разграничивают такие понятия, как стадия остеомиелита и активность воспалительной реакции при нем, а также отчетливо не определяют, какой именно вид воспаления имеет место в каждом конкретном случае: серозное,

фибринозное, гнойное, фибринозно-гнойное и т.п. То есть отсутствует основная патоморфологическая характеристика воспалительного процесса, которой придается важное значение в работах, посвященных теоретическим аспектам и классификации остеомиелитов [3, 14].

В отдельных исследованиях было показано, что в тканях, которые образуют капсулу металлофиксатора, присутствуют участки экссудативного и/или продуктивного воспаления разной степени активности, причем чаще встречаются патологические изменения, соответствующие значениям высокой активности, это относится как к экссудативному, так и к продуктивно-инфильтративному воспалению [14].

Большинство работ последнего десятилетия, посвященных диагностическим возможностям клиничко-лабораторных методов оценки у больных с инфекцией опорно-двигательной системы, посвящены выявлению перипротезной инфекции (ППИ) после эндопротезирования крупных суставов. Основная роль в персистенции ППИ отводится функционированию бактериальных биопленок, находящиеся в них микроорганизмы оказываются весьма устойчивыми к проникновению и эффективному воздействию антибактериальных средств [15, 16]. Предложены многочисленные клинические, клиничко-лабораторные, визуализирующие, патоморфологические критерии идентификации ППИ. Из клиничко-лабораторных методов наиболее широко изученными и используемыми в практике диагностики ППИ являются уровень СОЭ, С-реактивный белок, содержание нейтрофильных лейкоцитов в периферической крови и аспиратах перипротезной жидкости, а также количественные цитологические и интраоперационные гистологические исследования [17]. Было установлено, что гистологическое исследование замороженных срезов перипротезных тканей с подсчетом порогового количества нейтрофильных лейкоцитов обладает высокой чувствительностью при подтверждении ППИ, однако весьма умеренной специфичностью при ее исключении [18]. Установлено, что прогнозирование рецидива ППИ, по данным исследования срезов замороженных тканей, обладает меньшей специфичностью и статистической значимостью, чем комплекс критериев, предложенных Обществом изучения скелетно-мышечной инфекции (MSIS) [19].

Лишь единичные работы посвящены определению информативности лабораторных методов предоперационной диагностики инфекции в случаях несращения костей и при разных нозологиях остеомиелитов [20, 21]. В работе S. Wang с соавторами установлено, что чувствительность и специфичность определения уровня С-реактивного

протеина выше, чем интерлейкина-6, особенно специфичность (85% против 57%). Чем чаще брали анализы у отдельного больного, тем доказательств наличия инфекции в очаге несращения возрастали — вплоть до 100% случаев выявления [20]. Данные этого исследования несколько отличаются от результатов, полученных в работах, посвященных исследованиям ППИ [22, 23]. При этом авторы считают, что результаты лабораторных анализов сывороточных маркеров воспаления сами по себе не являются эффективным скрининговым инструментом для больных, у которых подозревают несращение кости при наличии ТО [20].

X. Wang с соавторами при сравнении средних значений клиничко-лабораторных методов у больных ТО и ГО выявили, что параметры таких показателей, как уровень лейкоцитов крови, С-реактивный белок и СОЭ, значимо выше у больных ГО, чем у пациентов с ТО. К тому же при ГО частота случаев превышения пороговых уровней этих показателей была выше [21].

Сравнение средних величин и частоты встречаемости случаев с разными градациями выраженности клиничко-лабораторных показателей при ГО с латентным клиническим течением, в частности абсцессе Броди, выявило, что средние параметры таких показателей, как лейкоциты крови, СОЭ, частота высеваемости бактерий из тканей кости при абсцессе Броди и ТО с трофическими расстройствами весьма близки. Но другие показатели, например титр агглютинации с поливалентным штаммом стафилококка, а также С-реактивный белок, несколько выше при абсцессе Броди, чем при ТО [24]. Среди морфометрических показателей, отражающих особенности строения очага остеомиелита, частота случаев с высокой степенью выраженности показателя «преобладающее экссудативное воспаление во внутренней оболочке капсулы» при абсцессе Броди значительно ниже, чем при ТО, сочетающемся с трофическими расстройствами в тканях. Различия в частоте этого показателя отражают в целом более низкую активность экссудативного воспаления в ткани внутренней оболочки очага абсцесса Броди.

Установленные в настоящем исследовании корреляционные зависимости между клиничко-лабораторными и морфометрическими показателями поражения тканей голени предполагают комментарии относительно патогенеза этих связей. Так, зависимости показателей в парах 1, 2, 6 (табл. 2) свидетельствуют, что более высокий лейкоцитоз отражает большую активность воспаления, при этом ускоряются демаркация некротизированной костной ткани и остеорезорбция секвестров (пара 2). В то же время тканевые реакции фазы пролиферации воспаления в кости в большей степени зависят от иных факторов, чем уровень лейкоци-

тов крови, например от перераспределения кровоснабжения в отломках после перелома (пара 1). Возможно, уровень лейкоцитов не совсем адекватно отражает степень активности именно продуктивного воспаления, поскольку лейкоцитоз — это увеличение количества прежде всего нейтрофилов крови, а не мононуклеаров, которые преобладают в очаге продуктивного воспаления мягких тканей (пара 6).

Отрицательная связь количества палочкоядерных лейкоцитов и размеров остеонекрозов (пара 3), вероятно, объясняется тем, что крупноочаговые остеонекрозы, которые часты при ХТО и становятся объектом секвестрации, не распространяются на прилежащие участки частично витального кортекса, где при этом доминируют интестистициальные остеонекрозы.

Показатель «агглютинация плазмы со штаммом золотистого стафилококка» обнаруживает отрицательную корреляцию с несколькими морфометрическими показателями пораженной кости. Так, на фоне высоких параметров этого показателя антибактериального иммунитета происходит ускорение затихания фазы экссудации воспаления; напротив, преобладают проявления фазы пролиферации (пара 4), к тому же доминирует экссудативное воспаление менее активного вида (пара 5). Кроме того, причина отсутствия воспаления в коже при ХТО также видится в высокой напряженности антибактериального иммунитета (пара 13).

Наше исследование показало, что СОЭ достаточно адекватно, в виде положительных зависимостей, отражает активность продуктивного воспаления (пара 7), а также наличие крупных фибронекрозов в мягких тканях при ХТО (пара 8). Это, очевидно, связано с масштабами механического и ишемического повреждений параоссальных мягких тканей при травме и последующим инфекционным воспалением в них.

Наибольшее число пар достоверных зависимостей с морфометрическими показателями мягких тканей и кожи обнаруживает уровень С-реактивного белка крови, при этом все корреляции положительные. Уровень СРБ адекватно отражает содержание незрелой соединительной ткани в капсуле очага (пара 9); свидетельствует об активности продуктивного воспаления (пара 10); отражает степень незрелости соединительной ткани дермы вблизи очага ХТО (пара 11); а также активность продуктивного воспаления в коже (пара 12).

Ранее были проведены исследования корреляций клиничко-лабораторных показателей с морфометрическими в группах больных ГО с латентным клиническим течением, в частности абсцессом Броди [24]. Так, в группе больных абсцессом Броди среди клиничко-лабораторных методов наиболь-

шее число корреляционных связей с высокими и значимыми параметрами коэффициента ассоциации выявлено для показателей «лейкоциты крови» и «агглютинация со штаммом золотистого стафилококка». Параметры и знак коэффициента ассоциации в группе больных ГО отличаются от таковых в группе больных ТО, изучавшихся в настоящем исследовании. Причины подобного несоответствия, возможно, связаны с неодинаковым соотношением ишемически-некротических и воспалительных изменений в костях и мягких тканях при разных нозологиях остеомиелита.

## Заключение

Теоретическая значимость нашего исследования заключается в определении на клиническом материале частоты встречаемости случаев различных градаций клиничко-лабораторных показателей, с одной стороны, а с другой стороны — частоты встречаемости случаев различной степени выраженности полуколичественных морфологических показателей изменений в тканях очагов ХТО, сочетающегося с трофическими расстройствами тканей, т.е. параметров, которые ранее были неизвестны.

Практическая значимость выполненного исследования видится в определении параметров корреляции между полуколичественными показателями выраженности патологических изменений в тканях очагов и клиничко-лабораторными показателями, измеряемыми у больных ХТО, сочетающемся с трофическими расстройствами тканей конечности, что ранее было неочевидно. На основании полученных характеристик корреляционных связей (силы, знака, уровня значимости коэффициента ассоциации) возможно, с известной долей вероятности, проводить прогнозирование состояния тканей патологических очагов.

## Этическая экспертиза

Протокол настоящего исследования утвержден комитетом по биоэтике учреждения, в котором проводились исследования (протокол № 2 от 12.04.2016).

## Информированное согласие

Пациенты дали информированное письменное согласие на участие в исследовании.

## Литература [References]

1. Rubin E. Cell Injury. In: E. Rubin, J.L. Farber (eds.) *Pathology*. — Philadelphia: Lippincott-Raven; 1999. p. 1-34.
2. Böhm E. [Chronische posttraumatische Osteomyelitis]. *Hefte zur Zeitschrift "Der Unfallchirurg"*; 1986. p.123. (In German).
3. Григоровский В.В. Аспекты патоморфологии и номенклатуры в современной классификации неспецифических остеомиелитов. *Ортопедия,*

- травматология и протезирование. 2013;(3):77-87. doi: 10.15674/0030-59872013377-87.
- Hryhorovsky V.V. [Aspects of pathomorphology and nomenclature in the modern classification of nonspecific osteomyelitides]. *Ortopedia, travmatologia i protezirovanie* [Orthopaedics, traumatology and prosthetics]. 2013;(3):77-87. (In Russian). doi: 10.15674/0030-59872013377-87.
4. Sanders J., Mauffrey C. Long bone osteomyelitis in adults: fundamental concepts and current techniques. *Orthopedics*. 2013;36(5):368-375. doi: 10.3928/01477447-20130426-07.
  5. Beck-Broichsitter B.E., Smeets R., Heiland M. Current concepts in pathogenesis of acute and chronic osteomyelitis. *Curr Opin Infect Dis*. 2015;28(3):240-245. doi: 10.1097/QCO.0000000000000155.
  6. Rosenberg A.E., Khurana J.S. Osteomyelitis and osteonecrosis. *Diagn Histopathol*. 2016; 22(10):355-368. doi: 10.1016/j.mpdhp.2016.09.005.
  7. Lin B., Huang K., Yu H. Surgical treatment for 76 patients with posttraumatic osteomyelitis of the tibia. *Biomed Res*. 2017;28(8):3585-3588.
  8. Иванов Ю.И., Погорелюк О.Н. Статистическая обработка результатов медико-биологических исследований на микрокалькуляторах по программам. Москва: Медицина; 1990. 219 с.  
Ivanov Yu.I., Pogorelyuk O.N. *Statisticheskaya obrabotka rezultatov mediko-biologicheskikh issledovaniya na mikrokalkulyatorakh po programmam* [Statistical processing of medical-biological researches results with microcalculators by programs]. Moscow: Meditsina; 1990. 219 p. (In Russian).
  9. Ochsner P.E., Hailemariam S. Histology of osteosynthesis associated bone infection. *Injury*. 2006;37(Suppl 2): S49-S58. doi: 10.1016/j.injury.2006.04.009.
  10. Sato S.K., Pimenta-Rodrigues M.V. Morphological aspects of osteomyelitis: A mini-review. *J Morphol Sci*. 2012; 29(1):16-17.
  11. Junka A., Szymczyk P., Ziółkowski G., Karuga-Kuzniowska E., Smutnicka D., Bil-Lula I. et al. Bad to the Bone: On *In Vitro* and *Ex Vivo* Microbial Biofilm Ability to Directly Destroy Colonized Bone Surfaces without Participation of Host Immunity or Osteoclastogenesis. *PLoS One*. 2017;12(1):e0169565. doi: 10.1371/journal.pone.0169565.
  12. Jorge L.S., Fucuta P.S., Oliveira M.G.L., Nakazone M.A., de Matos J.A., Chueire A.G. et al. Outcomes and Risk Factors for Polymicrobial Posttraumatic Osteomyelitis. *J Bone Jt Infect*. 2018;3(1):20-26. doi: 10.7150/jbji.22566.
  13. Tiemann A., Hofmann G.O., Krukemeyer M.G., Krenn V., Langwald S. Histopathological Osteomyelitis Evaluation Score (HOES) — an innovative approach to histopathological diagnostics and scoring of osteomyelitis. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW*. 2014;(3):Doc08. doi: 10.3205/iprs000049.
  14. Григоровский В.В., Грицай Н.П., Колов Г.Б., Цокало В.Н., Григоровская А.В. Морфологические показатели состояния тканей, прилежащих к металлическим пластинам, при инфекционных осложнениях остеосинтеза, частота возникновения и корреляционные зависимости. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*. 2016;(2):17-24.  
Hryhorovskiy V.V., Hrytsai M.P., Kolov H.B., Tsokalo V.M., Hryhorovska A.V. [Morphological indicators of a tissue condition, allied to metal plates, at infectious complications of osteosynthesis, frequency of occurrence and correlation dependences]. *Visnyk ortopedii, travmatologii ta protezuвання* [Bulletin of Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics]. 2016;(2):17-24. (In Ukrainian).
  15. Antony S., Farran, Y. Prosthetic joint and orthopedic device related infections. The role of biofilm in the pathogenesis and treatment. *Infect Disord Drug Targets*. 2016; 16(1):22-27. doi: 10.2174/1871526516666160407113646.
  16. Kapadia B.H., Berg R.A., Daley J.A., Fritz J., Bhav A., Mont M.A. Periprosthetic joint infection. *Lancet*. 2016; 387(10016):386-394. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61798-0.
  17. Филиппенко В.А., Марущак А.П., Бондаренко С.Е. Перипротезная инфекция: диагностика и лечение. Часть 1 (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2016;(2):102-110. doi: 10.15674/0030-598720162102-110.  
Filipenko V.A., Marushchak O.P., Bondarenko S.Ye. [Periprosthetic infection: diagnostic and treatment. Part i (literature review)]. *Ortopedia, travmatologia i protezirovanie* [Orthopaedics, traumatology and prosthetics]. 2016;(2):102-110. (In Russian). doi: 10.15674/0030-598720162102-110.
  18. Tsaras G., Maduka-Ezeh A., Inwards C.Y., Mabry T., Erwin P.J., Murad M.H. et al. Utility of intraoperative frozen section histopathology in the diagnosis of periprosthetic joint infection: a systematic review and meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(18):1700-1711. doi: 10.2106/JBJS.J.00756.
  19. George J., Kwiecien G., Klika A.K., Ramanathan D., Bauer T.W., Barsoum W.K. et al. Are Frozen Sections and MSIS Criteria Reliable at the Time of Reimplantation of Two-stage Revision Arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(7):1619-1626. doi: 10.1007/s11999-015-4673-3.
  20. Wang S., Yin P., Quan C., Khan K., Wang G., Wang L. et al. Evaluating the Use of Serum Inflammatory Markers for Preoperative Diagnosis of Infection in Patients with Nonunions. *Biomed Res Int*. 2017;2017:9146317. doi: 10.1155/2017/9146317.
  21. Wang X., Yu S., Sun D., Fu J., Wang Sh., Huang K. et al. Current data on extremities chronic osteomyelitis in southwest China: epidemiology, microbiology and therapeutic consequences. *Sci Rep*. 2017;7(1):16251. doi: 10.1038/s41598-017-16337-x.
  22. Lee K.-J., Goodman S.B. Identification of periprosthetic joint infection after total hip arthroplasty. *Orthop Translat*. 2015;3(1):21-25. doi: 10.1016/j.jot.2014.10.001.
  23. Newman J.M., George J., Klika A.K., Hatem S.F., Barsoum W.K., North W.T. et al. What is the Diagnostic Accuracy of Aspirations Performed on Hips With Antibiotic Cement Spacers? *Clin Orthop Relat Res*. 2017; 475(1):204-211. doi: 10.1007/s11999-016-5093-8.
  24. Григоровский В.В., Грицай Н.П., Гордий А.С., Лютко О.Б., Григоровская А.В. Гистопатология поражения костей и корреляции клинических, клинико-лабораторных данных и морфологических показателей при деструктивной форме остеомиелита с латентным течением (абсцессе Броди). *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2018;(2):47-55.  
Grigorovskiy V.V., Gritsai N.P., Gordiy A.S., Lyutko O.B., Grigorovskaya A.V. Histopathology of bone lesion and correlation of clinical, clinical-laboratory data and morphologic indices in destructive form of osteomyelitis with latent course (Brodie's abscess). *Vestnik Travmatologii i Ortopedii im. N.N. Priorova* [Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2018;(2):47-55. (In Russian). doi: 10.32414/0869-8678-2018-2-47-55.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Григоровский Валерий Владимирович* — д-р мед. наук, профессор, врач-патологоанатом высшей категории, заведующий отделом патоморфологии, ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев, Украина

*Грицай Николай Павлович* — д-р мед. наук, профессор, руководитель отделения костно-гнойной хирургии, ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев, Украина

*Цокало Василий Николаевич* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения костно-гнойной хирургии, ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев, Украина

*Лютко Ольга Борисовна* — канд. мед. наук, заведующая лабораторией микробиологии и химиотерапии, ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев, Украина

*Григоровская Анастасия Валериевна* — врач-патологоанатом отдела патоморфологии, ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев, Украина

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Valery V. Grigorovskiy* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Research Institute for Traumatology and Orthopaedics of National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

*Nikolay P. Gritsay* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Research Institute for Traumatology and Orthopaedics of National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

*Vasiliy N. Tsokalo* — Cand. Sci. (Med.), Research Institute for Traumatology and Orthopaedics of National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

*Olga B. Lyutko* — Cand. Sci. (Med.), Research Institute for Traumatology and Orthopaedics of National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

*Anastasia V. Grigorovskaya* — Research Institute for Traumatology and Orthopaedics of National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

*Заявленный вклад авторов*

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

*Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



## Переломы тел позвонков как проявление остеомалации, индуцированной фосфатурической мезенхимальной опухолью

С.С. Родионова, Ю.В. Буклемишев, И.Н. Карпов, О.Б. Шугаева,  
А.Н. Торгашин

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

### Реферат

**Актуальность.** Редкость заболевания и обусловленная этим неосведомленность врачей о патологии, поздняя диагностика и тяжелые осложнения со стороны костно-мышечной системы подчеркивают актуальность демонстрации клинического случая. Уникальность случая заключается в том, что гипофосфатемия, отмеченная спустя 3 года от начала заболевания, не была принята во внимание. **Описание случая.** У пациента 45 лет с жалобами на мышечную слабость, нарушение походки, деформацию туловища и множественные переломы тел позвонков, появившиеся на фоне отсутствия каких-либо соматических заболеваний, на протяжении четырех лет в различных медицинских учреждениях проводился дифференциальный диагноз метастатического поражения тел позвонков и вторичного остеопороза, осложненного переломами тел позвонков, и даже было проведено лечение бисфосфонатами по поводу остеопороза. На этом фоне увеличивалась деформация грудной клетки, кифоз, появились перестроечные переломы других костей скелета. Оценка гомеостаза кальция и фосфора впервые проведена на 4-м году заболевания, но выявленная гипофосфатемия не была расценена как проявление гипофосфатемической остеомалации. **Заключение.** Среди взрослых пациентов с множественными низкоэнергетическими переломами, выраженной мышечной слабостью и болями в костях, появившихся на фоне полного здоровья, для исключения гипофосфатемической остеомалации, индуцированной мезенхимальной опухолью, необходимо включить в алгоритм диагностики оценку уровня фосфора в крови и суточной моче.

**Ключевые слова:** фосфатурическая онкогенная остеомалация, ФРФ-23 секретирующая опухоль, фосфатурическая мезенхимальная опухоль, патологические переломы.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Родионова С.С., Буклемишев Ю.В., Карпов И.Н., Шугаева О.Б., Торгашин А.Н. Переломы тел позвонков как проявление остеомалации, индуцированной фосфатурической мезенхимальной опухолью. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):114-123. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-114-123>.

**Cite as:** Rodionova S.S., Buklemishev Yu.V., Karpov I.N., Shugaeva O.B., Torgashin A.N. [Vertebral Fractures as a Manifestation of Phosphaturic Mesenchymal Tumor-Induced Osteomalacia]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):114-123. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-114-123>.

✉ Родионова Светлана Семеновна / Svetlana S. Rodionova; e-mail: rod06@inbox.ru

Рукопись поступила/Received: 09.03.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 22.04.2021.

© Родионова С.С., Буклемишев Ю.В., Карпов И.Н., Шугаева О.Б., Торгашин А.Н., 2021

## Vertebral Fractures as a Manifestation of Phosphaturic Mesenchymal Tumor-Induced Osteomalacia

Svetlana S. Rodionova, Yuri V. Buklemishev, Igor N. Karpov, Olga B. Shugaeva, Alexander N. Torgashin

National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** The rarity of the disease and, in this regard, the lack of doctors awareness about the pathology, late diagnosis and severe complications of the musculoskeletal system emphasize the relevance of clinical case demonstrating. The uniqueness of the case lies in the fact that hypophosphatemia, noted 3 years after the disease debut, was not taken into account. **Case description.** A 45-year-old patient with complaints of muscle weakness, gait disorders, torso deformity and multiple vertebral body fractures that appeared against the background of any somatic diseases absence, a differential diagnosis of metastatic vertebral bodies lesions and secondary osteoporosis complicated by vertebral body fractures was carried out for four years in various hospitals, and was even treated with bisphosphonates. Against this background, the chest deformity increased, kyphosis and remodeling fractures of other bones appeared. The assessment of calcium and phosphorus homeostasis was first performed at the 4<sup>th</sup> year of the disease, but the detected hypophosphatemia was not regarded as a manifestation of hypophosphatemic osteomalacia. **Conclusion.** Among adult patients with multiple low-energy fractures, severe muscle weakness and bone pain that appeared against the background of complete health, to exclude hypophosphatemic osteomalacia induced by mesenchymal tumor, it is necessary to include the level of phosphorus in blood and daily urine assessment in the diagnostic algorithm.

**Keywords:** phosphaturic oncogenic osteomalacia, FGF-23 secreting tumor, phosphaturic mesenchymal tumor, pathological fractures.

**Funding:** state budget funding.

### Актуальность

Остеомаляция, индуцированная опухолью, известна также как фосфатурическая онкогенная остеомаляция. В поле зрения травматолога заболевание попадает из-за того, что его течение осложняют низкоэнергетические переломы различных костей скелета. Этот редкий тип остеомаляции становится причиной ошибочного диагноза — остеопороза или метастатического поражения. Ретроспективный анализ 144 случаев онкогенной остеомаляции выявил первоначальный ошибочный диагноз в 95,1% случаев [1]. Как свидетельствуют данные литературы [2] и наши собственные наблюдения, причиной ошибочного диагноза является недостаточная осведомленность врачей о патологии.

При остеомаляции данного типа чаще всего первыми появляются переломы тел позвонков, состояние длительно расценивается как метастатическое поражение или остеопороз. Отсутствие лечения или неадекватная терапия приводит к появлению новых переломов, развитию тяжелых деформаций осевого скелета и костей верхних и нижних конечностей, инвалидности, обездвижен-

ности и даже смерти [3]. Диагностика затруднена в силу того, что опухоль, ставшая причиной остеомаляции и переломов, имеет маленькие размеры и не вызывает локальной боли; о существовании опухоли не знает не только врач, но и, за очень редким исключением, пациент [4].

Мы представляем случай остеомаляции, индуцированной опухолью, когда врачи разных специальностей длительно расценивали переломы тел позвонков у пациента как метастатическое поражение или как множественные переломы тел позвонков на фоне остеопороза, который они пытались лечить бисфосфонатами. Опухоль, ставшая причиной паранеопластического синдрома, была рано замечена пациентом, который не понимал причинно-следственной связи этой опухоли и ухудшающегося состояния костно-мышечной системы, многократно пытался обратиться на это внимание врачей, наблюдавших его в течение четырех лет.

### Клинический случай

Пациент, 45 лет, обратился с жалобами на выраженные и постоянные боли в костях осевого и периферического скелета, уменьшение роста на

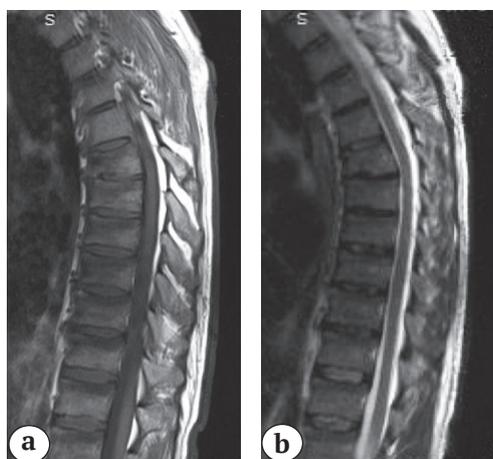
14 см, потерю веса до 10 кг, деформацию туловища, невозможность передвижения без дополнительной опоры из-за выраженной слабости мышц и усиления боли в нижних конечностях при нагрузке.

Со слов пациента, первые признаки болезни появились четыре года назад, когда без видимой причины его стали беспокоить боли в стопах и голеностопных суставах, появилась постоянная «усталость в ногах». С этими жалобами он обратился к ортопеду по месту жительства. Было диагностировано плоскостопие, рекомендовано ношение ортопедических стелек. Состояние не улучшилось, вскоре присоединились боли в поясничном и грудном отделах позвоночника, которые были расценены как проявление остеохондроза. На протяжении 1,5 лет пациент по рекомендации ортопеда и невролога практически без перерыва получал нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), анальгетики, повторные курсы витаминов группы В, курсы массажа мышц спины и нижних конечностей. На фоне лечения болевой синдром постепенно прогрессировал, снижались вес и рост. Курс мануальной терапии спровоцировал появление боли в ребрах. В анамнезе были указания на перенесенный туберкулез легких (в 2009 г. лечение проводилось стационарно в противотуберкулезном диспансере в течение двух месяцев, затем амбулаторно, пациент снят с учета 30.09.2013 в связи с выздоровлением). Потеря в весе и росте в сочетании с нарастающей слабостью и усилением боли в костях заставила врачей исключить туберкулез в октябре 2018 г. После этого была возобновлена терапия, направленная на купирование боли: паравертебральные блокады, физиотерапия, внутривенное введение глюкокортикоидов. Отсутствие эффекта заставило выполнить МРТ (режимы T1, T2, STIR ВИ) грудного и поясничного отделов позвоночника (29.11.2018). Выявленный перелом позвонка Th6 и динамиче-

ская компрессия тел позвонков Th7–12 в стадии консолидации стали основанием для заключения: системные метаболические нарушения костной ткани — остеопороз (рис. 1)?

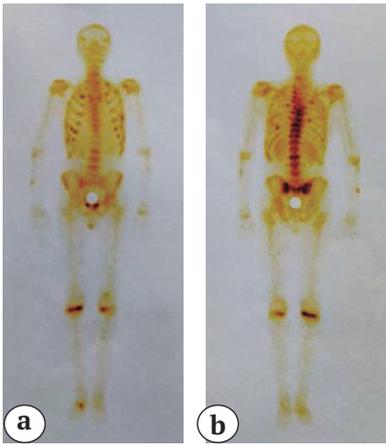
В анамнезе у пациента было указание на перенесенную орхифуникулоэктомию (29.10.2007) с последующей лучевой терапией подвздошных лимфатических узлов справа по поводу семиномы правого яичка T2NxM0, что инициировало необходимость исключения метастатического поражения тел позвонков. При обследовании в онкодиспансере (оценка маркеров опухоли) рецидив и метастазы семиномы яичка исключены, но выявленные при скинтиграфии (20.12.2018) множественные участки гиперфиксации радиофармпрепарата в ребрах, позвонках, костях таза, правой стопы и костях, образующих коленные суставы (больше справа), потребовали исключения миеломной болезни (рис. 2).

Миеломная болезнь исключена по результатам биопсии из подвздошной кости (11.01.2019). Переломы тел позвонков и изменения структуры костной ткани, выявленные при скинтиграфии, вновь расцениваются как проявление метаболических нарушений, связанных, скорее всего, с остеопорозом. При повторной МРТ (25.01.2019), выполненной в режимах T1, T2, STIR ВИ, сохраняется диагноз: метаболическая перестройка костной ткани системного характера — остеопороз? Так как слабость мышц, нарушение походки, боль в костях, деформация грудной клетки и позвоночника (кифоз) увеличивались, пациент вновь обследовался. При МСКТ брюшной полости, малого таза, грудной клетки и ПЭТ/КТ с введением 18F-фтордезоксиглюкозы (06.02.2019) дополнительно к множественным компрессионным переломам тел позвонков (Th6, Th8–10) выявлены перелом лонной и седалищной кости справа и субкапитальный перелом шейки левой бедренной кости (рис. 3).



**Рис. 1.** МРТ грудного и поясничного отделов позвоночника: а — интенсивность сигнала от позвонков неоднородная (выраженный остеопороз) с наличием участков гемангиоматозной перестройки в области Th10 и L1 позвонков, признаки перенесенной динамической компрессии тел Th7–12 в стадии консолидации; б — кифосколиотическая деформация с вершиной на уровне Th6 позвонка, тело Th6 позвонка снижено по высоте, больше в переднем отделе (клиновидная деформация), задние отделы минимально пролабируют в сторону позвоночного канала (до 1,0–1,5 мм)

**Figure 1.** MRI of the thoracic and lumbar spine: а — signal intensity from the vertebral column is heterogeneous (severe osteoporosis) by the presence of hemangioma remodeling areas in the Th10 and L1 regions, signs of Th7–12 dynamic compression in the consolidation stage; б — kyphoscoliotic deformity with its apex at the Th6 level, the Th6 is lower in height, larger in front (wedge-shaped deformity), posterior part minimally prolapsed in the spinal canal (up to 1.0–1.5 mm)



**Рис. 2.** Сцинтиграфия костей скелета: множественные участки гиперфиксации радиофармпрепарата в ребрах, позвонках, костях таза, правой стопы и костях, образующих коленные суставы (больше справа): а — вид спереди; б — вид сзади

**Figure 2.** Scintigraphy of skeletal bones: multiple sites of radiopharmaceuticals hyperfixation in the ribs, vertebrae, pelvic bones, right foot, and bones forming knee joints (more on the right): a — front view; b — posterior view



**Рис. 3.** Обзорная рентгенограмма костей таза: перелом лонной и седалищной костей справа и субкапитальный перелом шейки левой бедренной кости

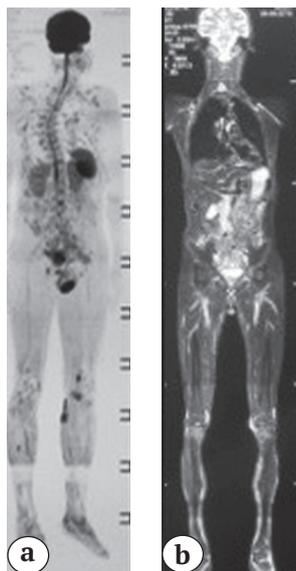
**Figure 3.** Pelvic bones X-ray: fracture of the pubic and sciatic bones on the right and subcapital fracture of the left femur neck

Отсутствие накопления радиофармпрепарата в очагах деструкции в костях таза становится основанием для исключения как первичной опухоли, так и метастатического поражения костей скелета, кроме того, повторно исключается миеломная болезнь. Изменения в костях скелета окончательно расцениваются как проявление остеопороза, который, как полагают онкологи, связан с ранее проведенным облучением лимфатических узлов. С диагнозом «вторичный (постлучевой) остеопороз, осложненный переломами тел позвонков и седалищной кости справа» больной был направлен к ревматологу.

Таким образом, спустя три года от начала заболевания пациента начал лечить ревматолог, который впервые оценил гомеостаз кальция и фосфора и выявил гипофосфатемию (со слов пациента, уровень фосфора — 0,3 ммоль/л, медицинская документация не предоставлена). Ревматолог поставил диагноз: генерализованный остеопороз (постлу-

чевой), тяжелое течение, множественные переломы тел позвонков, ребер, перелом ветви седалищной кости справа, дефицит фосфора.

Пациенту на постоянной основе назначены препараты кальция и фосфора (БАД) — 500 мг, витамин Д — 2200 МЕ в сут., внутривенно (март 2019) золедроновая кислота (5 мг). Через три месяца после введения золедроновой кислоты из-за сильной боли в костях скелета и мышечной слабости (мог передвигаться только с помощью дополнительной опоры) пациент вновь обратился к травматологу одной из крупных клиник Москвы. В момент осмотра пациент обратил внимание врача на небольшое (до 3,5 см) безболезненное опухолевидное образование в мягких тканях на внутренней поверхности левого коленного сустава. Этому образованию пациент не придавал особого значения. Тем не менее в связи с ухудшением состояния неоднократно указывал на образование врачам, которые его наблюдали или обследовали на протяжении всей болезни, но жалоба не принималась во внимание. В 2019 г. осматривавший пациента врач заподозрил, что это образование может быть опухолью, которая стала источником метастазов в кости (были проигнорированы результаты предыдущего обследования, исключившие метастатическое поражение). Пациенту вновь рекомендовано выполнение МРТ всего тела. При сравнении данных МРТ в режимах DWIBS и STIR, выполненной 20.06.2019, с результатами предыдущих исследований метастатическое поражение костей вновь исключено. Выявлены изменения асептического характера в проксимальных суставных концах большеберцовых костей, шейке левой бедренной кости (рис. 4), линейные изменения гипоинтенсивного сигнала. Все это было расценено как консолидирующиеся перестроечные переломы на фоне метаболических нарушений в костной ткани. Подтверждено наличие объемного образования мягких тканей области левого коленного сустава (рис. 5), и впервые заподозрена остеомалация, индуцированная опухолью. Пациент направлен в ЦИТО.

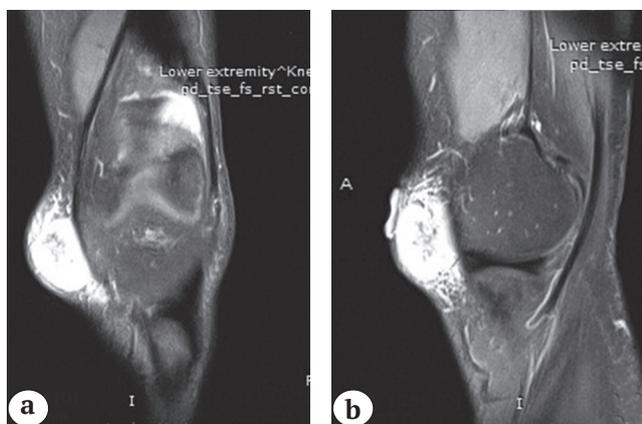


**Рис. 4.** Результаты МРТ:

а — в режиме DWIBS ВИ в области мягких тканей медиального отдела левого коленного сустава определяется очаг повышенного сигнала 35×30×25 мм; б — в режиме STIR ВИ выявляются изменения асептического характера проксимальных суставных концов большеберцовых костей, шейки левой бедренной кости с наличием линейных изменений гипоинтенсивного сигнала — консолидирующиеся перестроечные переломы

**Figure 4.** MRI data:

а — in DWIBS-WI mode the focus of the increased signal 35×30×25 mm is determined in the soft tissues of the left knee joint medial compartment; б — in STIR-WI mode aseptic changes of the both proximal tibiae and the left femur neck are detected with presence of the hypointensive signal linear measurements — consolidating remodeling fractures



**Рис. 5.** МРТ коленного сустава:

а — в режиме DWIBS по медиальной поверхности сустава, на уровне суставной щели определяется дополнительное объемное образование размером 30×30×17 мм, неоднородной интенсивности на T2 ВИ, гипоинтенсивное на T1 ВИ и гиперинтенсивное; б — в режиме STIR ВИ с признаками отграничения

**Figure 5.** MRI of the knee:

а — in the DWIBS mode, an additional formation is determined along the medial surface of the joint 30×30×17 mm, heterogeneous intensity on T2 WI, hypointensive on T1 WI and hyperintensive; б — in the STIR mode and with signs of delineation

Из-за ситуации с COVID-19 в рекомендуемую клинику пациент попал только через шесть месяцев, то есть спустя четыре года от начала заболевания.

При обращении в анализах крови выявлена гипофосфатемия (фосфор — 0,59 ммоль, норма — 0,81–1,45 ммоль), снижение уровня реабсорбции фосфатов — 73% (норма — 87%) и умеренное повышение щелочной фосфатазы — 187 Ед/л (норма — 30–120 Ед/л). Все остальные показатели оставались в пределах референсных значений нормы: кальций общий — 2,44 ммоль/л (2,20–2,65 ммоль/л), креатинин — 61 мкмоль/л, магний — 0,85 ммоль/л (0,73–1,06 ммоль/л), транспортная форма D-гормона — 31 нг/мл (30–100 нг/мл), паратгормон — 33,9 пг/мл (15–69 пг/мл), остеокальцин — 20,03 нг/мл (14–42 нг/мл), С-концевой телопептид коллагена типа I — 0,457 нг/мл (0,10–0,85 нг/мл).

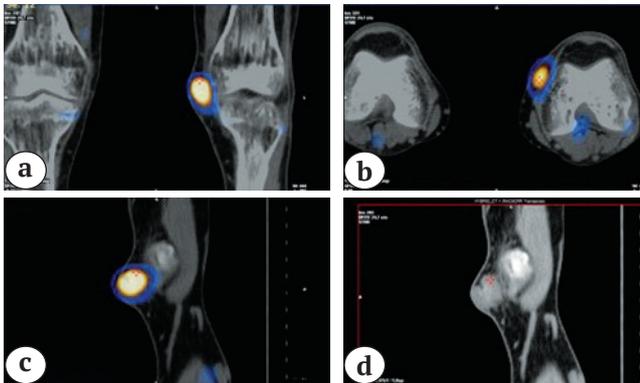
Гипофосфатемия и снижение реабсорбции фосфора в сочетании с такими клиническими признаками, как выраженная мышечная слабость, нарушение походки, бочкообразная деформация

грудной клетки, выраженный кифоз, резкая болезненность при пальпации ребер, остистых отростков тел позвонков, формирующаяся варусная деформация коленных суставов, снижение роста на 14 см и потеря 10 кг веса, множественные переломы тел позвонков, седалищной кости, перестроечные переломы большеберцовых костей, стали основанием для постановки диагноза «гипофосфатемическая остеомалация». Поздняя манифестация (в возрасте 45 лет) исключала врожденный характер заболевания. Можно было обсуждать только приобретенную форму остеомалации: либо связанную с интоксикацией и нарушением функции почек, либо индуцированную опухолью, секретирующей фактор роста фибробластов — 23 (ФРФ-23). Так как функция почек не была нарушена, то у пациента диагностирована фосфатурическая онкогенная остеомалация. Для диагностического поиска секретирующего ФРФ-23 образования выполнены соматостатин-рецепторная сцинтиграфия с <sup>99m</sup>Tc-тектротидом и однофотонная эмиссионная компьютерная томография/компьютерная томография (ОФЭКТ/КТ),

по результатам которых выявлены два тесно прилежащих друг к другу мягкотканых образования общим размером 34×14×35 мм в подкожной жировой клетчатке в области левого коленного сустава (рис. 6). Именно на это образование указывал пациент.

20.02.2020 под местной анестезией выполнена операция удаления опухоли в пределах здоровых тканей с иссечением прилежащей к ней подкожно-жировой клетчатки и участка кожи. Входящие в опухоль сосуды пересечены и коагулированы. Макроскопически округло уплощенный узел размером 3,5×3,3×1,8 см покрыт жировой клетчаткой (рис. 7). На разрезе — ткань неоднородного красно-бурого цвета, блестящая, с мелкими точечными сероватыми вкраплениями. Границы опухоли четкие, сероватого цвета.

Гистологически опухоль не прорастает в мягкие ткани, хорошо выражена капсула. Опухоль состоит из полей веретеновидных клеток, вокруг которых массивные отложения базофильных полей с выраженными дистрофическими участками, полями некроза (рис. 8). В толще опухоли отмечались «комковатые» гиалиноподобные участки, напоминающие патологический остеоид. Между дольками опухоли отмечаются тяжи опухоли с пролиферацией сосудов, часть из них полнокровна.

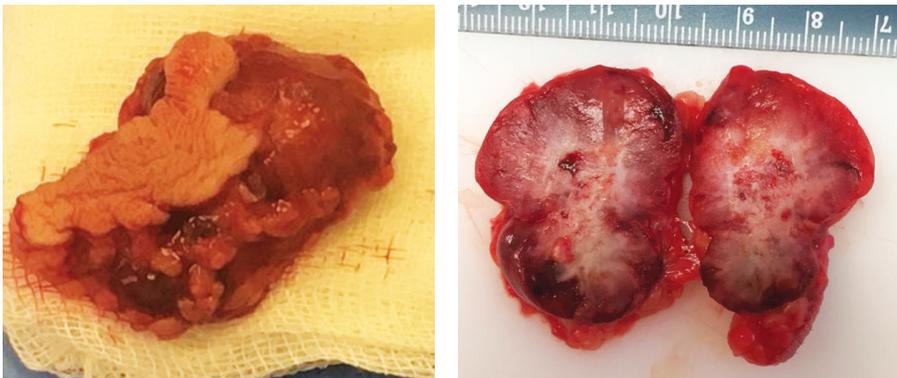


Для коррекции метаболических нарушений и лечения остеомалации с первых суток после операции пациенту был назначен альфакальцидол в дозе 1,0 мкг, оссеин-гидроксиапатитный комплекс (2 таблетки 2 раза в день) и диета, богатая кальцием и фосфором. Пациент выписан из стационара на третьи сутки. Следует отметить, что в такой короткий срок после операции пациент уже отметил улучшение состояния.

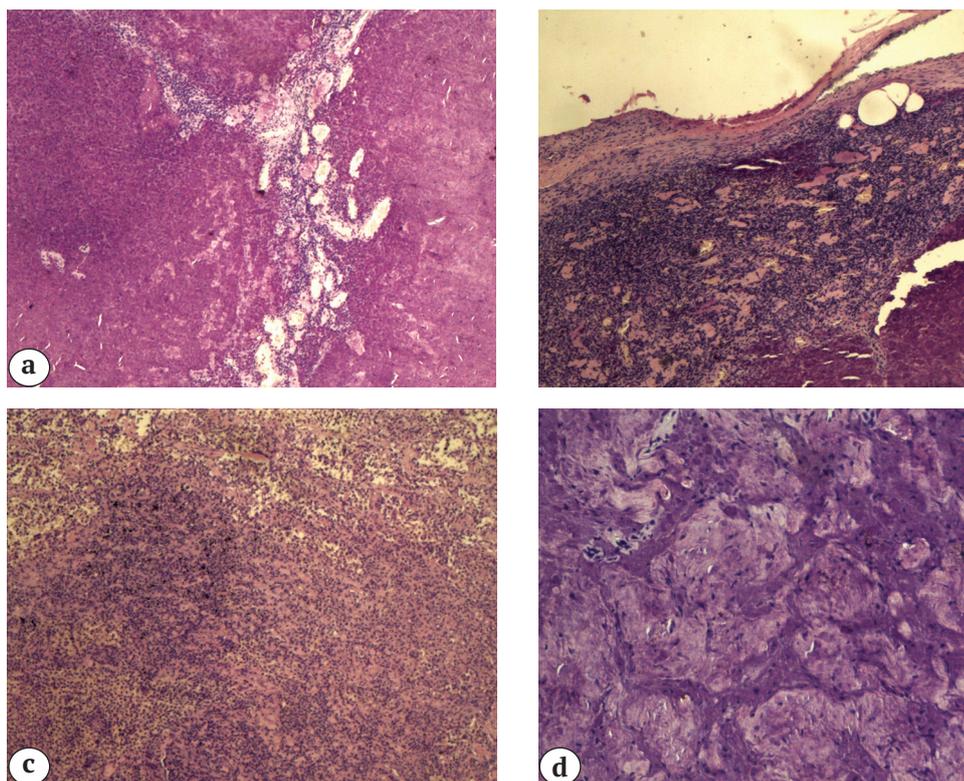
Контрольное исследование уровня фосфора и кальция в крови и мочи выполнено через 16 дней после операции. В биохимическом анализе крови отмечена нормализация уровня неорганического фосфора (1,38 ммоль, норма — 0,81–1,45 ммоль) и щелочной фосфатазы (137 Ед/л, норма — 40–150 Ед/л), снизилась до нормы суточная экскреция фосфора (15,7 ммоль/сут, норма — 12,9–40,0 ммоль/сут). Кальций крови (общий — 2,22 ммоль/л, ионизированный — 1,09 ммоль/л) суточной мочи (0,99 ммоль/сут, норма — 2,5–7,5 ммоль/сут) оказался сниженным, что потребовало увеличения дозы карбоната кальция до 1000 мг, а альфакальцидола — до 1,25 мг. Рекомендован контроль показателей гомеостаза кальция и фосфора спустя 3 мес. после коррекции лечения, направленного на восстановление минерализации костной ткани.

**Рис. 6.** Соматостатин-рецепторная сцинтиграфия с <sup>99m</sup>Tc-тектротидом и ОФЭКТ/КТ: в проекции передне-медиальной поверхности левого коленного сустава в подкожной жировой клетчатке определяются два тесно прилежащих друг к другу мягкотканых образования овоидной формы с четкими ровными контурами, однородной структуры, общими размерами 34×14×35 мм, активно накапливающие РФП

**Figure 6.** Somatostatin-receptor scintigraphy with <sup>99m</sup>Tc-tectrotide and SPECT/CT: in the projection of the left knee joint anteromedial surface in the subcutaneous adipose tissue were determined two closely adjacent soft-tissue ovoid shape formations with clear smooth contours, homogeneous structure, total dimensions of 34×14×35 mm, actively accumulating the radiopharmaceuticals



**Рис. 7.** Удаленная опухоль  
**Figure 7.** Removed tumor



**Рис. 8.** Микропрепарат удаленной опухоли:  
 а — опухоль состоит из полей веретенообразных клеток; б — имеет хорошо выраженную капсулу;  
 с — вокруг скоплений веретенообразных клеток дистрофические участки и поля некроза;  
 д — в толще опухоли «комковатые» гиалиноподобные участки, напоминающие патологический остеоид.  
 Окраска гематоксилином и эозином. Ув.: а, б —  $\times 40$ ; с, д —  $\times 100$

**Figure 8.** Micropreparation of the removed tumor:  
 а — the tumor consists of fusiform cells fields; б — the tumor has a well-defined capsule;  
 с — dystrophic areas and necrosis fields around fusiform cells clusters;  
 д — “lumpy” hyaline-like areas that looks like a pathological osteoid.  
 Stained with hematoxylin and eosin. Mag.: а, б —  $\times 40$ ; с, д —  $\times 100$

Что касается клинических проявлений, то через две недели после операции отмечено уменьшение слабости и появление мышечной силы. Через месяц пациент стал передвигаться без дополнительной опоры, через два месяца отмечен регресс таких патологических симптомов, как боль в костях, мышечная слабость, он начал набирать вес и вернуться к своему хобби — мотогонкам.

Таким образом, у пациента с выраженными болями в костях скелета, мышечной слабостью, нарушением опороспособности и возможности передвижения без опоры, возникших без видимой причины, с множественными переломами тел позвонков, ребер, костей таза (заболевание началось в возрасте старше 40 лет) фосфопеническая форма остеомалации опухолевого генеза подтверждена гипофосфатемией (фосфор — 0,49 ммоль/л), низким уровнем реабсорбции фосфатов (73%), повышением щелочной фосфатазы (164 Ед/л). Для диагностического поиска образования, секретирующего ФРФ-23, были выполнены соматостатин-

рецепторная скintiграфия с  $^{99m}\text{Tc}$ -тектротидом и ОФЭКТ/КТ, по результатам которых образование в подкожной жировой клетчатке области левого колена общими размерами  $34 \times 14 \times 35$  мм было расценено как, вероятнее всего, секретирующая ФРФ-23 опухоль. Гистологическое подтверждение мезенхимальной опухоли и обратное развитие гипофосфатемии подтвердили, что образование в области коленного сустава и было причиной онкогенной остеомалации.

### Обсуждение

Первый случай гипофосфатемической остеомалации, индуцированной опухолью, описан R.A. McCance в 1947 г. [5]. Однако связь между опухолью и остеомалацией была выявлена только в 1959 г. А. Prader [6], причем у ребенка, хотя патология чаще всего встречается у взрослых. К настоящему времени описано около 10 таких случаев у детей, в то время как у взрослых — больше 500. Судя по публикациям клинических случаев,

средний возраст начала заболевания — 40–45 лет, что указывает на большую уязвимость взрослых [3].

У нашего пациента был типичный для начала заболевания возраст и характерные для патологии симптомы. Ранее опубликованный ретроспективный анализ показал, что боль в костях и мышечная слабость являются не только практически общими (99,3 и 91,3%, соответственно), но и первыми симптомами недуга [1]. Однако существует точка зрения, что присутствие таких неспецифических симптомов затрудняет постановку диагноза, и в этом заключается главная причина поздней диагностики заболевания [7]. Однако анализ нашего материала (мы наблюдали 15 пациентов с ФРФ-23 индуцированной остеомалацией) и данные литературы свидетельствуют, что поздняя диагностика обусловлена отсутствием информации о патологии у широкого круга врачей.

Возникшая без видимой причины у взрослого человека выраженная боль в костях скелета, сочетающаяся с прогрессирующей мышечной слабостью, нарушением походки и появлением не связанных с травмой переломов различных костей скелета требует исключения приобретенной фосфопенической остеомалации, так как при генетически обусловленных формах последней (сцепленная с X-хромосомой гипофосфатемическая остеомалация, аутосомно-доминантное гипофосфатемическое поражение костей скелета, синдром Фанкони) симптомы появляются в раннем детстве, сопровождаются задержкой роста, гипоплазией эмали, кариесом, а многоплоскостные деформации костей периферического скелета предшествуют появлению боли в костях и выраженной мышечной слабости. Сильным признаком наследственной гипофосфатемии может быть и положительный семейный анамнез. Если описанные выше неспецифические симптомы без видимой причины возникают у взрослого пациента, для уточнения диагноза прежде всего нужно провести лабораторную оценку гомеостаза кальция и фосфора, так как гипофосфатемия и повышенное содержание фосфора в моче являются абсолютными симптомами гипофосфатемической остеомалации. Ответственным за нарушение гомеостаза фосфора в этом случае является ФРФ-23, который экспрессируется опухолью [8]. В норме ФРФ-23 также присутствует в организме (синтезируется остеоцитами), и его роль сводится к снижению уровня сывороточного фосфата в случае избыточного поступления элемента с пищей [9]. В процессе эволюции ФРФ-23 приобрел и эндокринные функции, поэтому участвует в гомеостазе фосфора и за счет регуляции образования активного метаболита витамина D в почках. Под влиянием 1,25-ОН D3 одновременно с кальцием происходит всасывание и аниона фосфата.

При остеомалации, индуцированной опухолью, гипофосфатемия обусловлена тем, что избыток ФРФ-23, с одной стороны, блокирует всасывание фосфора в кишечнике, а с другой уменьшает экспрессию натрий-фосфатного котранспортера NPT2 в почечных проксимальных канальцах, снижает его реабсорбцию. У пациента уровень фосфора в крови впервые оценили только через три года от начала заболевания, но отмеченное снижение (0,3 ммоль/л, норма — 0,81–1,45) хотя и послужило основанием для назначения препаратов фосфора и витамина D, ошибочно рассматривалось как проявление остеопороза. Последнее является грубейшей ошибкой, так как при остеопорозе (как первичном, так и вторичном) уровень фосфора в крови остается в пределах колебаний нормы.

Наше наблюдение еще раз подтвердило, что не все переломы тел позвонков у взрослых следует рассматривать как проявление остеопороза. При остеомалации, в том числе при остеомалации, индуцированной секреторирующей ФРФ-23 опухолью, нарушение минерализации костной ткани обусловлено хронической гипофосфатемией. Можно было заподозрить нарушение минерализации у пациента и по результатам МРТ (режимы DWIBS и STIR), где были отмечены метаболические нарушения в костной ткани.

При остеомалации (любого генеза) назначение бисфосфонатов, которые широко используются для лечения остеопороза, только усугубило нарушения минерализации, что проявилось усилением боли.

Оценка уровня ФРФ-23 для уточнения диагноза возможна, но его повышение не является специфическим для опухолевой формы остеомалации, так как может иметь место и при хронической почечной недостаточности, и при сцепленной с X-хромосомой остеомалации [10]. Опухоли, секреторирующие ФРФ-23, располагаются как в мягких тканях, так и в костях [4].

Поиск опухоли затруднен, поскольку она небольшого размера и недоступна (за редким исключением, как, например, в нашем случае) для физического обследования. Существует несколько функциональных методов ее визуализации, включая соматостатин-рецепторную скинтиграфию с тектротидом-Тс99m и ОФЭКТ/КТ. Хотя ПЭТ/КТ с 18F-фтордезоксиглюкозой может локализовать фосфатурические опухоли, исследование неспецифично, так как выявляет и области повышенной метаболической активности, например активно заживающие участки перестроенных переломов [8]. Октреотидное сканирование может быть полезным для определения локализации, поскольку большинство фосфатурических опухолей экспрессируют рецепторы соматостатина [11]. Недавние исследования показали, что ПЭТ/КТ с радиофармпрепаратом, меченным галлием-68

(<sup>68</sup>Ga-DOTA-TATE), имеет более высокую чувствительность и специфичность по сравнению с ПЭТ/КТ с <sup>18</sup>F-фтордезоксиглюкозой и другими функциональными сканированиями на основе рецепторов соматостатина [12].

Гистологически при остеомалации, в том числе при фосфатурической форме, определяется повышенное содержание остеоида или некальцинированного костного матрикса, в то время как для остеопороза характерна потеря минерализованной кости, а количество остеоида сохраняется в норме или даже снижается [13]. Только в 1987 г. было отмечено, что ассоциированные с гипофосфатемической остеомалацией опухоли являются единым гистопатологическим образованием и характеризуются такими общими признаками, как низкая клеточность, миксоидные изменения, веретенообразные клетки, характерный «шероховатый» кальцифицированный матрикс, наличие жира, сосудов, участков кровоизлияний и зон перепончатого окостенения [14]. В 2013 г. ВОЗ выделила эти опухоли как «морфологически отличительные новообразования мягких тканей и костей, которые вызывают индуцированную опухолью остеомалацию из-за чрезмерной продукции ФРФ-23». Удаление опухоли приводит к полному выздоровлению в короткие сроки, причем гомеостаз фосфора нормализуется уже в течение первой недели, а в некоторых случаях даже в первые три дня, но для полного восстановления минерализации требуется не менее года [15].

В ретроспективном исследовании 230 пациентов, выполненном X. Li, частота стойких рецидивов после первой операции составила 11,3%, что авторы связывали прежде всего с нерадикальным иссечением образования [16].

Для подтверждения адекватного иссечения опухоли и длительности назначения добавок фосфора рекомендуется послеоперационный мониторинг фосфора сыворотки. Прием кальцитриола и препаратов кальция необходимо продолжать до восстановления нормальной минерализации скелета.

### Заключение

У взрослых пациентов с множественными низкоэнергетическими переломами, выраженной мышечной слабостью и болями в костях необходимо исключать гипофосфатемическую остеомалацию, индуцированную мезенхимальной опухолью, секретирующей ФРФ-23.

### Информированное согласие

Пациент дал письменное добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

### Литература [References]

- Feng J., Jiang Y., Wang O., Li M., Xing X., Huo L. et al. The diagnostic dilemma of tumor induced osteomalacia: a retrospective analysis of 144 cases. *Endocr J.* 2017;64(7):675-683. doi: 10.1507/endocrj.EJ16-0587.
- Родионова С.С., Снетков А.И., Акиншина А.Д., Бульчева И.В., Торгашин А.Н., Гребенникова Т.А. и др. Фосфопеническая форма остеомалации, индуцированная ФРФ23-секретирующей опухолью левой бедренной кости. *Научно-практическая ревматология.* 2019;57(6):708-712. doi: 10.14412/1995-4484-2019-708-712.
- Rodionova S.S., Snetkov A.I., Akinshina A.D., Bulycheva I.V., Torgashin A.N., Grebennikova T.A. et al. [Hypophosphatemic osteomalacia induced by FGF23-secreting tumor of the left femur]. *Rheumatology Science and Practice.* 2019;57(6):708-712. (In Russian). doi: 10.14412/1995-4484-2019-708-712.
- Yin Z., Du J., Yu F., Xia W. Tumor-induced osteomalacia. *Osteoporos Sarcopenia.* 2018;4(4):119-127. doi: 10.1016/j.afos.2018.12.001.
- Jiang Y., Xia W.-B., Xing X.-P., Silva B.C., Li M., Wang O. et al. Tumor-induced osteomalacia: an important cause of adult-onset hypophosphatemic osteomalacia in China: report of 39 cases and review of the literature. *J Bone Miner Res.* 2012;27(9):1967-1975. doi: 10.1002/jbmr.1642.
- McCance R.A. Osteomalacia with Looser's nodes (Milkman's syndrome) due to a raised resistance to vitamin D acquired about the age of 15 years. *Q J Med.* 1947;16:33-46.
- Prader A., Illig R., Uehlinger E., Stalder G. Rickets following bone tumor. *Helv Paediatr Acta.* 1959;14:554-565.
- Hautmann A.H., Hautmann M.G., Kolbl O., Herr W., Fleck M. Tumor-Induced Osteomalacia: an Up-to-Date Review. *Curr Rheumatol Rep.* 2015;17(6):512. doi: 10.1007/s11926-015-0512-5.
- Chong W.H., Molinolo A.A., Chen C.C., Collins M.T. Tumor-induced osteomalacia. *Endocr Relat Cancer.* 2011;18(3):53-77. doi: 10.1530/ERC-11-0006.
- Добронравов В.А. Современный взгляд на патофизиологию вторичного гиперпаратиреоза: роль фактора роста фибробластов 23 и klotho. *Нефрология.* 2011;15(4):11-20. doi: 10.24884/1561-6274-2011-15-4-11-20.
- Dobronravov V.A. [Current view on the pathophysiology of secondary hyperparathyroidism: role of fibroblast growth factor 23 and klotho]. *Nefrologia Nephrology.* 2011;15(4):11-20. doi: 10.24884/1561-6274-2011-15-4-11-20.
- Lee J.Y., Imel E.A. The Changing Face of Hypophosphatemic Disorders in the FGF-23 Era. *Pediatr Endocrinol Rev.* 2013;10(2):367-379.
- Jadhav S., Kasaliwal R., Lele V., Rangarajan V., Chandra P., Shah H. et al. Functional imaging in primary tumour-induced osteomalacia: relative performance of FDG PET/CT vs somatostatin receptor-based functional scans: a series of nine patients. *Clin Endocrinol.* 2014;81(1):31-37. doi: 10.1111/cen.12426.
- Zhang J., Zhu Z., Zhong D., Dang Y., Xing H., Du Y. et al. <sup>68</sup>Ga DOTATATE PET/CT is an Accurate Imaging Modality in the Detection Of Culpit Tumors Causing Osteomalacia. *Clin Nucl Med.* 2015;40(8):642-646. doi: 10.1097/RLU.0000000000000854.
- Bhan A., Qiu S., Rao S.D. Bone histomorphometry in the evaluation of osteomalacia. *Bone Rep.* 2018;8:125-134. doi: 10.1016/j.bonr.2018.03.005.
- Weidner N., Santa Cruz D. Phosphaturic mesenchymal tumors. A polymorphous group causing

- osteomalacia or rickets. *Cancer*. 1987;59:1442-1454. doi: 10.1002/1097-0142(19870415)59:8<1442::aid-cncr2820590810>3.0.co;2-q.
15. Chen D.W., Clines G.A., Collins M.T., Douyon L., Choksi P.U. A rare cause of atraumatic fractures: case series of four patients with tumor-induced osteomalacia. *Clin Diabetes Endocrinol*. 2020;6:12. doi: 10.1186/s40842-020-00101-8.
16. Li X., Jiang Y., Huo L., Wu H., Liu Y., Jin J. et al. Nonremission and Recurrent Tumor-Induced Osteomalacia: A Retrospective Study. *J Bone Miner Res*. 2020;35(3):469-477. doi: 10.1002/jbmr.3903.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Родионова Светлана Семеновна* — д-р мед. наук, профессор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail: rod06@inbox.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2726-8758>

*Буклемишев Юрий Витальевич* — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail: buklemishev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0039-2118>

*Карпов Игорь Николаевич* — канд. мед. наук, врач рентгенолог, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail: igorkarpoff@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3135-9361>

*Шугаева Ольга Борисовна* — врач-патологоанатом, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail: cito@cito-priorov.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0778-51-09-9>

*Торгашин Александр Николаевич* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail: dr.torgashin@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2789-6172>

**Заявленный вклад авторов**

*Родионова С.С.* — лечение пациента, написание текста статьи, обзор литературы.

*Буклемишев Ю.В.* — лечение пациента, написание статьи, обзор литературы.

*Карпов И.Н.* — сбор и анализ материала.

*Шугаева О.Б.* — сбор материала.

*Торгашин А.Н.* — обзор литературы.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**AUTHORS' INFORMATION:**

*Svetlana S. Rodionova* — Dr. Sci. (Med.), Professor, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia  
e-mail: rod06@inbox.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2726-8758>

*Yuri V. Buklemishev* — National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia  
e-mail: buklemishev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0039-2118>

*Igor N. Karpov* — Cand. Sci. (Med.), National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia  
e-mail: igorkarpoff@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3135-9361>

*Olga B. Shugaeva* — National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia  
e-mail: cito@cito-priorov.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0778-51-09-9>

*Alexander N. Torgashin* — Cand. Sci. (Med.), National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia  
e-mail: dr.torgashin@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2789-6172>



## Маршрутизация и лечение больных гематогенным остеомиелитом позвоночника на примере Тюменской области

А.Ю. Базаров

ГБУЗ «Областная клиническая больница № 2», г. Тюмень, Россия

### Реферат

**Актуальность.** В настоящее время предложены различные варианты алгоритмирования, тактических классификаций и схем лечения гематогенного остеомиелита позвоночника (ГОП). Однако все предложенные подходы рассчитаны на лечение пациентов в специализированных отделениях многопрофильных клиник, хотя первичное обращение нередко происходит в муниципальные поликлиники, частные медицинские центры и стационары уровня центральной районной больницы. Вопрос о том, каков целесообразный объем диагностических и лечебных мероприятий в учреждениях с различной материально-ресурсной базой и как обеспечить преемственность согласно имеющейся трехуровневой системы оказания медицинской помощи, остается открытым. **Цель исследования** — определить вероятную маршрутизацию и возможности лечения больных гематогенным остеомиелитом позвоночника на примере Тюменской области в зависимости от имеющейся трехуровневой системы оказания медицинской помощи населению. **Объект и методы исследования.** Изучены действующие приказы Минздрава России и постановления Правительства Тюменской области, на основании которых организована трехуровневая система оказания медицинской помощи населению и определены организации, оказывающие экстренную и плановую медицинскую помощь пациентам с ГОП. Проанализирован объем лечебно-диагностических мероприятий у больных остеомиелитом позвоночника в учреждениях различного уровня, а также их маршрутизация в областную клиническую больницу при невозможности или нецелесообразности оказания специализированной медицинской помощи по месту первичного обращения. Клинический материал представлен 267 больными ГОП, проходившими лечение в ОКБ № 2 г. Тюмень с 2006 по 2019 г., 78,7% из которых лечились по профилю «травматология и ортопедия», 18,7% — «нейрохирургия» и 2,6% — «хирургия». **Результаты.** Определен перечень медицинских учреждений, оказывающих экстренную и плановую помощь по травматологии и ортопедии, нейрохирургии на территории Тюменской области в зависимости от уровня учреждения и имеющейся материально-ресурсной базы. Предложена блок-схема, определяющая объем лечебно-диагностических мероприятий в учреждениях I–III уровней и специализированных отделениях многопрофильных клинических больниц. Предложен принцип определения профиля пациента (хирургический, ортопедический, нейрохирургический) в зависимости от типа и тяжести воспалительного поражения согласно классификации E. Pola (2017). **Заключение.** Необходимость эффективного использования лечебно-диагностических ресурсов, начиная с I уровня, определяется четкой маршрутизацией пациента для обеспечения преемственности оказания медицинской помощи. Полноценная диагностика возможна в учреждениях не ниже третьего уровня с обязательным определением типа поражения и тяжести воспалительного процесса. Лечение ГОП целесообразно в учреждениях III уровня, специализированных отделениях областных клинических больниц и федеральных учреждений.

**Ключевые слова:** гематогенный остеомиелит позвоночника, спондилит, спондилит, диагностика, лечение, маршрутизация.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

Базаров А.Ю. Маршрутизация и лечение больных гематогенным остеомиелитом позвоночника на примере Тюменской области. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):124-131. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-124-131>.

**Cite as:** Bazarov A.Yu. [Routing and Treatment of Patients with Hematogenous Vertebral Osteomyelitis on the Tyumen Region Example]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):124-131. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-124-131>.

✉ Базаров Александр Юрьевич / Aleksandr Yu. Bazarov; e-mail: tyumen\_trauma@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 30.08.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 03.05.2021.

© Базаров А.Ю., 2021

## Routing and Treatment of Patients with Hematogenous Vertebral Osteomyelitis on the Tyumen Region Example

Aleksandr Yu. Bazarov

Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia

### Abstract

**Background.** Currently, various algorithms of tactical classifications and treatment regimens for hematogenous vertebral osteomyelitis (HVO) are proposed. However, all proposed approaches are designed for the treatment of patients in specialized multidisciplinary clinics departments, although the initial treatment often occurs in municipal polyclinics, private medical centers and district hospitals. The question is what the appropriate scope of diagnostic and therapeutic measures in institutions with different material and resource bases and how to ensure continuity according to the existing three-level system of medical care remains open. **The aim of this study** is to determine the probable routing and treatment options for patients with HVO on the example of the Tyumen region, depending on the existing three-level system of providing medical care to the population. **Object and Methods.** The current Orders of the Ministry of Health of the Russian Federation and the Resolutions of the Government of the Tyumen Region were studied, on which basis a three-level system of providing medical care to the population was organized and organizations providing emergency and elective medical care to patients with HVO were identified. The volume of medical and diagnostic measures in patients with HVO in institutions of various levels, as well as their routing to the regional clinical hospital No. 2 in case of impossibility or inexpediency of providing specialized medical care at the place of primary treatment, is analyzed on the example of the Tyumen region. The clinical material is presented by 267 patients with HVO who were treated in the Tyumen regional clinical hospital No. 2 from 2006 to 2019, 78.7% of whom were treated in the profile of traumatology and orthopedics, 18.7% — neurosurgery and 2.6% — surgery. **Results.** The list of medical institutions that provide emergency and planned care in traumatology and orthopedics, neurosurgery in the Tyumen region is defined, depending on the level of the institution and the available material and resource base. A block diagram is proposed that determines the scope of medical and diagnostic measures in institutions of I-III levels and specialized departments of multidisciplinary clinical hospitals. The principle of determining the patient profile (surgical, orthopedic, neurosurgical) depending on the type and severity of the inflammatory lesion according to the classification E. Pola (2017) is proposed. **Conclusion.** The need for effective use of medical and diagnostic resources starting from level I is determined by clear routing of the patient to ensure the continuity of medical care. A full-fledged diagnosis is possible in institutions not lower than the third level with the mandatory determination of the lesion type and the severity of the inflammatory process. HVO treatment is advisable in level III institutions, specialized departments of regional clinical hospitals and federal institutions.

**Keywords:** hematogenous vertebral osteomyelitis, spondylodiscitis, spondylitis, medical care.

**Funding:** state budgetary funding.

### Введение

Гематогенный остеомиелит позвоночника (ГОП) является одной из наиболее сложных проблем современной вертебрологии. Мультидисциплинарный подход к лечению данной патологии является неотъемлемой частью лечебного процесса, а преемственность на различных этапах оказания помощи — абсолютной необходимостью [1, 2]. Все известные нам рекомендации и тактические алгоритмы лечения ГОП разработаны для специализированных клиник и многопрофильных стационаров [1, 3, 4, 5, 6, 7]. Нами не найдено рекомендаций, учитывающих уровень медицинских учреждений, в которые пациенты обращаются первично.

Материально-ресурсная база медицинских учреждений, а также наличие подготовленных и мо-

тивированных кадров являются важными составляющими положительного результата лечения. Каковы возможности лечения ГОП в стационарах различных уровней? Тактические подходы могут значительно отличаться: от скорейшего перевода пациента в специализированную клинику до оказания полного объема медицинской помощи, включая высокотехнологичную медицинскую помощь (ВМП).

Значительное влияние на течение заболевания оказывает эмпирическая антибактериальная терапия, назначаемая в поликлиниках пациентам с «лихорадкой неясного генеза», при «остеохондрозе с температурой» и подобных состояниях. Следует отметить, что одной из основных причин отрицательного результата культурального исследования является антибактериальная терапия,

назначенная до получения образцов для посева, а отрицательные его результаты — важным негативным прогностическим фактором [1, 8]. Средние сроки постановки диагноза значительно отличаются в различных регионах и могут достигать 2–6 мес. и более [2]. Время, потраченное пациентом, чтобы узнать свой диагноз и найти своего врача, будет определять сложность и длительность лечения, а также прогноз заболевания.

С острой формой ГОП наиболее часто сталкиваются врачи первичного звена государственных поликлиник и стационаров, а также работники частных медицинских центров, специализирующиеся на помощи пациентам с заболеваниями позвоночника. В зависимости от уровня подготовки врачей, их настороженности в отношении воспалительных заболеваний позвоночника врачи сталкиваются с острой или хронической, неосложненной формой или отягощенной сепсисом и/или неврологическим дефицитом. Таким образом, чем раньше поставлен диагноз и чем скорее пациент переведен в профильную клинику, тем больше вероятность благоприятного исхода.

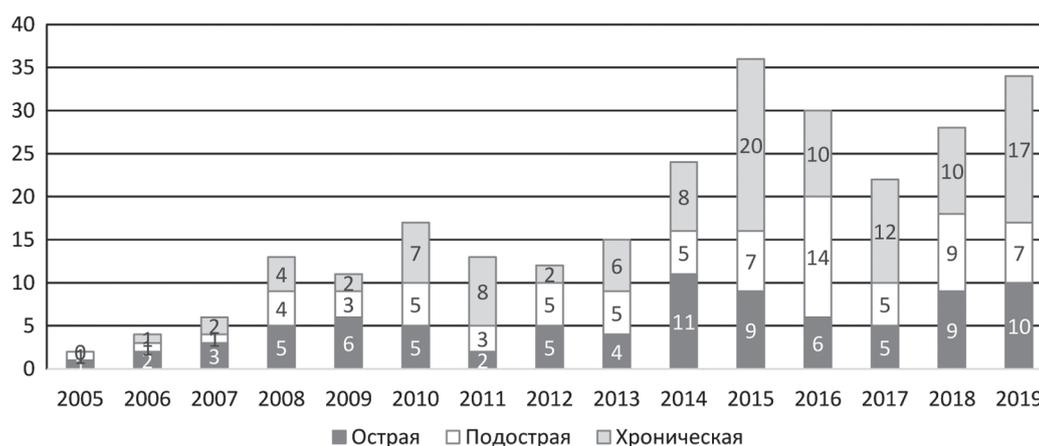
**Цель исследования** — определить вероятную маршрутизацию и возможности лечения больных гематогенным остеомиелитом позвоночника в зависимости от имеющейся трехуровневой системы оказания медицинской помощи населению.

### Объект и методы исследования

Изучены действующие приказы Минздрава России: Приказ от 20 апреля 2018 г. №182 «Об утверждении методических рекомендаций о применении нормативов и норм ресурсной

обеспеченности населения в сфере здравоохранения» и постановление Правительства Тюменской области от 27 декабря 2019 г. №535-п «О территориальной программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в Тюменской области на 2020 г. и на плановый период 2021 и 2022 годов». Проведен анализ укомплектованности кадрами, диагностическим и лечебным оборудованием районов Тюменской области, объема диагностических и лечебных мероприятий у пациентов с неспецифическими воспалительными поражениями позвоночника в учреждениях различного уровня, а также маршрутизации при невозможности/нецелесообразности оказания специализированной медицинской помощи в районах Тюменской области.

Клинический материал представлен 267 больными с ГОП, проходившими лечение на базе ГБУЗ ТО ОКБ № 2 г. Тюмени в 2005–2019 гг. Острая и подострая формы ГОП составили 58,8% ( $n = 157$ ), хроническая — 41,2% ( $n = 110$ ). По профилю «травматология и ортопедия» лечились 78,7% ( $n = 210$ ) больных, «нейрохирургия» — 18,7% ( $n = 50$ ), «хирургия» — 2,6% ( $n = 7$ ). Консервативное лечение получали 86 (32,2%) пациентов, оперирован 181 (67,8%) больной. Внеочаговая транспедикулярная фиксация позвоночника как опция, дополняющая консервативное лечение и повышающая качество жизни без вмешательства на очаге поражения, выполнена в 49 (18,4%) наблюдениях. Суммарно без вмешательства на очаге поражения пролечены 135 (50,1%) больных. Распределение пациентов по годам и формам остеомиелита позвоночника представлено на рисунке 1.



**Рис. 1.** Распределение пациентов по годам и формам остеомиелита позвоночника

**Figure 1.** Distribution of patients by years and forms of vertebral osteomyelitis

### Организация медицинской помощи пациентам с воспалительными поражениями позвоночника

На территории Тюменской области организована трехуровневая система оказания медицинской помощи согласно приказу Минздрава России №182 от 20 апреля 2018 г. Согласно приложению № 2 к постановлению Правительства Тюменской области №535-п в Перечень (реестр) медицинских организаций, участвующих в реализации программы обязательного медицинского страхования по уровням оказания медицинской помощи, включено 113 медицинских организаций.

Первый уровень — медицинские организации, оказывающие первичную медико-санитарную помощь населению муниципального образования, на территории которого расположены, в том числе скорую специализированную медицинскую помощь (за исключением высокотехнологичной) —  $n = 57$ .

Второй уровень — медицинские организации, имеющие в своей структуре отделения и/или центры, оказывающие преимущественно специализированную (за исключением высокотехнологичной) медицинскую помощь населению нескольких муниципальных образований по широкому перечню профилей медицинской помощи —  $n = 40$ .

Третий уровень — медицинские организации, имеющие в своей структуре подразделения, оказывающие высокотехнологичную медицинскую помощь —  $n = 16$ .

Распределение медицинских учреждений по уровням оказания медицинской помощи, укомплектованности персоналом и наличию диагностического оборудования представлено в таблице 1.

На территории Тюменской области три медицинских учреждения оказывают экстренную и плановую помощь пациентам с патологией опорно-двигательного аппарата, имеют в своем составе кабинеты КТ и МРТ: ГБУЗ ТО Областная клиничес-

кая больница (ОКБ) № 2 (г. Тюмень), областная больница (ОБ) № 3 (г. Тобольск), ОБ № 4 (г. Ишим). Штат этих учреждений укомплектован травмотологами-ортопедами и нейрохирургами. Из трех учреждений второго уровня все укомплектованы КТ, однако специализированную помощь пациентам с патологией позвоночника не оказывают. Из семи учреждений три являются межрайонными центрами оказания помощи с разнонаправленной удаленностью от областного центра: 75, 250 и 300 км.

Согласно приложению к распоряжению Правительства Тюменской области от 21 июня 2019 г. № 687-рп «Региональная программа «Борьба с онкологическими заболеваниями» Тюменская область» учреждения области укомплектованы компьютерными томографами (19) и магнитно-резонансными томографами (8). Оборудование преимущественно локализовано в областном центре за исключением межрайонных центров оказания помощи (КТ — 5, МРТ — 2). Частные медицинские центры в расчет не включены. Нередко пациенты самостоятельно проходят лучевую диагностику и приходят на прием к профильному специалисту с выполненным КТ и/или МРТ и описанием исследования, характерным для воспалительного поражения позвоночника.

### Результаты

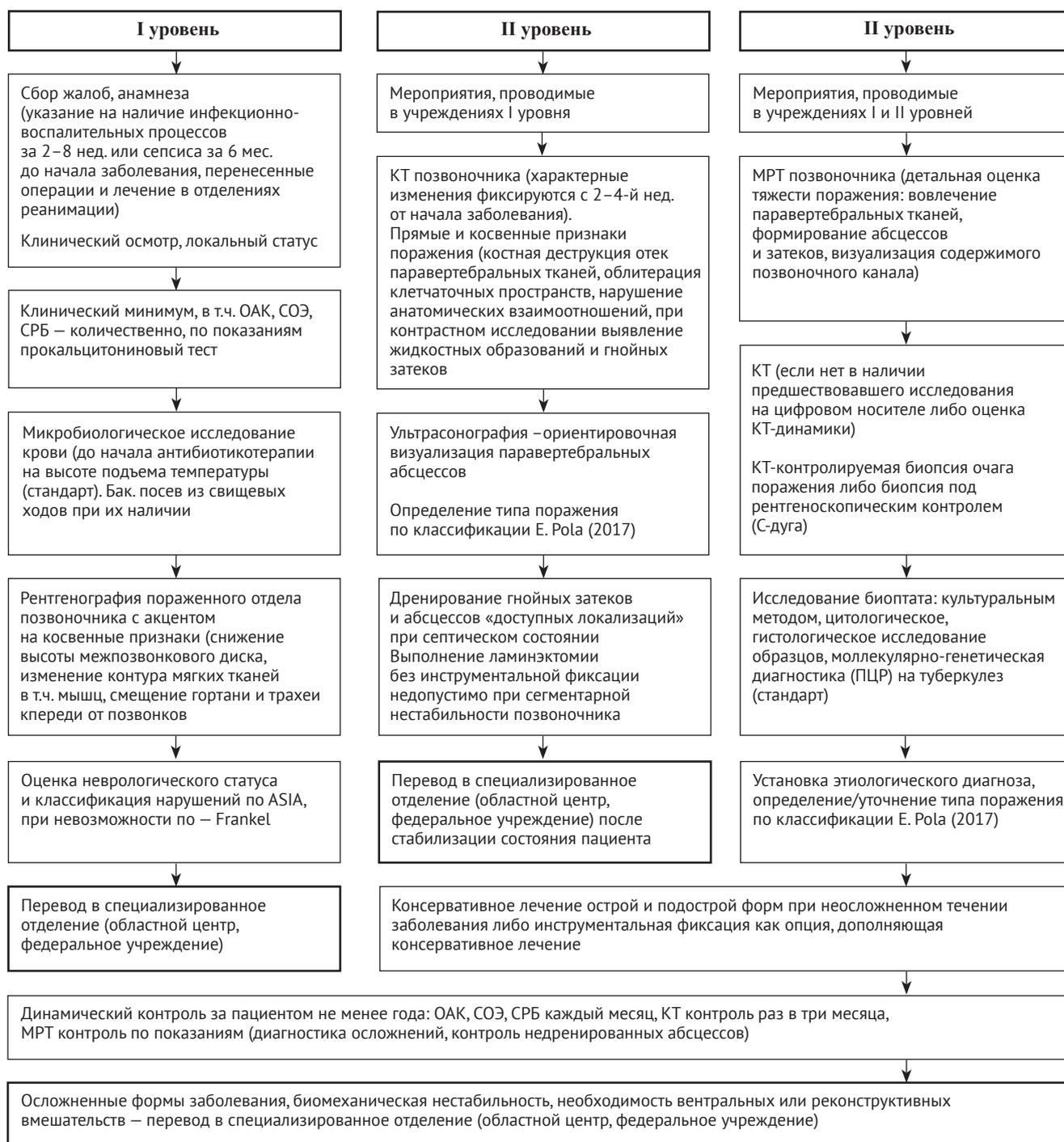
Нами предложена блок-схема «Объем оказываемой помощи и маршрутизации пациентов с ГОП» на основе существующей трехуровневой системы оказания медицинской помощи (рис. 2). Материально-ресурсная база и укомплектованность кадрами учреждения определяет объем проводимых лечебно-диагностических мероприятий по месту первичного обращения пациента и его маршрутизацию для оказания специализированной медицинской помощи, в том числе ВМП.

Таблица 1

#### Организации, оказывающие экстренную помощь по специальностям «травматология и ортопедия» и «нейрохирургия» на территории Тюменской области

Уровень оказания помощи населению	Количество организаций*	Наличие КТ	Наличие МРТ	Наличие в штате травматологов-ортопедов	Наличие в штате нейрохирургов
Первый	1	–	–	1	–
Второй	3	3	–	3	–
Третий	3	3	3	3	3

\* Организации, оказывающие только плановую помощь по программе ВМП, в таблицу не включены.



**Рис. 2.** Объем оказываемой помощи и маршрутизация пациентов с гематогенным остеомиелитом позвоночника

**Figure 2.** Scope of care and routing of patients with hematogenous vertebral osteomyelitis

Ключевыми задачами являются эффективное использование лечебно-диагностических ресурсов, начиная с I уровня, и обеспечение преемственности оказания медицинской помощи. При направлении больного из стационаров I–III уровней в специализированную клинику должен быть собран максимум необходимой информации

о течении заболевания, наличии осложнений, проведенных диагностических исследованиях с формулированием полного диагноза и предельно подробным информационным сопровождением пациента.

При поражениях типа А.1–А.4, В.1–В.3 (E. Pola) – лечение в профильных травматолого-ортопедичес-

ких отделениях и/или отделениях гнойной остеологии при наличии в штате хирурга-вертебролога.

С.1-С.4 — лечение в профильных нейрохирургических отделениях с участием хирурга-вертебролога.

Поражения А.1-А.4, В.1, а также В.2 с протяженностью паравертебральных абсцессов до 2,5–3 см — возможно лечение в отделении общей (гнойной) хирургии многопрофильных стационаров.

### Обсуждение

Специфических маркеров ГОП не существует, и наиболее важным госпитальным этапом является грамотно проведенная дифференциальная диагностика, основанная на анализе крайне разнообразных клинических проявлений, сопоставлении их с данными лабораторных и лучевых методов диагностики.

Одним из ключевых вопросов на этапе диагностики является определение профиля пациента и подразделения, в котором он должен проходить лечение. Традиционно гематогенные поражения костей (гематогенный остеомиелит) относятся к разделу общей хирургии, и пациенты с такими заболеваниями проходят лечение в отделениях гнойной хирургии. Однако труднодоступная анатомическая локализация процесса, необходимость вмешательств не только на паравертебральных мягких тканях, но и на межпозвонковых дисках, позвонках, позвоночном канале зачастую ставят перед хирургами непосильные задачи. Наличие сегментарной нестабильности или осложнений в виде неврологического дефицита смещают акцент в сторону ортопедического или нейрохирургического профиля при участии в лечении хирурга-вертебролога из числа ортопедов и/или нейрохирургов [3, 9, 10].

Следует отметить, что полноценная диагностика возможна только в учреждениях не ниже III уровня, так как диагноз спондилита считается достоверно установленным при морфологическом подтверждении, достоверно доказанным — только при бактериологическом подтверждении. Для соблюдения указанных критериев должны быть выполнены (минимально): КТ, пункционная или операционная биопсия с исчерпывающим исследованием полученных образцов (культуральный метод — бактериальный посев, цитологическое и/или гистологическое исследование, молекулярно-генетическая диагностика туберкулеза) [10]. Исключение составляют случаи, когда были выполнены санирующие вмешательства в учреждениях I и II уровней по экстренным показаниям с гистологической и микробиологической верификацией диагноза. Пациенты с ГОП, в том числе с осложненным течением и/или биомеханической нестабильностью, проходят лечение в отделениях

травматолого-ортопедического профиля, осложненные неврологическим дефицитом формы — в нейрохирургических отделениях при обязательном наличии хирурга-вертебролога. Пациенты с достоверно подтвержденным и доказанным ГОП при неосложненном течении могут проходить лечение в отделениях гнойной хирургии многопрофильного стационара.

Во многих современных публикациях основным методом лечения ГОП признается консервативная терапия [11]. Е. Pola с соавторами сообщают, что только 38,4% из 250 пролеченных пациентов были прооперированы [3]. Эффективность данного метода лечения напрямую зависит от стадии заболевания и наличия осложнений.

Первое, на что надо обращать внимание у пациентов с острой болью в спине, — это характер болевого синдрома, наличие лихорадки и подъемов температуры, хронологически связанных с болью в спине. Из сотен больных с остеохондрозом мы должны выделить пациента с лихорадкой и интенсивной болью, не связанной со временем суток, но усиливающейся при самых незначительных движениях, таких как поворот в кровати или даже простое шевеление в положении лежа.

Анамнестическое подтверждение наличия заболеваний-предвестников и факторов риска имеют ключевое значение. К первым относятся все гнойно-септические процессы за 2–8 нед. до начала заболевания: от панариция и абсцесса до синдрома системного воспалительного ответа (ССВО) и инфекции в области ранее установленных имплантатов. В случае лабораторно подтвержденного сепсиса за 6 мес. выделенный возбудитель считается основным патогеном [4, 12]. К факторам риска относятся сахарный диабет и другие эндокринные заболевания; отдаленные несанированные очаги инфекции; иммунодефицит, чаще приобретенный на фоне ВИЧ-инфекции; парентеральное употребление психостимуляторов; инфекции мочевыделительной системы на фоне нарушения оттока мочи; перенесенные ранее объемные операции, в том числе полостные и спинальные; предшествующее лечение в отделениях реанимации; длительные госпитализации [10, 13, 14, 15].

Вопросы алгоритмирования при воспалительных поражениях позвоночника подробно описаны в зарубежных и отечественных публикациях [3, 5, 6, 13, 15]. Однако все указанные работы описывают лечебно-диагностический процесс в специализированных многопрофильных клиниках. Вариант обращения больного остеомиелитом позвоночника в медицинскую организацию уровня ЦРБ, вопросы объема лечебно-диагностических мероприятий и преемственности между стационарами различного уровня не рассматриваются в принципе.

Для формирования плана диагностического и лечебного процессов необходимо классифицировать имеющееся заболевание. Классификация должна учитывать тип поражения, тяжесть воспалительного процесса, служить основой для определения тактики лечения и оценки его результатов. Отвечает данным требованиям классификация, разработанная в 2017 г. E. Pola с соавторами [3].

Врачу необходимо ответить на ряд вопросов:

- Имеются ли признаки осложненного течения заболевания (неврологический дефицит, ССВО)?
- Вовлечены ли в воспалительный процесс паравертебральные структуры?
- Имеется ли сегментарная нестабильность пораженного отдела позвоночника?

Важным является оценка выраженности болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) и степень выраженности изменений лабораторных маркеров воспаления (СРБ, СОЭ, лейкоцитоз, лейкоформула). Показатель по ВАШ менее 5 баллов, СРБ менее 50 мг/дл соответствуют минимальной тяжести процесса, 5–8 баллов по ВАШ, уровень СРБ 51–150 мг/дл — средней и ВАШ более 8 баллов, СРБ более 150 мг/дл — тяжелому течению заболевания [7]. Прокальцитонинный тест (ПКТ) целесообразен только для диагностики сепсиса и динамики его лечения. Для контроля эффективности лечения остеомиелита позвоночника данный показатель свою ценность не подтвердил [16].

Пациенты, перенесшие неспецифический спондилит, должны осматриваться ортопедом-травматологом и невропатологом один раз в 2 мес. на протяжении первых 6 мес. При отсутствии клинических, лучевых и лабораторных признаков обострения или осложнений заболевания констатируется выздоровление. При наличии осложнений процесса пациент продолжает лечение у профильных специалистов [10]. При наличии рецидивирующего течения заболевания и осложнений (нестабильность, прогрессирование деструкции, формирование свищей) пациенты проходят лечение в специализированных отделениях стационаров III уровня и федеральных учреждениях по программе оказания ВМП.

Реабилитационные мероприятия регламентируются приказом Министерства здравоохранения РФ от 31 июля 2020 г. N 788н «Об утверждении порядка организации медицинской реабилитации взрослых». Первый этап реабилитации проводится на базе профильного отделения силами отделения ранней медицинской реабилитации. При выписке из специализированного отделения при наличии оценки по шкале реабилитационной маршрутизации (ШРМ) 4–6 баллов пациенты переводятся в отделение медицинской реабилитации опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы (ДОА и ПНС) 2–4-го уровней,

при оценке по ШРМ 2–3 балла — на третий этап реабилитации (амбулаторно), при ШРМ в 1 балл в реабилитации пациент не нуждается. Пациенты с необратимым неврологическим дефицитом наблюдаются неврологом и терапевтом амбулаторно по месту жительства. При необходимости оказывается консультативная помощь нейрохирургом, травматологом-ортопедом, урологом и хирургом.

### Заключение

Эффективность использования лечебно-диагностических ресурсов, начиная с I уровня, определяется четкой маршрутизацией пациента для обеспечения преемственности оказания медицинской помощи.

Полноценная диагностика возможна в учреждениях не ниже III уровня с обязательным определением типа поражения и тяжести воспалительного процесса.

Лечение гематогенного остеомиелита позвоночника целесообразно в учреждениях III уровня или специализированных отделениях областных клинических больниц и федеральных учреждений, где возможно выполнение полного объема диагностических и лечебных мероприятий, включая оказание медицинской помощи по программе ВМП.

### Литература [References]

1. Pola E., Taccari F., Autore G., Giovannenze F., Pambianco V., Cauda R. et al. Multidisciplinary management of pyogenic spondylodiscitis: epidemiological and clinical features, prognostic factors and long-term outcomes in 207 patients. *Eur Spine J.* 2018;27(Suppl 2):229-236. doi: 10.1007/s00586-018-5598-9.
2. Zadran S., Pedersen P.H., Eiskjær S. Vertebral Osteomyelitis: A Mortality Analysis Comparing Surgical and Conservative Management. *Global Spine J.* 2020;10(4):456-463. doi: 10.1177/2192568219862213.
3. Pola E., Autore G., Formica V.M., Pambianco V., Colangelo D., Cauda R. et al. New classification for the treatment of pyogenic spondylodiscitis: validation study on a population of 250 patients with a follow-up of 2 years. *Eur Spine J.* 2017;26(Suppl 4):479-488. doi: 10.1007/s00586-017-5043-5.
4. Barbari E.F., Kanj S.S., Kowalski T.J., Darouiche R.O., Widmer A.F., Schmitt S.K. et al. Executive Summary: 2015 Infectious Diseases Society of America (IDSA) Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Native Vertebral Osteomyelitis in Adults. *Clin Infect Dis.* 2015;61(6):859-863. doi: 10.1093/cid/civ633.
5. Homagk L., Homagk N., Klauss J.R., Roehl K., Hofmann G.O., Marmelstein D. Spondylodiscitis severity code: scoring system for the classification and treatment of non-specific spondylodiscitis. *Eur Spine J.* 2016;25(4):1012-1020. doi: 10.1007/s00586-015-3936-8.
6. Мушкин М.А., Дулаев А.К., Абуков Д.Н., Мушкин А.Ю. Возможно ли тактическое алгоритмирование при инфекционном поражении позвоночника? Обзор литературы. *Хирургия позвоночника.* 2020;17(2):64-72. doi: 10.14531/ss2020.2.64-72.

- Mushkin M.A., Dulaev A.K., Abukov D.N., Mushkin A.Yu. [Is tactical algorithmization possible for infectious lesions of the spine? Literature review]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine surgery]. 2020;17(2):64-72. (In Russian). doi: 10.14531/ss2020.2.64-72.
7. Homagk I., Homagk N., Meise H.J., Hofmann G.O., Marmelstein D.A. Spondylodiscitis scoring system: SponDT – spondylodiscitis diagnosis and treatment. *JSM Spine*. 2016;1(1):1004. Available from: <https://www.jsmedcentral.com/Spine/spine-1-1004.pdf>.
  8. Kim C.J., Song K.H., Park W.B., Kim E.S., Park S.W., Kim H.B. et al. Microbiologically and clinically diagnosed vertebral osteomyelitis: impact of prior antibiotic exposure. *Antimicrob Agents Chemother*. 2012;56(4):2122-2124. doi: 10.1128/AAC.05953-11.
  9. Мушкин А.Ю., Вишнеvский А.А. Клинические рекомендации по диагностике инфекционных спондилитов (проект для обсуждения). *Медицинский альянс*. 2018;(3):65-74.  
Mushkin A.Yu., Vishnevsky A.A. [Clinical recommendations for the diagnosis of infectious spondylitis (draft for discussion)]. *Meditsinskii al'yans* [Medical Alliance]. 2018;(3):65-74. (In Russian).
  10. Мушкин А.Ю., Вишнеvский А.А., Перецманас Е.О., Базаров А.Ю., Басанкин И.В. Инфекционные поражения позвоночника: проект национальных клинических рекомендаций. *Хирургия позвоночника*. 2019;16(4):63-76. doi: 10.14531/ss2019.4.63-76.  
Mushkin A.Yu., Vishnevsky A.A., Peretsmanas E.O., Bazarov A.Yu., Basankin I.V. [Infectious lesions of the spine: draft national clinical guidelines]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine surgery]. 2019;16(4):63-76. (In Russian). doi: 10.14531/ss2019.4.63-76.
  11. Taylor D.G., Buchholz A.L., Sure D.R., Buell T.J., Nguyen J.H., Chen C.J. et al. Presentation and Outcomes After Medical and Surgical Treatment Versus Medical Treatment Alone of Spontaneous Infectious Spondylodiscitis: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Global Spine J*. 2018;8(4 Suppl):49S-58S. doi: 10.1177/2192568218799058.
  12. Bhavan K.P., Marschall J., Olsen M.A., Fraser V.J., Wright N.M., Warren D.K. The epidemiology of hematogenous vertebral osteomyelitis: a cohort study in a tertiary care hospital. *BMC Infect Dis*. 2010;10:158. doi: 10.1186/1471-2334-10-158.
  13. Duarte R.M., Vaccaro A.R. Spinal infection: state of the art and management algorithm. *Eur Spine J*. 2013;22(12):2787-2799. doi: 10.1007/s00586-013-2850-1.
  14. Fantoni M., Trecarichi E.M., Rossi B., Mazzotta V., Di Giacomo G., Nasto L.A. et al. Epidemiological and clinical features of pyogenic spondylodiscitis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2012;16 Suppl 2:2-7.
  15. Appalanaidu N., Shafafy R., Gee C., Brogan K., Karmani S., Morassi G. et al. Predicting the need for surgical intervention in patients with spondylodiscitis: the Brighton Spondylodiscitis Score (BSDS). *Eur Spine J*. 2019;28(4):751-761. doi: 10.1007/s00586-018-5775-x.
  16. Jeong D.K., Lee H.W., Kwon Y.M. Clinical Value of Procalcitonin in Patients with Spinal Infection. *J Korean Neurosurg Soc*. 2015;58(3):271-275. doi: 10.3340/jkns.2015.58.3.271.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:**

Базаров Александр Юрьевич — канд. мед. наук, заведующий операционным блоком, ГБУЗ «Областная клиническая больница № 2», г. Тюмень, Россия  
e-mail: tyumen\_trauma@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5309-4667>

**AUTHOR'S INFORMATION:**

Aleksandr Yu. Bazarov — Cand. Sci. (Med.), Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia  
e-mail: tyumen\_trauma@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5309-4667>

**Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.



## Миниинвазивные доступы, применяемые при эндопротезировании тазобедренного сустава: систематический обзор

А.А. Корыткин<sup>1</sup>, С.А. Герасимов<sup>2</sup>, К.А. Ковалдов<sup>2</sup>, Е.А. Герасимов<sup>2</sup>, А.А. Пронских<sup>1</sup>,  
А.В. Новиков<sup>2</sup>, Е.А. Морозова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия

### Реферат

**Актуальность.** В настоящее время одной из важных задач в эндопротезировании тазобедренного сустава является быстрое восстановление функции сустава пациента и его скорое возвращение к обычному образу жизни. Особую роль в реализации данной задачи играет выбор хирургического доступа. **Цель** — проведение сравнительной оценки миниинвазивных доступов, применяемых при эндопротезировании тазобедренного сустава. **Материал и методы.** Поиск тематических источников проводился в электронных базах данных PubMed, Scopus, Cochrane Systematic Reviews, Google Scholar и eLIBRARY за период с 2000 по 2020 г. Для анализа отбирались научные публикации, в которых освещались результаты исследований по применению таких малоинвазивных доступов как direct anterior approach, Micro-Hip, Röttinger, mini-posterior, direct superior approach, SuperCap, PATH, SuperPATH. **Результаты.** Общее количество найденных публикаций составило 3210. Были исключены следующие публикации: не соответствующие тематике поиска ( $n = 2197$ ), повторяющиеся ( $n = 190$ ), имеющие краткое содержание ( $n = 576$ ), сообщающие о клиническом случае и не имеющие результатов исследования ( $n = 192$ ). Всего отобрано 55 статей, суммарно проанализированы результаты 10 798 вмешательств. Исходные данные были объединены и статистически обработаны с помощью параметрического анализа. **Заключение.** Проведенный анализ результатов применения миниинвазивных доступов не смог выявить доказательств превосходства какой-либо одной из рассматриваемых техник. Показатели кровопотери, продолжительности пребывания пациента в стационаре, функциональные исходы согласно шкале Harris Hip Score через 3 и 12 мес. между группами статистически не различались. Статистически значимые отличия были найдены в продолжительности хирургического вмешательства между доступами direct superior approach и SuperPATH и в значениях угла инклинации вертлужного компонента между рядом групп. Значения угла инклинации при использовании доступов Röttinger и direct superior approach, а также величина угла антеверсии вертлужного компонента при доступах direct anterior approach, Micro-Hip и SuperPATH незначительно превзошли параметры «безопасной зоны» Lewinnek. Перелом вертлужной впадины в качестве интраоперационного осложнения был зафиксирован при использовании всех доступов. Наиболее часто наблюдаемыми послеоперационными осложнениями стали: перипротезный перелом (5,83%), вывих головки эндопротеза (5,4%), расшатывание компонентов (4,5%), повреждение латерального кожного нерва бедра (4,3%).

**Ключевые слова:** миниинвазивные доступы, эндопротезирование тазобедренного сустава, direct anterior approach, Röttinger, SuperPATH.

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

Корыткин А.А., Герасимов С.А., Ковалдов К.А., Герасимов Е.А., Пронских А.А., Новиков А.В., Морозова Е.А. Миниинвазивные доступы, применяемые при эндопротезировании тазобедренного сустава: систематический обзор. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):132-143. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-132-143>.

**Cite as:** Korytkin A.A., S.A. Gerasimov, K.A. Kovaldov, E.A. Gerasimov, A.A. Pronskikh, A.V. Novikov, E.A. Morozova [Minimally Invasive Approaches for Total Hip Arthroplasty: Systematic Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):132-143. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-132-143>.

✉ Морозова Екатерина Александровна / Ekaterina A. Morozova; e-mail: [kneeandpelvis@yandex.ru](mailto:kneeandpelvis@yandex.ru)

Рукопись поступила/Received: 29.03.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 04.06.2021.

© Корыткин А.А., Герасимов С.А., Ковалдов К.А., Герасимов Е.А., Пронских А.А., Новиков А.В., Морозова Е.А., 2021



## Minimally Invasive Approaches for Total Hip Arthroplasty: Systematic Review

Andrey A. Korytkin<sup>1</sup>, Sergey A. Gerasimov<sup>2</sup>, Kirill A. Kovaldov<sup>2</sup>, Evgeny A. Gerasimov<sup>2</sup>, Alexander A. Pronskikh<sup>1</sup>, Alexander V. Novikov<sup>2</sup>, Ekaterina A. Morozova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

### Abstract

**Background.** Currently, one of the most important goals in total hip arthroplasty is quick recovery of the patient's joint function and its early return to normal lifestyle. A special role in this goal realization is played by the surgical approach choice. **The purpose of the study** was to conduct a comparative assessment of minimally invasive approaches for total hip arthroplasty. **Materials and methods.** Electronic databases PubMed, Scopus, Cochrane Systematic Reviews, Google Scholar and eLIBRARY were searched for the period from 2000 to 2020. There were analyzed scientific publications, which highlighted the results of studies on the use of such minimally invasive approaches as direct anterior approach, Micro-Hip, Röttinger, mini-posterior, direct superior approach, SuperCap, PATH, and SuperPATH. **Results.** The total number of found publications was 3.210. The following publications were excluded: those that did not correspond to the search topic (n = 2197), those that were repeated (n = 190), those that had a summary (n = 576), those that reported the clinical case and did not have the results of the study (n = 192). 55 articles were selected, and the results of 10.798 surgeries were analyzed in total. The original data was combined and statistically processed using parametric analysis. **Conclusion.** The results analysis of the minimally invasive approaches use could not reveal evidence of any technique superiority. The indicators of blood loss, the length of the patient's stay in the hospital, and functional outcomes according to the Harris Hip Score after 3 and 12 months did not differ statistically between the groups. Statistically significant differences were found in the surgery duration between the direct superior approach and the SuperPATH approaches and in the values of the acetabular component inclination between some groups. The values of the inclination angle using the Röttinger and direct superior approaches, as well as the value of the acetabular component anteversion angle for direct anterior approach, Micro-Hip and SuperPATH approaches, slightly exceeded the parameters of the Lewinnek «safe zone». The acetabulum fracture as an intraoperative complication was recorded using all approaches. The most frequently observed postoperative complications were: periprosthetic fracture (5.83%), endoprosthesis head dislocation (5.4%), components loosening (4.5%), the lateral femoral cutaneous nerve injury (4.3%).

**Keywords:** minimally invasive approaches, total hip arthroplasty, direct anterior approach, Röttinger, SuperPATH.

**Funding:** no funding or sponsorship was received for this study.

### Введение

По данным современной мировой и отечественной литературы, на сегодняшний день одной из главных задач при проведении тотального эндопротезирования (ТЭП) тазобедренного сустава является быстрое восстановление функции сустава пациента и его скорое возвращение к полноценному образу жизни [1]. Одним из определяющих факторов в реализации данной задачи является применяемый хирургический доступ к суставу [1]. Данный выбор имеет большое значение ввиду его влияния на целостность и сохранность мышечно-связочного аппарата, стабильность сустава и возможность восстановления правильного стереотипа ходьбы.

В литературе встречаются данные о снижении интраоперационной кровопотери и уровня послеоперационной боли, а также сообщается о коротком периоде восстановления после малоинвазивных вмешательств [1]. Среднесрочные и

отдаленные функциональные результаты после малоинвазивного эндопротезирования тазобедренного сустава сравнимы с таковыми после стандартного эндопротезирования [1].

Однако ввиду уменьшенной визуализации увеличивается риск нервно-сосудистых повреждений, мальпозиции компонентов, что может способствовать вывиху эндопротеза, кроме того малоинвазивные техники имеют более продолжительную кривую обучения [2].

Описанные ограничения достаточно часто становятся причинами отказа хирургов от освоения данных доступов к тазобедренному суставу.

Наиболее известными миниинвазивными доступами на сегодняшний день являются: direct anterior approach (DAA), Micro-Hip, Röttinger, mini-posterior approach (MPA), direct superior approach (DSA), SuperCap, PATH, SuperPATH. Сводные характеристики доступов представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Основные характеристики малоинвазивных доступов

Доступ	Сохранение илиотибиального тракта	Сохранение абдукторов	Сохранение ротаторов	Специальный инструментарий	Длина кожного разреза, см
DAA	да	да	да	да	8–12
Micro-Hip	нет	да	да	нет	5–7
Röttinger	нет	да	да	нет	6–7
MPA	да	да	нет	нет	7–10
DSA, SuperCap	да	да	нет	да	6–8
PATH	да	да	да	да	10–13
SuperPATH	да	да	да	да	6–8

*Прямой передний доступ (DAA)*

Прямой передний доступ является наиболее популярным и изученным среди малоинвазивных техник, которые не повреждают илиотибиальный тракт [3]. Впервые DAA был описан еще в 1881 г. Hueter, затем в 1917 г. был популяризирован Smith-Petersen, адаптировали прямой передний доступ для тотального эндопротезирования братья Judet в 50-х гг. прошлого века [4, 5]. При осуществлении разреза передняя часть средней ягодичной мышцы не затрагивается [4]. Доступ выполняется между портняжной мышцей и тензором широкой фасции бедра [6].

Прямой передний доступ может осуществляться как с использованием специализированного, так и стандартного стола — это зависит от предпочтения хирурга. Преимущество обычного стола заключается в возможности обработки и подготовки широкого операционного поля, контроля длины конечности и стабильности сустава. Также использование стандартного стола может снизить риск интраоперационного перипротезного перелома бедренной кости ввиду меньшей тракционной нагрузки на бедренную кость. Преимущества тракционного стола заключаются в легкости использования интраоперационного рентгеноконтроля и меньшем количестве ассистентов на операции [7].

Особую сложность в применении данной техники представляют обработка бедренного канала и установка бедренного компонента. Кроме того, не рекомендуется оперировать с помощью DAA людей с высоким индексом массы тела и выраженным мышечным каркасом — чрезвычайно мускулистых [8]. Существует мнение, что освоение хирургом данной техники сопряжено с продолжительной кривой обучения [9, 10, 11].

*Micro-Hip*

Доступ Micro-Hip представляет собой модификацию техники Smith-Peterson [12]. Суть данного хирургического доступа заключается в использовании оси шейки бедренной кости в качестве хирургической плоскости.

Доступ к суставу проходит в интервале *m. tensor fascia latae* и *m. rectus femoris*, что позволяет щадить абдукторы бедра и латеральный кожный нерв. Направление кожного разреза (5–7 см) — от срединной точки большого вертела к передней верхней подвздошной ости [13].

Операция проводится на обычном операционном столе без использования тракции. Большая часть инструментов, используемая при выполнении эндопротезирования, является стандартной для установки и позиционирования вертлужного компонента. Однако рекомендуется использование специальных офсетных инструментов, если пациент имеет высокий индекс массы тела [12].

*Docmyn Röttinger*

R.E. Bertin и C. Röttinger в 2004 г. начали активно применять новый миниинвазивный доступ в хирургии тазобедренного сустава. В дальнейшем данный подход во многих технических докладах был описан различными терминами, в том числе и как модифицированный передне-боковой доступ или модифицированный доступ Watson-Jones [14, 15].

Данный доступ проходит в плоскости между *m. tensor fascia latae* и *m. gluteus medius* [14]. При использовании техники Röttinger пациент располагается на боку, дистальная часть операционного стола отсутствует. Это позволяет осуществлять приведение, наружную ротацию бедренной кости,

что необходимо при установке бедренного компонента [15]. Передняя верхняя подвздошная ость является основным ориентиром. При необходимости доступ может быть расширен как дистально, так и проксимально, без смены положения пациента [16, 17].

### *Mini-posterior approach (MPA)*

MPA получил широкое распространение в 2000-х гг. на основании исследований, демонстрирующих быстрое восстановление с низким уровнем осложнений [18, 19]. При применении данной техники отсекаются наружные ротаторы с сохранением квадратной мышцы бедра [3].

### *Direct superior approach/SuperCap*

SuperCap впервые был описан в 2002 г. С. Мерфи (MicroPort Orthopedics Inc., Arlington, TN, USA) [20]. В данном доступе стандартный задний доступ смещен проксимально для сохранения илиотибиального тракта [21]. Существует модификация доступа SuperCap — direct superior (Stryker Inc., Kalamazoo, MI, USA) [21]. Обе техники используют доступ через верхний отдел капсулы сустава, а также специальные инструменты, предотвращающие повреждение коротких наружных ротаторов [20, 22].

Суть данных хирургических доступов заключается в использовании интервала между *m. gluteus minimus* и *m. piriformis* с сохранением большей части наружных ротаторов и абдукторов бедренной кости [22]. Однако при использовании direct superior чаще всего происходит мобилизация сухожилий *m. piriformis* и *m. gemellus superior*, остальные ротаторы защищены благодаря уменьшенному объему движения бедренной кости во время операции (40° приведения, 40° сгибания, 40° внутренней ротации) [23]. Доступ SuperCap предполагает сохранение наружных ротаторов и опил шейки *in situ* после обработки канала бедренной кости, т.е. исключается травматичный для мягких тканей вывих головки бедренной кости [20]. Для выполнения данных доступов рекомендовано использование риммеров и импакторов с углом отведения 40°. При необходимости разрез может быть дистально продлен, тем самым он преобразуется в заднебоковой доступ, обеспечивающий дополнительную визуализацию [20].

### *PATH*

Доступ PATH был разработан В.Л. Пененбергом (MicroPort Orthopedics Inc., Arlington, TN, USA). Впервые о нем автор сообщил в 2004 г. [24]. При выполнении данного доступа используется проприетарный инструментарий для установки чрескожного портала, необходимого для обработки вертлужной впадины. Интервал работы аналогичен

таковому при доступе direct superior. Особенностью так же является то, что при обработке бедренного канала используется размеченный импактор для определения глубины посадки ножки [24, 25]. Данный доступ может выполняться на стандартном столе. При необходимости PATH расширяется до стандартного задне-бокового доступа [26].

### *SuperPATH*

В 2011 г. были представлены первые результаты применения хирургической техники SuperPATH, которая была разработана J. Chow (MicroPort Orthopedics Inc., Arlington, TN, USA) [27]. SuperPATH представляет собой комбинацию отдельных аспектов таких техник, как SuperCap/direct superior и PATH [27]. Доступ производится в надвертельной области через волокна большой ягодичной мышцы в обход илиотибиального тракта.

Далее разрез идет через интервал между сухожилием грушевидной мышцы и малой ягодичной мышцы без отсечения последней. Капсула вскрывается параллельно данному интервалу, и после установки интракапсулярных ретракторов сустав открывается как бы сверху, при этом сухожилия абдукторов и наружных ротаторов остаются интактными. При необходимости доступ SuperPATH можно преобразовать в стандартный задний доступ без необходимости изменения положения пациента [20].

*Цель обзора* — проведение сравнительной оценки малоинвазивных доступов, используемых при эндопротезировании тазобедренного сустава.

### **Материал и методы**

Для проведения анализа группой авторов независимо друг от друга был проведен поиск публикаций, посвященных использованию малоинвазивных доступов. Поиск проводился в базах данных PubMed, Scopus, Cochrane Systematic Reviews, Google Scholar и eLIBRARY. Для поиска в иностранных базах использовались ключевые слова *minimally, mini, invasive, approach, total hip arthroplasty, total hip replacement, hip prosthesis, osteoarthritis*, для поиска в отечественных базах — *малотравматичный, миниинвазивный, хирургический доступ, тотальное эндопротезирование, тазобедренный сустав, коксартроз*. Выборка проводилась для публикаций с 2000 по 2020 г. Рассматривались только полнотекстовые статьи — тезисы конференций, тексты диссертаций, патенты исключались. При анализе мы рассматривали и рандомизированные и нерандомизированные, одно- и мультицентровые исследования. Всего было отобрано 55 статей,

суммарно проанализированы результаты 10798 вмешательств (рис. 1).

В связи с тем, что публикаций по SuperCap и PATН крайне мало, мы посчитали возможным объединить эти публикации с теми, которые посвящены SuperPATН, т.к. первые две техники лежат в основе последней.

### Статистический анализ

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программ Statistica версия 12.0 и SPSS 22.0. Оценка данных на соответствие нормальному распределению выполнялась с помощью критерия Колмагорова–Смирнова. Для оценки данных нами были применены методы описательной статистики — данные выражались как средние (M) со стандартными отклонениями (SD), а также *t*-критерий Стьюдента. Уровень  $p \leq 0,05$  считали статистически значимым.



Рис. 1. Блок-схема отбора публикаций, отвечающих цели исследования

Figure 1. Study selection process

## Результаты

### Продолжительность хирургического вмешательства

Среднее время проведения операции с помощью прямого переднего доступа составило  $84,9 \pm 19,7$  мин., Micro-Hip —  $83,4 \pm 26,2$ , Röttinger —  $90,4 \pm 23,1$ , MPA —  $81,5 \pm 21,4$ , Direct Superior —  $70,2 \pm 14,2$ , SuperPATН —  $92,7 \pm 18,2$  мин. Статистически значимая разница по продолжительности хирургического вмешательства была обнаружена только между доступами Direct Superior и SuperPATН ( $p = 0,034$ ).

### Кровопотеря

Наибольший объем кровопотери был выявлен при использовании SuperPATН —  $647,5 \pm 461,9$ , наименьший — direct superior  $217,7 \pm 85,2$  (рис. 2). Статистически значимой разницы между показателями кровопотери выявлено не было (95% ДИ  $344,4 - 604,4$   $p = 0,582$ ).

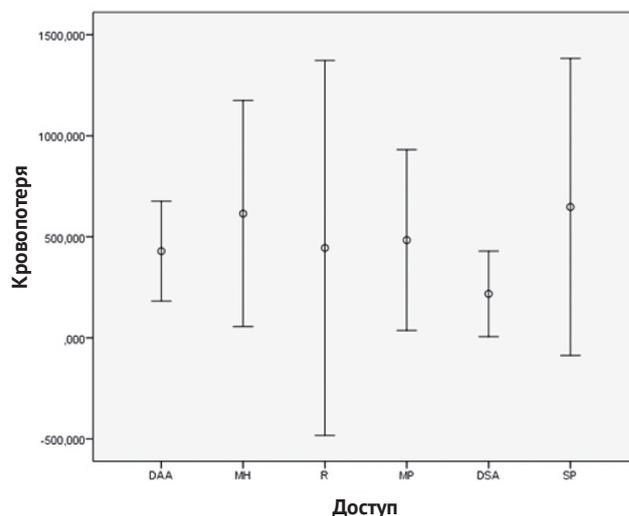


Рис. 2. Средние показатели интраоперационной кровопотери

Figure 2. Average intraoperative blood loss

### Продолжительность пребывания в стационаре

Наименьшее среднее количество дней в больнице провели пациенты, оперированные с помощью доступа MPA —  $2,7 \pm 1,0$ , DSA —  $3,1 \pm 2,2$ , SuperPATН —  $4,7 \pm 2,9$ , DAA —  $8,8 \pm 11,0$ . Статистически данные не различались (95% ДИ  $3,02 - 8,23$ ;  $p = 0,760$ ).

### Функциональные результаты по шкале Harris Hip Score

Не представлялось возможным оценить результаты по Harris Hip Score (HHS) через 6 мес. ввиду практического отсутствия показателей по этой шкале в отобранных публикациях. Анализ были подвергнуты исходы через 3 и 12 мес. Наиболее высокий показатель по HHS через 3 мес. после операции достигли пациенты, прооперированные с помощью DAA и MPA, наименьший — SuperPATH (табл. 2). Статистически значимых различий между доступами в показателях по шкале не было выявлено (95% ДИ 84,1–91,9,  $p = 0,694$ ).

Через 12 мес. пациенты, которым проводилось ТЭП с применением доступа DAA, также продемонстрировали наиболее высокие результаты по шкале HSS среди рассматриваемых групп (табл. 3). Исходы после хирургического вмешательства с использованием SuperPATH через 12 мес. по сравнению с показателями через 3 мес. значительно улучшились. По представленным данным незначительно увеличился балл по HHS между контрольными точками у пациентов, которые

были прооперированы с помощью DSA. Не было найдено статистически значимых различий среди рассматриваемых техник по HHS после 12 мес. (95% ДИ 87,4–95,0,  $p = 0,364$ ).

### Осложнения

В качестве осложнений, произошедших во время операции, в анализируемых публикациях упоминались исключительно переломы вертлужной впадины, переломы калькара, переломы бедренной кости. В соответствии с ними в таблице 4 приведены доли подобных случаев по каждому рассматриваемому доступу. Такое осложнение, как перелом вертлужной впадины, зафиксирован при применении всех рассматриваемых доступов.

Наиболее часто встречающимися послеоперационными осложнениями после ТЭП с применением миниинвазивных доступов оказались перипротезный перелом (5,83%), вывих головки эндопротеза (5,4%), расшатывание компонентов (4,5%), повреждение латерального кожного нерва (4,3%) (табл. 5).

Таблица 2

#### Результаты по HHS через 3 месяца после тотального эндопротезирования

Доступ, источники	Общее количество наблюдаемых пациентов	Результаты через 3 мес., М±SD
DAA [1, 3, 19, 28, 30, 37, 38, 39]	400	90,3±7,9
Micro-Hip	–	–
Röttinger	–	–
MPA [3, 19, 57]	123	91,2±3,0
DSA [23, 51]	252	87,4±0,66
SuperPATH [54, 55]	46	79,9±10,85

М — среднее значение, SD — стандартное отклонение.

Таблица 3

#### Результаты по HHS через 12 месяцев после тотального эндопротезирования

Доступ, источники	Общее количество наблюдаемых пациентов	Результаты через 12 мес., М±SD
DAA [1, 19, 30, 36, 38]	356	96,4±2,30
Micro-Hip [13, 40, 42]	128	83,5±13,0
Röttinger [15, 17]	145	92,1±7,63
MPA [19, 30, 45, 57]	111	93,8±4,85
DSA [23, 51]	252	89,2±3,14
SuperPATH [54, 55]	46	92,4±0,14

М — среднее значение, SD — стандартное отклонение.

Таблица 4

**Интраоперационные осложнения, %**

Доступ, источники	Общее количество наблюдаемых пациентов	Перелом вертлужной впадины	Перелом калькара	Перелом бедренной кости
DAA [10, 18, 19, 28, 33, 35, 39]	220	2,27	1,3	0,9
Micro-Hip [2, 13, 40, 41]	195	3,07	0,5	2,6
Röttinger [16, 44]	754	0,5	0,1	0,5
MPA [18, 30, 46, 48]	135	0,7	2,9	1,5
DSA [22, 52]	243	1,2	–	–
SuperPATH [24, 26, 56]	151	0,6	1,9	–
Всего	1698	8,34	6,7	5,5

Таблица 5

**Постоперационные осложнения после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава в соответствии с применяемым доступом, %**

Доступ, источник	Количество наблюдаемых пациентов	Глубокая инфекция	Поверхностная инфекция	Раневые осложнения	Гематома	Вывих головки эндопротеза	Глубокий тромбоз вен	Повреждение латерального кожного нерва	Перипротезный перелом	Нестабильность ножки	Нестабильность чашки	Разница длин конечностей	Гетеротопические оссификации	Тенденит TFL	Боль в бедре	Тромбоз	Расшатывание компонентов
DAA [1, 4, 5, 6, 10, 11, 17, 18, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37]	6425	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,01	0,2	3,4	0,2	0,04	0,03	0,04	–	0,2	0,1	–
Micro-Hip [2, 13, 40, 41]	195	–	1,0	–	1,0	–	1,0	2,6	–	–	–	–	–	–	–	1,0	2,6
Röttinger [14, 15, 16, 17, 44]	999	0,1	–	–	0,1	0,1	–	1,0	–	–	–	–	0,2	0,3	–	–	0,5
MPA [18, 23, 30, 37, 45, 46]	220	1,4	–	0,5	–	4,1	–	0,5	1,4	–	–	–	–	–	–	1,0	1,0
DSA [6, 22, 23, 51]	940	0,3	–	–	0,2	0,3	–	–	0,9	0,1	–	–	–	–	–	–	–
SuperPATH [24, 27, 50, 53, 54]	739	0,13	–	0,13	–	0,7	–	–	0,13	–	–	–	–	–	–	–	0,4
Всего	9518	2,03	1,3	0,73	1,4	5,4	1,01	4,3	5,83	0,3	0,04	0,03	0,24	0,3	0,2	2,1	4,5

### Положение вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава

Согласно так называемой «безопасной зоне» Lewinnek, угол инклинации вертлужного компонента должен находиться в пределах  $40 \pm 10^\circ$ , а угол антеверсии —  $15 \pm 10^\circ$ . Средние значения угла инклинации составили: DAA —  $40,8 \pm 3,5^\circ$ , Micro-Hip —  $43,6 \pm 5,0^\circ$ , Röttinger —  $48,0 \pm 4,6^\circ$ , MPA —  $41,0 \pm 1,0^\circ$ , DSA —  $47,5 \pm 4,8^\circ$ , SuperPATH —  $42,2 \pm 3,0^\circ$ . Из представленных показателей незначительно превышают рекомендуемые параметры доступы Röttinger и DSA. Статистические значи-

мые различия в значениях угла инклинации были найдены между доступами DAA и Röttinger, DAA и DSA, Röttinger и MPA, MPA и DSA, SuperPATH и Röttinger (табл. 6).

Что касается угла антеверсии, то данные были представлены только по трем из рассматриваемых доступов: DAA —  $22,2 \pm 7,1^\circ$ , Micro-Hip —  $25,0 \pm 6,3^\circ$ , SuperPATH —  $19,5 \pm 6,6^\circ$ . Величина углов антеверсии у всех приведенных доступов оказались за пределами «безопасной зоны». Полученные значения антеверсии вертлужного компонента между доступами статистически не различались (95% ДИ  $18,3-24,3$ ,  $p = 0,962$ ).

Таблица 6

#### Сравнительный анализ положения вертлужного компонента

Сравниваемые доступы	MSD	t-value	df	p	F-ratio	P-variance
DAA vs Röttinger	$40,9 \pm 3,5$ vs $48,0 \pm 4,5$	-2,56092	12	0,024959	1,708692	0,435639
DAA vs DSA	$40,9 \pm 3,5$ vs $47,6 \pm 4,8$	-2,40739	12	0,033070	1,897659	0,391443
Röttinger vs MPA	$48,0 \pm 4,5$ vs $40,0 \pm 0,7$	4,45053	5	0,006699	39,70865	0,006483
MPA vs DSA	$40,0 \pm 0,7$ vs $47,6 \pm 4,8$	-4,04438	5	0,009880	44,10009	0,005338
SuperPATH vs Röttinger	$42,2 \pm 2,9$ vs $48,0 \pm 4,5$	-2,33891	10	0,041417	2,428845	0,307099

### Обсуждение

Проведенный анализ публикаций, описывающих результаты применения миниинвазивных доступов, не смог выявить достоверных доказательств превосходства какой-либо из рассматриваемых техник.

Нам удалось найти статистически значимые различия только по продолжительности хирургического вмешательства между доступами DSA и SuperPATH, а также в положении вертлужного компонента между доступами DAA и Röttinger, DAA и DSA, Röttinger и MPA, MPA и DSA, SuperPATH и Röttinger. Стоит отметить, что величина углов инклинации при доступах Röttinger и DSA незначительно отличались от параметров «безопасной зоны» Lewinnek. Угол антеверсии вертлужного компонента у всех представленных по данному параметру техникам, а именно DAA, Micro-Hip и SuperPATH оказался немногим больше рекомендуемых значений. Таким образом, утверждение о том, что для малоинвазивных доступов характерна мальпозиция компонентов эндопротеза ввиду меньшей визуализации в отношении позиционирования вертлужного компонента, нашло свое подтверждение только по некоторым техникам.

Показатели кровопотери, продолжительности пребывания в стационаре, функциональные результаты по шкале HHS через 3 и 12 мес. между

рассматриваемыми техниками статистически не различались.

Наименьшая продолжительность пребывания пациента в стационаре после ТЭП была выявлена при применении доступа MPA — около 3 дней, наибольшая была у DAA — практически 9 дней. Одним из объяснений подобной разницы могут быть различия в программах ведения пациентов до и после замены тазобедренного сустава, принятых в учреждениях.

Согласно функциональным результатам, оцениваемым по шкале HHS, наилучших показателей как через 3, так и через 12 мес. достигли пациенты, которым проводилось эндопротезирование с применением доступа DAA. Значительно увеличились баллы по HHS через 12 мес. у пациентов, прооперированных с применением техники SuperPATH в сравнении с аналогичным показателем спустя 3 мес.

Что касается осложнений, то наиболее распространенным интраоперационным осложнением, которое отмечалось при всех рассматриваемых доступах, является перелом вертлужной впадины. Реже фиксировался перелом бедренной кости, при доступах DSA и SuperPATH в анализируемых публикациях данное осложнение не было отмечено вовсе. К осложнениям миниинвазивных техник относят вывих головки эндопротеза, перипротез-

ный перелом и повреждение латерального кожного нерва бедра. Подобные осложнения имели место практически при каждом рассматриваемом доступе в послеоперационном периоде. Однако не было зафиксировано вывихов головки эндопротеза у пациентов, прооперированных с помощью Micro-Hip, у этой же группы не отмечалось перипротезных переломов, также как и в группе Röttinger. Повреждение латерального кожного нерва бедра отсутствовало при ТЭП с применением DSA и SuperPATH.

### Ограничение исследования

Данная работа имеет некоторые ограничения: значительная разница в размерах выборок в исследованиях, которые были включены в анализ, достаточно большое количество отсутствующих значений по анализируемым параметрам, ввиду чего оказалось невозможным проведение оценки и сравнения доступов по ряду критериев. Кроме этого, из-за малого количества публикаций о доступах PATH и SuperCap, отвечающих критериям отбора, было принято решение о включении данных источников в группу, посвященную технике SuperPATH.

### Заключение

Эндопротезирование тазобедренного сустава может быть выполнено с помощью различных техник. Выбор применяемого доступа в повседневной практике хирурга зависит от его опыта и подготовки, а также личных предпочтений. Преимуществами миниинвазивных техник является краткосрочное восстановление, которому способствует сохранение мягких тканей. Результаты представленных работ демонстрируют высокие краткосрочные исходы после эндопротезирования тазобедренного сустава с их применением. Миниинвазивные техники обладают рядом сложностей — продолжительная кривая обучения, которая сопряжена с повышенным уровнем осложнений. Данные обстоятельства могут стать причиной отказа хирургов от освоения и применения в своей практике малоинвазивных доступов. Некоторые миниинвазивные доступы могут быть преобразованы в стандартные, которые лежат в их основе. Подобное свойство облегчает период обучения хирурга.

### Литература [References]

1. Reichert J.C., von Rottkay E., Roth F., Renz T., Hausmann J., Kranz J., et al. A prospective randomized comparison of the minimally invasive direct anterior and the transgluteal approach for primary total hip arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):241. doi: 10.1186/s12891-018-2133-4.
2. Dienstknecht T., Lüring C., Tingart M., Grifka J., Sendtner E. A minimally invasive approach for total hip arthroplasty does not diminish early postoperative outcome in obese patients: a prospective, randomised trial. *Int Orthop.* 2013;37(6):1013-1018. doi: 10.1007/s00264-013-1833-5.
3. Poehling-Monaghan K.L., Kamath A.F., Taunton M.J., Pagnano M.W. Direct anterior versus minimally-invasive THA with the same advanced perioperative protocols: surprising early clinical results. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(2):623-631. doi: 10.1007/s11999-014-3827-z.
4. Barrett W.P., Turner S.E., Leopold J.P. Prospective randomized study of direct anterior vs postero-lateral approach for total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2013;28(9):1634-1638. doi: 10.1016/j.arth.2013.01.034.
5. Oinuma K., Eingartner C., Saito Y., Shiratsuchi H. Total hip arthroplasty by a minimally invasive, direct anterior approach. *Oper Orthop Traumatol.* 2007;19(3):310-326. doi: 10.1007/s00064-007-1209-3.
6. Siljander M., Whaley J.D., Koueiter D.M., Alsaleh M., Karadsheh M.S. Length of Stay, Discharge Disposition, and 90-Day Complications and Revisions Following Primary Total Hip Arthroplasty: A Comparison of the Direct Anterior, Posterolateral, and Direct Superior Approaches. *J Arthroplasty.* 2020;35(6):1658-1661. doi: 10.1016/j.arth.2020.01.082.
7. Sarraj M., Chen A., Ekhtiari S., Rubinger L. Traction table versus standard table total hip arthroplasty through the direct anterior approach: a systematic review. *Hip Int.* 2020;30(6):662-672. doi: 10.1177/1120700019900987.
8. Hallert O., Li Y., Brismar H., Lindgren U. The direct anterior approach: initial experience of a minimally invasive technique for total hip arthroplasty. *J Orthop Surg Res.* 2012;7:17. doi: 10.1186/1749-799X-7-17.
9. Mjaaland K.E., Kivlev K., Svenningsen S., Pripp A.H., Nordsletten L. Comparison of markers for muscle damage, inflammation, and pain using minimally invasive direct anterior versus direct lateral approach in total hip arthroplasty: A prospective, randomized, controlled trial. *J Orthop Res.* 2015;33(9):1305-1310. doi: 10.1002/jor.22911.
10. Nistor D.V., Caterev S., Bolboaca S.D., Cosma D., Lucaci D.O.G., Todor A. Transitioning to the direct anterior approach in total hip arthroplasty. Is it a true muscle sparing approach when performed by a low volume hip replacement surgeon? *Int Orthop.* 2017;41(11):2245-2252. doi: 10.1007/s00264-017-3480-8.
11. Triantafyllopoulos G.K., Memtsoudis S.G., Wang H., Ma Y., Alexiades M.M., Poultsides L.A. Surgical approach does not affect deep infection rate after primary total hip arthroplasty. *Hip Int.* 2019;29(6):597-602. doi: 10.1177/1120700018825237.
12. Sendtner E., Schuster T., Wörner M., Kalteis T., Grifka J., Renkawitz T. Accuracy of acetabular cup placement in computer-assisted, minimally-invasive THR in a lateral decubitus position. *Int Orthop.* 2011;35(6):809-815. doi: 10.1007/s00264-010-1042-4.
13. Sendtner E., Borowiak K., Schuster T., Woerner M., Grifka J., Renkawitz T. Tackling the learning curve: comparison between the anterior, minimally invasive (Micro-hip®) and the lateral, transgluteal (Bauer) approach for primary total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(5):597-602. doi: 10.1007/s00402-010-1174-4.
14. Delanois R.E., Sultan A.A., Albayar A.A., Khlopas A., Gwam C.U., Sodhi N. et al. The Röttinger approach for total hip arthroplasty: technique, comparison to the direct lateral approach and review of literature. *Ann Transl Med.* 2017;5(Suppl 3):S31. doi: 10.21037/atm.2017.11.21.
15. Mandereau C., Brzakala V., Matsoukis J. Functional recovery, complications and CT positioning of total hip

- replacement performed through a Röttinger anterolateral mini-incision. Review of a continuous series of 103 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(1):8-16. doi: 10.1016/j.otsr.2011.10.005.
16. Jianbo J., Ying J., Xinxin L., Lianghao W., Baoqing Y., Rongguang A. Hip hemiarthroplasty for senile femoral neck fractures: Minimally invasive SuperPATH approach versus traditional posterior approach. *Injury.* 2019;50(8):1452-1459. doi: 10.1016/j.injury.2019.06.006.
  17. Martin R., Clayton P.E., Troussel S., Fraser B.P., Docquire P.L. Anterolateral minimally invasive total hip arthroplasty: a prospective randomized controlled study with a follow-up of 1 year. *J Arthroplasty.* 2011;26(8):1362-72. doi: 10.1016/j.arth.2010.11.016.
  18. Nakata K., Nishikawa M., Yamamoto K., Hirota S., Yoshikawa H. A clinical comparative study of the direct anterior with Mini-Posterior approach two consecutive series. *J Arthroplasty.* 2009;24(5):698-704. doi: 10.1016/j.arth.2008.04.012.
  19. Taunton M.J., Mason J.B., Odum S.M., Springer B.D. Direct anterior total hip arthroplasty yields more rapid voluntary cessation of all walking aids: a prospective, randomized clinical trial. *J Arthroplasty.* 2014;29(9 Suppl):169-172. doi: 10.1016/j.arth.2014.03.051.
  20. Della Torre P.K., Fitch D.A., Chow J.C. Supercapsular percutaneously-assisted total hip arthroplasty: radiographic outcomes and surgical technique. *Ann Transl Med.* 2015;3(13):180. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.08.04.
  21. Nevins R, Sagers KM. Understanding iliotibial band-sparing total hip arthroplasty: alternatives to traditional THA approaches. *Reconstructive Review.* 2018;8(2):11-18. doi: 10.15438/rr.8.2.209.
  22. Ulivi M., Orlandini L., Vitale J.A., Meroni V., Prandoni L., Mangiavini L. et al. Direct superior approach versus posterolateral approach in total hip arthroplasty: a randomized controlled trial on early outcomes on gait, risk of fall, clinical and self-reported measurements. *Acta Orthop.* 2021:1-6. doi: 10.1080/17453674.2020.1865633.
  23. Duijnsveld B.J., van den Hout J.A.A.M., Wagenmakers R., Koenraadt K.L.M., Bolder S.B.T. No learning curve of the direct superior approach in total hip arthroplasty. *Orthop Surg.* 2020;12(3):852-860. doi: 10.1111/os.12689.
  24. Penenberg B.L., Bolling W.S., Riley M. Percutaneously assisted total hip arthroplasty (PATH): a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90 Suppl 4:209-220. doi: 10.2106/JBJS.H.00673.
  25. Daluga D.J. Accuracy of the Acetabular Index Using the Percutaneous Assisted Total Hip Technique. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2012;41(2):74-78.
  26. Rasuli K.J., Gofton W. Percutaneously assisted total hip (PATH) and Supercapsular percutaneously assisted total hip (SuperPATH) arthroplasty: learning curves and early outcomes. *Ann Transl Med.* 2015;3(13):179. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.08.02.
  27. Más Martínez J., Sanz-Reig J., Morales-Santías M., Bustamante Suarez de Puga D., Verdu Roman C., Martínez Gimenez E. Comparative cohort study of the SuperPath approach and the conventional posterior approach in primary cementless hip replacement surgery. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed).* 2019;63(5):346-354. [In English, Spanish]. doi: 10.1016/j.recot.2019.04.002.
  28. Zhao H.Y., Kang P.D., Xia Y.Y., Shi X.J., Nie Y., Pei F.X. Comparison of Early Functional Recovery After Total Hip Arthroplasty Using a Direct Anterior or Posterolateral Approach: A Randomized Controlled Trial. *J Arthroplasty.* 2017;32(11):3421-3428. doi: 10.1016/j.arth.2017.05.056.
  29. Zawadsky M.W., Paulus M.C., Murray P.J., Johansen M.A. Early outcome comparison between the direct anterior approach and the mini-incision posterior approach for primary total hip arthroplasty: 150 consecutive cases. *J Arthroplasty.* 2014;29(6):1256-1260. doi: 10.1016/j.arth.2013.11.013.
  30. Taunton M.J., Trousdale R.T., Sierra R.J., Kaufman K., Pagnano M.W. John Charnley Award: Randomized Clinical Trial of Direct Anterior and Miniposterior Approach THA: Which Provides Better Functional Recovery? *Clin Orthop Relat Res.* 2018;476(2):216-229. doi: 10.1007/s11999.0000000000000112.
  31. Stone A.H., Sibia U.S., Atkinson R., Turner T.R., King P.J. Evaluation of the Learning Curve When Transitioning From Posterolateral to Direct Anterior Hip Arthroplasty: A Consecutive Series of 1000 Cases. *J Arthroplasty.* 2018;33(8):2530-2534. doi: 10.1016/j.arth.2018.02.086..
  32. Purcell R.L., Parks N.L., Gargiulo J.M., Hamilton W.G. Severely Obese Patients Have a Higher Risk of Infection After Direct Anterior Approach Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2016;31(9 Suppl):162-165. doi: 10.1016/j.arth.2016.03.037.
  33. Sang W., Zhu L., Ma J., Lu H., Wang C. The Influence of Body Mass Index and Hip Anatomy on Direct Anterior Approach Total Hip Replacement. *Med Princ Pract.* 2016;25(6):555-560. doi: 10.1159/000447455.
  34. Mayr E., Nogler M., Banedetti M.G., Kessler O., Reinthaler A., Krismer M., et al. A prospective randomized assessment of earlier functional recovery in THA patients treated by minimally invasive direct anterior approach: a gait analysis study. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009;24(10):812-818. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2009.07.010.
  35. Parvizi J., Restrepo C., Maltenfort M.G. Total Hip Arthroplasty Performed Through Direct Anterior Approach Provides Superior Early Outcome: Results of a Randomized, Prospective Study. *Orthop Clin North Am.* 2016;47(3):497-504. doi: 10.1016/j.ocl.2016.03.003.
  36. Sarialli E., Catonne Y., Pascal-Moussellard H. Three-dimensional planning-guided total hip arthroplasty through a minimally invasive direct anterior approach. Clinical outcomes at five years' follow-up. *Int Orthop.* 2016;41(4):699-705. doi: 10.1007/s00264-016-3242-z.
  37. Rykov K., Reininga I.H.F., Sietsma M.S., Knobben B.A.S., Ten Have B.L.E.F. Posterolateral vs Direct Anterior Approach in Total Hip Arthroplasty (POLADA Trial): A Randomized Controlled Trial to Assess Differences in Serum Markers. *J Arthroplasty.* 2017;32(12):3652-3658.e1. doi: 10.1016/j.arth.2017.07.008.
  38. Restrepo C., Parvizi J., Pour A.E., Hozack W.J. Prospective randomized study of two surgical approaches for total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2010;25(5):671-9.e.1. doi: 10.1016/j.arth.2010.02.002.
  39. D'Arrigo C., Speranza A., Monaco E., Carcangiu A., Ferretti A. Learning curve in tissue sparing total hip replacement: comparison between different approaches. *J Orthop Traumatol.* 2009;10(1):47-54. doi: 10.1007/s10195-008-0043-1.
  40. Pogliacomini F., Paraskevopoulos A., Costantino C., Marengi P., Ceccarelli F. Influence of surgical experience in the learning curve of a new approach in hip replacement: anterior mini-invasive vs. standard lateral. *Hip int.* 2012;22(5):555-561. doi: 10.5301/HIP.2012.9710.
  41. Dienstknecht T., Lüring C., Tingart M., Grifka J., Sendtner E. Total hip arthroplasty through the mini-incision (Micro-Hip) approach versus the standard transgluteal (Bauer) approach: a prospective, randomized

- study. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2014;22(2):168-172. doi: 10.1177/230949901402200210.
42. Paraskevopoulos A., Marengi P., Alesci M., Pogliacomì F. Mini-invasive anterior approach in total hip arthroplasty: short-term follow-up. *Acta Biomed*. 2014;85 (Suppl 2): 75-80.
  43. Marzt P., Bourredjem A., Laroche D., Arcens M., Labattut L., Biquet C., et al. Röttinger approach with dual-mobility cup to improve functional recovery in hip osteoarthritis patients: biomechanical and clinical follow-up. *Int Orthop*. 2017;41(3):461-467. doi: 10.1007/s00264-016-3245-9.
  44. Laffosse J.M., Accadbled F., Molinier F., Chiron P., Hocine B., Puget J. Anterolateral mini-invasive versus posterior mini-invasive approach for primary total hip replacement. Comparison of exposure and implant positioning. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008;128(4):363-369. doi: 10.1007/s00402-007-0385-9.
  45. Abdel M.P., Chalmers B.P., Trousdale R.T., Hanssen A.D., Pagnano M.W. Randomized Clinical Trial of 2-Incision vs Mini-Posterior Total Hip Arthroplasty: Differences Persist at 10 Years. *J Arthroplasty*. 2017;32(9):2744-2747. doi: 10.1016/j.arth.2017.04.005.
  46. Yukizawa Y., Dorr L.D., Ward J.A., Wan Z. Posterior mini-incision with primary total hip arthroplasty: a nine to ten year follow up study. *J Arthroplasty*. 2016;31(1):168-171. doi: 10.1016/j.arth.2015.07.023.
  47. Procyk S. Initial results with a mini-posterior approach for total hip arthroplasty. *Int Orthop*. 2007;31(Suppl 1): S17-20. doi: 10.1007/s00264-007-0435-5.
  48. Nakamura S., Matsuda K., Arai N., Wakimoto N., Matsushita T. Mini-incision posterior approach for total hip arthroplasty. *Int Orthop*. 2004;28(4):214-217. doi: 10.1007/s00264-004-0570-1.
  49. Hananouchi T., Takao M., Nishii T., Miki H., Iwana D., Yoshikawa H. et al. Comparison of navigation accuracy in THA between the mini-anterior and posterior approaches. *Int J Med Robot*. 2009;5(1):20-25. doi: 10.1002/rcs.226.
  50. Capuano N., Del Buono A., Maffulli A. Tissue preserving total hip arthroplasty using superior capsulotomy. *Oper Orthop Traumatol*. 2015;27(4):334-341. doi: 10.1007/s00064-013-0242-7.
  51. Tsiridis E., Kenanidis E., Potoupnis M., Sayegh F.E. Direct superior approach with standard instrumentation for total hip arthroplasty: safety and efficacy in a prospective 200-case series. *Hip Int*. 2020;30(5):552-558. doi: 10.1177/1120700019843120.
  52. Alecci V., Valente M., Crucil M., Minerva M., Pellegrino C-M., Sabbadini D.D. Comparison of primary total hip replacements performed with a direct anterior approach versus the standard lateral approach: perioperative findings. *J Orthop Traumatol*. 2011;12(3):123-129. doi: 10.1007/s10195-011-0144-0.
  53. Quitmann H. Supercapsular percutaneously assisted (SuperPATH) approach in total hip arthroplasty: surgical technique and preliminary results. *Oper Orthop Traumatol*. 2019;31(6):536-546. doi: 10.1007/s00064-019-0597-5.
  54. Xie J., Zhang H., Wang L., Yao X., Pan Z., Jiang Q. Comparison of supercapsular percutaneously assisted total hip versus conventional posterior approach for total hip arthroplasty: a prospective, randomized controlled trial. *J Orthop Surg Res*. 2017;12(1):138. doi: 10.1186/s13018-017-0636-6.
  55. Meng W., Huang Z., Wang H., Wang D., Luo Z., Bai Ya. Supercapsular percutaneously-assisted total hip (SuperPath) versus posterolateral total hip arthroplasty in bilateral osteonecrosis of the femoral head: a pilot clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;21(1):2. doi: 10.1186/s12891-019-3023-0.
  56. Cardenas-Nylander C., Bellotti V., Astarita E., Moya Gomez E., Fernandez M.R. Innovative approach in total hip arthroplasty: supercapsular percutaneously-assisted. *Hip Int*. 2016;26(Suppl 1):34-7. doi: 10.5301/hipint.5000409.
  57. Meneghini R.M., Smits S.A. Early discharge and recovery with three minimally invasive total hip arthroplasty approaches: a preliminary study. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(6):1431-1437. doi: 10.1007/s11999-009-0729-6.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Корыткин Андрей Александрович** – канд. мед. наук, директор ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия  
e-mail: andrey.korytkin@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

**Герасимов Сергей Александрович** – канд. мед. наук, заведующий ортопедическим отделением (взрослых) Университетской клиники, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия  
e-mail:gerasimoff@list.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3179-9770>

**Ковалдов Кирилл Александрович** — врач травматолог-ортопед Университетской клиники, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия  
e-mail: kovaldovc@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-9314-2881>

## AUTHORS' INFORMATION:

**Andrey A. Korytkin** — Cand. Sci. (Med.), Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia  
e-mail: andrey.korytkin@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

**Sergey A. Gerasimov** — Cand. Sci. (Med.), Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia  
e-mail:gerasimoff@list.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3179-9770>

**Kirill A. Kovaldov** — Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia  
e-mail: kovaldovc@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-9314-2881>

*Герасимов Евгений Александрович* — аспирант, врач травматолог-ортопед Университетской клиники, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия

e-mail: egerasimov2016@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-7026-5843>

*Пронских Александр Андреевич* — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск, Россия

e-mail: proal\_88@mail.ru

*Новиков Александр Вульфович* — д-р мед. наук, главный научный сотрудник, травматолог-ортопед Университетской клиники, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия

e-mail: kneeandpelvis@yandex.ru

*Морозова Екатерина Александровна* — специалист по социальной работе Университетской клиники, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия

e-mail: ekaterina.m.96@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7548-9398>

*Evgeny A. Gerasimov* — Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia  
 e-mail: egerasimov2016@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-7026-5843>

*Alexander A. Pronskikh* — Cand. Sci. (Med.), Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia  
 e-mail: proal\_88@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7548-9398>

*Alexander V. Novikov* — Dr. Sci. (Med.), Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia  
 e-mail: kneeandpelvis@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7548-9398>

*Ekaterina A. Morozova* — Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia  
 e-mail: ekaterina.m.96@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7548-9398>

### *Заявленный вклад авторов*

Корыткин А.А. — идея и разработка концепции обзора, окончательное редактирование статьи.

Герасимов С.А. — идея и разработка концепции обзора, интерпретация полученных данных, редактирование текста статьи.

Ковалдов К.А. — статистическая обработка данных, написание текста статьи.

Герасимов Е.А. — интерпретация полученных данных, написание текста статьи.

Пронских А.А. — поиск и анализ публикаций по теме обзора, написание текста статьи.

Новиков А.В. — написание и редактирование текста статьи.

Морозова Е.А. — поиск и анализ публикаций по теме обзора, систематизация данных, подготовка и оформление текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

### *Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



Обзорная статья  
УДК 616.718.16-089-06  
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-144-155>

## Осложнения хирургического лечения пациентов со свежими переломами вертлужной впадины: систематический обзор

А.И. Колесник<sup>1</sup>, Н.В. Загородний<sup>1,2</sup>, А.А. Очкуренко<sup>1</sup>, А.Ф. Лазарев<sup>1</sup>, Э.И. Солод<sup>1</sup>, С.В. Донченко<sup>3</sup>, И.М. Солодилов<sup>4</sup>, Д.А. Иванов<sup>5</sup>, А.В. Овчаренко<sup>6</sup>, В.В. Суриков<sup>7</sup>

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

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

<sup>3</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина», г. Москва, Россия

<sup>4</sup> ОБУЗ «Курская городская клиническая больница № 4», г. Курск, Россия

<sup>5</sup> ГБУЗ «Лыткаринская городская больница», г. Лыткарино, Россия

<sup>6</sup> ГБУЗ «Калужская областная клиническая больница скорой медицинской помощи им. К.Н. Шевченко», г. Калуга, Россия

<sup>7</sup> ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного постдипломного образования» Минздрава России, г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Наиболее эффективным в оперативном лечении переломов вертлужной впадины (ВВ) признан комбинированный подход с сочетанием классических передних и задних доступов, а также их модификаций. Применение классических и модифицированных доступов сопровождается серьезными интра- и послеоперационными осложнениями, связанными с длительностью оперативного вмешательства, значительной кровопотерей, травматизацией тканей, развитием хирургической инфекции. **Цель** — определение основных и наиболее частых осложнений, связанных с применением хирургических доступов к вертлужной впадине. **Материал и методы.** Доступ к источникам литературы осуществлен в информационных системах и базах данных Pubmed/MEDLINE, Embase, Scopus, Cochran Library, eLIBRARY, Wiley Online Library. Поиск производился по следующим ключевым словам: переломы вертлужной впадины, оперативное лечение, доступы к вертлужной впадине, эндопротезирование тазобедренного сустава. **Результаты.** Из интраоперационных осложнений наиболее часто встречаются некорректная репозиция отломков, повреждение седалищного нерва, реже — расположение части имплантата в вертлужной впадине, повреждение верхней ягодичной артерии и других сосудов. Среди ранних послеоперационных осложнений наиболее распространены поверхностная и глубокая раневая хирургическая инфекция, реже — венозные тромбозы. Поздние послеоперационные осложнения в основном представлены развитием гетеротопической оссификации, посттравматическим коксартрозом, реже выявляли асептический некроз головки бедренной кости, остаточную протрузию и вторичное повреждение головки бедренной кости. **Заключение.** Основными доступами к вертлужной впадине при хирургическом лечении их переломов являются подвздошно-паховый и Кохера–Лангенбека, а также их сочетание. Осложнения чаще встречаются при использовании двух доступов, особенно в случаях одновременного их применения. Основными интраоперационными осложнениями являются повреждение седалищного нерва и верхней ягодичной артерии при задних доступах, бокового кожного нерва бедра — при расширенном подвздошно-бедренном доступе, запирающего нерва — при передних доступах.

**Ключевые слова:** переломы вертлужной впадины, оперативное лечение, доступы к вертлужной впадине, эндопротезирование тазобедренного сустава.

**Источник финансирования:** работа выполнена без спонсорской поддержки.

Колесник А.И., Загородний Н.В., Очкуренко А.А., Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Донченко С.В., Солодилов И.М., Иванов Д.А., Овчаренко А.В., Суриков В.В. Осложнения хирургического лечения пациентов со свежими переломами вертлужной впадины: систематический обзор. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):144-155. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-144-155>.

**Cite as:** Kolesnik A.I., Zagorodniy N.V., Ochukrenko A.A., Lazarev A.F., Solod E.I., Donchenko S.V., Solodilov I.M., Ivanov D.A., Ovcharenko A.V., Surikov V.V. [Complications of Acute Acetabular Fractures Surgical Treatment: Systematic Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):144-155. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-144-155>.

Колесник Александр Иванович / Aleksandr I. Kolesnik; e-mail: ko-lesnik@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 13.04.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 20.05.2021.

© Колесник А.И., Загородний Н.В., Очкуренко А.А., Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Донченко С.В., Солодилов И.М., Иванов Д.А., Овчаренко А.В., Суриков В.В., 2021

## Complications of Acute Acetabular Fractures Surgical Treatment: Systematic Review

Aleksandr I. Kolesnik<sup>1</sup>, Nikolai V. Zagorodniy<sup>1,2</sup>, Aleksandr A. Ochkurenko<sup>1</sup>, Anatolii F. Lazarev<sup>1</sup>, Eduard I. Solod<sup>1</sup>, Sergei V. Donchenko<sup>5</sup>, Ivan M. Solodilov<sup>4</sup>, Dmitrii A. Ivanov<sup>5</sup>, Anton V. Ovcharenko<sup>6</sup>, Vladislav V. Surikov<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia

<sup>2</sup> RUDN University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Kursk City Clinical Hospital No. 4, Kursk, Russia

<sup>5</sup> Lytkarino City Hospital, Lytkarino, Russia

<sup>6</sup> Kaluga Regional Clinical Hospital of Emergency Medical Care named after K.N. Shevchenko, Kaluga, Russia

<sup>7</sup> Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education, Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** The combination of classical anterior and posterior approaches, as well as their modifications, is recognized as the most effective in acetabular fractures surgical treatment. The use of classical and modified approaches is accompanied by serious intra- and postoperative complications associated primarily with the duration of surgery, significant blood loss, tissue trauma, surgical site infection. **The aim of review** – to determine the main and most frequent complications associated with surgical approaches to the acetabulum. **Material and Methods.** Access to literature sources is carried out in the information systems and databases PubMed/Medline, Embase, Scopus, Cochran Library, eLibrary, Wiley Online Library. **Keywords:** acetabular fractures, surgical treatment, approach to the acetabulum, total hip replacement. **Results.** The most common intraoperative complications are incorrect fragments reduction, sciatic nerve injury, less often – intraarticular implant position, damage to the superior gluteal artery and other vessels, among the early postoperative complications – wound infection, both superficial and deep, less often – venous thrombosis. Late postoperative complications are mainly represented by the development of heterotopic ossification, post-traumatic coxarthrosis, less often revealed aseptic necrosis of the femoral head, residual protrusion and secondary femoral head lesion. **Conclusion.** The main approach to the acetabulum are the ileo-inguinal and the Kocher-Langenbeck approach, as well as their combination. Complications were more common using two approaches, especially in cases of simultaneous use. The main intraoperative complications are the sciatic nerve and the superior gluteal artery injury with posterior approaches, the femoral lateral cutaneous nerve with expanded ilio-femoral approach, and the obturator nerve with anterior approaches.

**Keywords:** acetabular fractures, surgical treatment, surgical approach, total hip replacement.

**Funding:** no funding or sponsorship was received for this study.

### Введение

Актуальность проблемы лечения переломов вертлужной впадины (ВВ) обусловлена ростом дорожно-транспортного травматизма, сложностью их оперативного лечения, осложнениями, возникающими на всех его этапах [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Частота переломов ВВ составляет от 2% до 22% с тенденцией к росту [1, 5, 7]. Применение классических и модифицированных хирургических доступов сопровождается серьезными интра- и послеоперационными осложнениями. D. Butterwick с соавторами со ссылкой на источники приводит данные о различных осложнениях, возникающих в 8–59% случаев [7]. Осложнения связаны, прежде

всего, с травматизацией тканей, сосудов, нервов, лимфатических структур, с длительностью оперативного вмешательства 3 ч. и более, значительной кровопотерей, развитием хирургической инфекции, образованием грыж и гетеротопических оссификатов, что становятся серьезным сдерживающим фактором широкого применения в остром периоде травмы [1, 8]. Авторы связывают возникновение интра- и послеоперационных осложнений непосредственно с доступами к ВВ и техническими ошибками хирургов [8, 9].

**Цель работы** – определить основные и наиболее частые осложнения, связанные с применением хирургических доступов к вертлужной впадине.

## Материал и методы

Поиск источников литературы, опубликованных до 2020 г. включительно, осуществляли в базах данных PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Cochrane Library, eLIBRARY по следующим ключевым словам: #переломы вертлужной впадины=acetabular fractures#, #хирургические доступы=Surgical Approaches#, #эндопротезирование тазобедренного сустава=hip arthroplasty#.

*Критерии включения:*

- язык публикации: английский, русский;
- возраст пациентов: 18+;
- дизайн исследования: клиническое ретроспективное или проспективное исследование, в котором проводился качественный и количественный анализ выявленных осложнений оперативного лечения переломов ВВ с учетом использованных хирургических доступов.

*Критерии исключения:*

- публикации с кратким содержанием;
- полнотекстовые публикации с малым количеством клинических наблюдений (менее 10) и применением нерелевантных хирургических доступов;
- полнотекстовые публикации, соответствующие приемлемости в меньшей степени (внутренний скрининг).

В итоге в качественный систематический обзор было включено 25 публикаций, в метаанализ — 8 (рис. 1).

## Результаты

Суммарно отобранные публикации включали 5933 наблюдения, из них в качественный систематический обзор вошли 4168, в метаанализ — 1273 пациента.

Известно, что такой стандартный подход к лечению переломов ВВ, как открытая репозиция и внутренняя фиксация (open reduction & internal fixation — ORIF), сопровождается значительным риском возникновения интраоперационных, ранних и поздних послеоперационных осложнений [7, 10, 11, 12, 13, 14].

Представляется целесообразным начать изложение материала статьи, отталкиваясь от фундаментального исследования Е. Letournel (1980), основанного на результатах оперативного лечения 582 пациентов с 1955 по 1978 г., имевших различные варианты переломов ВВ. Все пациенты были оперированы автором с использованием трех доступов: Кохера–Лангенбека, разработанного самим автором подвздошно-пахового доступа и расширенного подвздошно-бедренного. Автор, наравне с хорошими и отличными результатами, отмечает



Рис. 1. Блок-схема отбора публикаций

Figure 1. Study selection process

полученные в 27,1% случаев интраоперационные осложнения: 12 (2,95%) пациентов умерли от различных причин (2 из них — от септицемии и тромбоза подвздошной артерии); децентрация головки в ВВ под разными углами — 13%; потеря параллельности суставной щели в верхнем отделе с неполным вправлением ВВ — 5,9%; остаточная протрузия головки бедренной кости (ГБК) — 3,2%; не достигнута полная конгруэнтность в тазобедренном суставе (ТБС) — 2,7% и технические неудачи — 1,7% случаев [10]. Подобные данные приводят и другие авторы [8, 14, 15, 16, 17, 18].

Мы объединили данные о выявленных осложнениях, связанных с хирургическими доступами к ВВ, и квалифицировали их также, как авторы.

### *Основные осложнения, связанные с хирургическими доступами*

#### *Интраоперационные:*

- кровотечение/геморрагический шок;
- гематомы;
- повреждение мышечной ветви нерва;
- частичное/полное повреждение седалищного нерва;
- повреждение запирающего нерва;
- повреждение других нервов;
- повреждение верхней ягодичной артерии;
- повреждение бедренной артерии;
- повреждение вен (подвздошных);
- повреждение других сосудов;
- некорректная репозиция отломков;
- децентрацией головки в ВВ (между стенками ВВ);
- потеря параллельности суставной щели в верхнем отделе;
- потеря конгруэнтности в тазобедренном суставе;
- остаточная протрузия головки бедренной кости (ГБК);
- наличие неустраненного костного дефекта стенки ВВ (не выполнена костная пластика);
- некорректная адаптация имплантата (техническая неудача);
- недостаточно стабильная фиксация отломков;
- внутрисуставное расположение части имплантата (конец шурупа проникает в полость сустава);
- подшивание дренажной трубки к мягким тканям;
- оставление внутрисуставных свободных неустраненных фрагментов стенки ВВ (свободные неустраненные фрагменты стенки ВВ находятся в суставе).

#### *Ранние послеоперационные:*

- гематомы (глубокая — в зоне перелома, межмышечная, субфасциальная, подкожная);

- краевой некроз раны;
- развитие поверхностной хирургической инфекции;
- развитие глубокой хирургической инфекции;
- паралич прямой мышцы живота;
- развитие хирургической инфекции ТБС;
- тромбозы артериальные;
- тромбозы венозные;
- жировая эмболия;
- вывихи бедра;
- другие осложнения, не связанные с хирургической техникой;
- длительные выделения из послеоперационной раны;
- повторная операция (ревизия);
- летальность.

#### *Поздние послеоперационные:*

- болевой синдром;
- вторичное повреждение ГБК (травматизация свободными неустраненными отломками стенки ВВ);
- остеолит отломков стенки ВВ;
- несращение;
- образование грыж;
- посттравматический асептический некроз головки бедренной кости (АНГБК);
- перелом металлоконструкции;
- посттравматический артроз (ОА) тазобедренного сустава;
- гетеротопическая оссификация;
- комбинированная контрактура тазобедренного сустава с нарушением статики и ходьбы;
- развитие поздней инфекции;
- тромбозы.

Осложнения представлены 49 видами, из которых 21 (42,9%) осложнение встречалось во время выполнения оперативного вмешательства, по 14 (28,6%) видов выявлено в раннем и позднем послеоперационных периодах [9, 19, 20, 21, 22] (табл. 1).

*Из интраоперационных осложнений* в исследованиях, насчитывающих от 23 до 582 случаев оперативного лечения переломов ВВ, наиболее чаще наблюдалась некорректная репозиция колонн и отломков ВВ — 242 случая, что составило 49,9% от интраоперационных и 17,4% — от общего числа осложнений [10, 11, 18, 19, 20]. Второе место занимают полные или частичные повреждения седалищного нерва — 133 случая — 27,4% и 9,6% соответственно [4, 6, 10, 18, 22, 23]. На третьем месте — расположение части имплантата в полости ВВ — 32 случая — 6,6% и 2,3%; далее нестабильная фиксация отломков — 26 наблюдений — 5,4% и 1,9% от интраоперационных и от общего числа осложнений соответственно.

Распределение основных осложнений по периодам их возникновения

Осложнения	Количество (n = 1387)		
	абс. число	% от общего числа осложнений	% от послеоперационных осложнений
Интраоперационные	485	35,0	–
Послеоперационные:	902		
– ранние;	152	16,9	11,0
– поздние	750	83,1	54,1

Было обнаружено 14 видов *ранних послеоперационных осложнений*, включающих 152 случая — 16,9% и 11,0%. Они представлены 80 случаями поверхностной инфекции — 52,6% от осложнений в раннем послеоперационном периоде, 8,9% от осложнений в позднем послеоперационном периоде и 5,8% от общего числа осложнений, и 54 случаями глубокой инфекции — 35,5% от осложнений в раннем послеоперационном периоде, 6,0% — в позднем послеоперационном периоде, 3,9% — от общего числа осложнений [6, 10, 20, 21, 22, 24].

*Поздние послеоперационные осложнения* также включали 14 видов — 750 случаев, составляющих 83,1% от послеоперационных осложнений и 54,1% от общего их числа. В основном поздние послеоперационные осложнения представлены гетеротопической оссификацией (n = 267) — 35,6% от поздних послеоперационных осложнений, 29,60% — от послеоперационных осложнений и 19,3% от общего числа осложнений [10, 18, 20, 25, 26, 27] и посттравматическим ОА (n = 196) — 26,1/21,7/14,1% [14, 18, 22, 24, 26]. Второе и третье места разделили децентрация головки (n = 76) — 10,1/8,4/5,5% [10] и АНГБК (n = 71) — 9,5/7,9/5,1% [10, 18, 26, 27]. Реже других осложнений встречались остаточная протрузия головки бедренной кости (n = 19) — 2,5/2,1/1,4% [10] и несращение и вторичное повреждение ГБК (n = 13) — 1,7/1,4/0,9% [4, 10, 18]. Примечательно, что об остаточной протрузии и децентрации головки бедренной кости сообщает только E. Letournel (1980), который представил очень подробный анализ своего материала [10]. Летальность колебалась от 1 до 23 случаев и напрямую зависела от количества оперированных пациентов с уменьшением этого показателя в последние десятилетия [8, 10, 19, 22, 28].

### Обсуждение

Представляют особый интерес выявленные взаимосвязи интра- и послеоперационных осложнений с используемыми доступами к ВВ и с этапами оперативного лечения переломов ВВ.

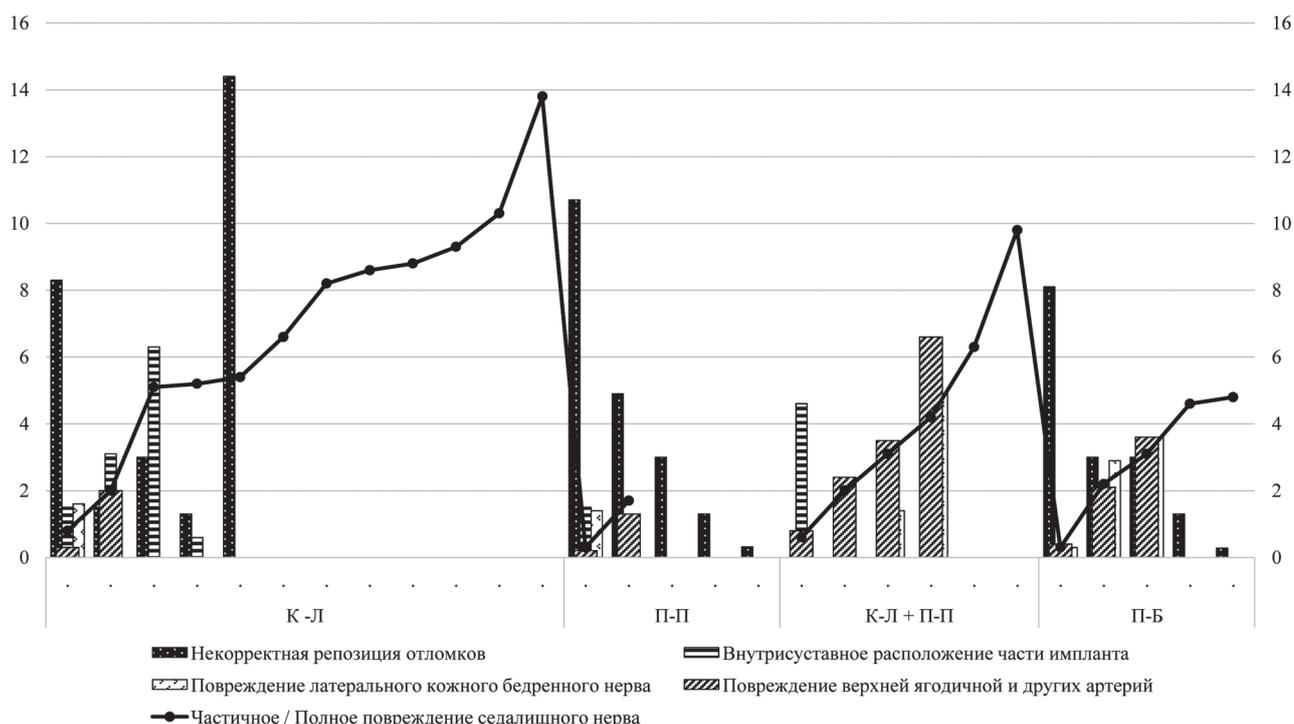
Количество и характер интраоперационных осложнений напрямую зависит от используемых доступов и от их количества [28, 29, 30]. Специалисты, применяющие два доступа, априори получают больше интра- и послеоперационных осложнений [4, 22, 25, 27, 31, 32]. Так, You-Shui Gao с соавторами применили одновременно два доступа в 48 случаях, доступ Кохера–Лангенбека — в 12 и подвздошно-паховый — в одном случае, при этом получили в 20 (39,2%) случаях различные осложнения [27].

Два и более доступа применяют при сложных сочетанных двухколонных переломах [4, 6, 28, 32, 33, 34]. Применяя одновременно два доступа, подвздошно-паховый и Кохера–Лангенбека, авторы по-разному их используют. T. Borg с соавторами доступ Кохера–Лангенбека использовали для выполнения ORIF и первичного эндопротезирования (ПЭ) ТБС, а при использовании подвздошно-пахового доступа в случае эндопротезирования ТБС вынуждены дополнительно применять боковой доступ [35]. M. Boudissa с соавторами подвздошно-паховый доступ применяли только для ORIF [32].

Из комбинаций доступов чаще применялось сочетание подвздошно-пахового модифицированного и Кохера–Лангенбека, что вполне объяснимо с современных позиций. Частота некорректной репозиции составила от 3,7 до 23,8% и чаще встречалась при комбинации доступов Кохера–Лангенбека и подвздошно-пахового, подвздошно-пахового модифицированного [10, 13, 18, 26, 36, 37].

Осложнения после оперативных вмешательств на ВВ отмечали все исследователи без исключения. Необходимо отметить, что не все авторы в своих исследованиях приводили подробные данные об осложнениях или доступах [14, 16, 17, 21, 38].

Установлено, что авторы выделяют 19 видов осложнений, которые они выявили при использовании доступа Кохера–Лангенбека. Зависимость частоты возникновения основных осложнений от хирургических доступов представлена на рисунке 2.



**Рис. 2.** Частота возникновения основных осложнений в зависимости хирургического доступа: К-Л — Кохера–Лангенбека; П-П — подвздошно-паховый; П-Б — подвздошно-бедренный

**Figure 2.** Major complications frequency depending on surgical approach

Заслуживает внимания тот факт, что при доступе Кохера–Лангенбека чаще других встречалась травматизация седалищного нерва, от частичного до полного повреждения, определяемая характером перелома, техническими трудностями и в определенной степени ятрогенными причинами.

От 2,6 до 8,6% случаев травматизации седалищного нерва на исследование отмечала одна группа авторов [10, 16, 22, 27, 34, 37], другая группа отмечала данное осложнение от 10,0 до 27,9% случаев [4, 6, 9, 36]. Такой разброс частоты травматизации седалищного нерва обоснован разным количеством выполненных операций.

Для оперативного лечения 582 пациентов с переломами ВВ со смещением E. Letournel (1980) применял три доступа: Кохера — Лангенбека, подвздошно-паховый и расширенный подвздошно-бедренный, при этом он выявил 50 (8,6%) случаев частичного или полного повреждения седалищного нерва. Автор подчеркивает, что при использовании доступа Кохера — Лангенбека повреждение седалищного нерва произошло только в 6 (12%) случаях [10]. В 1993 г. E. Letournel из 314 случаев применения доступа Кохера–Лангенбека отметил развитие раневой инфекции в 13 (4,1%) наблюдениях, из них в 3 случаях — поверхностной, в 7 — глубокой и в 1 случае — развитие поздней ин-

фекции [11]. G.V. Russell с соавторами после оперативного лечения 131 пациента с применением доступа Кохера–Лангенбека у 18 (14%) выявил различные осложнения, связанные с техническими ошибками, из которых 4 случая связаны с установкой имплантатов, а ятрогенное повреждение седалищного нерва произошло в одном случае [9].

M. Tannast с соавторами особое внимание уделяли качеству репозиции отломков. Из 352 случаев применения доступа Кохера–Лангенбека некорректная репозиция была выявлена в 10 (7,2%) наблюдениях, при подвздошно-паховом доступе — из 323 случаев в 15 (4,6%), при подвздошно-бедренном — в 10 (7,8%) и при комбинации подвздошно-пахового и Кохера–Лангенбека доступов — в одном случае из 12 (8,3%) [12].

L. Negrin и D. Seligson в ретроспективном исследовании применили доступ Кохера–Лангенбека в изолированном варианте у 167 пациентов: у 26 (15,6%) из них развился геморагический шок, у 9 (5,4%) был поврежден седалищный нерв, у 24 (14,4%) отмечена некорректная репозиция, в 8 (4,8%) случаях развилась раневая инфекция, которая включала 4 случая сепсиса, 2 — остеомиелита, и 2 — гнойного целлюлита. У 36 (21,6%) пациентов развился посттравматический ОА, и в 63 (37,7%) случаях выполнены ревизии по поводу вторичного смещения отломков [16].

В. Frietman с соавторами из 220 случаев оперативного лечения переломов ВВ применили подвздошно-паховый доступ в 99 (45%), доступ Кохера–Лангенбека — в 83 (38,0%), модифицированный доступ Стоппа — в 16 (7%) случаях, чрезкожный — в 13 (6%) и расширенный подвздошно-бедренный — в 9 (4%). У 32 (15%) пациентов были выявлены серьезные послеоперационные осложнения, среди которых перманентное повреждение седалищного нерва отмечено в 18 (8%) случаях, глубокая инфекция — в 11 (5%). Однако при углубленном изучении результатов исследования мы не нашли данных о зависимости возникновения осложнений от доступов [22].

При использовании подвздошно-пахового доступа 38 авторов выявили 16 видов осложнений. По данным пяти авторов, использовавших этот доступ, развилось 66 осложнений. В частности, E. Letournel (1980) отмечает повреждения седалищного нерва, от частичного до полного, в 0,9% случаев [10]. Этот же автор в 1993 г. из 195 случаев переломов ВВ в 178 (90%) применил подвздошно-паховый доступ, при этом отмечал низкую частоту осложнений, в т.ч. отсутствие гетеротопической оссификации в области подвздошной ямки [11]. Однако в своей монографии, опубликованной в том же 1993 г., E. Letournel из 569 случаев подвздошно-паховый доступ применил в 158 (28,8%). В 8 (5%) наблюдениях произошло развитие раневой инфекции, из них в 6 случаях — поверхностной, в одном — глубокой и в одном случае — поздней инфекции [39].

При комбинации подвздошно-пахового доступа и доступа Кохера–Лангенбека в группу интраоперационных осложнений вошли некорректная репозиция (3,2–38,5%), повреждение седалищного нерва (1,0–8,6%), расположение части имплантата (шурупа) в ВВ (1,5–9,2%), развитие в ране инфекции (1,2–4,8%), несращение — 0,5%, развитие посттравматического ОА (11,9–21,6%), АНГБК (4,0–7,1%), гетеротопическая оссификация (7,1–37,7%) [12, 13, 18, 26, 36, 37].

В редких случаях использования подвздошно-бедренного доступа авторы среди осложнений отмечали некорректную репозицию — 7,8%, внутрисуставное расположение части импланта — 33,3%. Мы понимаем, что приведенные цифры не могут отражать в полной мере реальную статистику. К сожалению, не все авторы отражают в своих исследованиях количество выполненных доступов [18, 21, 40, 41], приводя лишь данные о количестве выполненных операций. Другие авторы приводят данные о редких комбинациях новых доступов [26], что не позволяет их учитывать из-за ограниченных возможностей нашего исследования. Однако объективность приведенных данных позволяет сделать вывод о том, что количество выполненных доступов Кохера–Лангенбека превалирует над остальными доступами, в т.ч. и над подвздошно-паховым доступом (см. рис. 1.) Соответственно и количество осложнений, связанных с этим доступом, также доминирует.

Распределение оперативных доступов по длительности выполнения операции и объему кровопотери представлено в таблице 2.

Больше всего времени авторам потребовалось для выполнения подвздошно-бедренного доступа и комбинации подвздошно-пахового и Кохера–Лангенбека доступов. Меньшее время уходило на комбинацию подвздошно-пахового и Смита–Петерсона. С небольшой разницей по времени выполнялись доступы Кохера–Лангенбека и модифицированный доступ Стоппа. При этом закономерным является выявление прямой зависимости кровопотери от длительности вмешательства [4, 9, 10, 16, 34, 39]. Показатели длительности операции, объема кровопотери, осложнений и частота использования хирургических доступов представлена на рисунке 3.

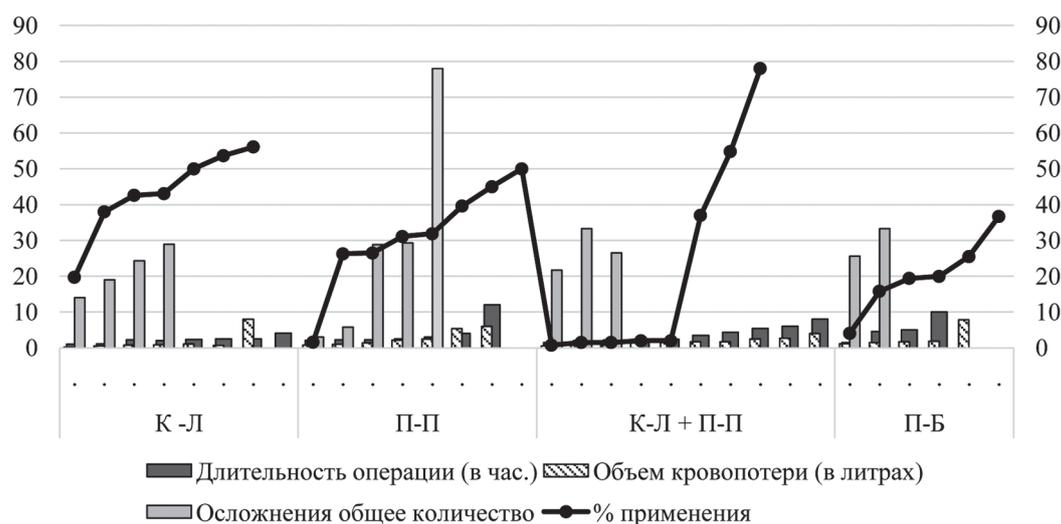
Полученные данные подтверждают, что объем кровопотери зависел от применения доступов в изолированном варианте или их комбинации и, соответственно, от продолжительности оперативного вмешательства.

Таблица 2

**Продолжительность операции и объем кровопотери при различных хирургических доступах к вертлужной впадине**

Показатель	Доступ к вертлужной впадине						
	П-П	П-Б	К-Л	П-П + К-Л	П-П модиф.	П-П + С-П	Стоппа модиф.
Продолжительность оперативного вмешательства, ч.	3,0±1,2	4,6±1,5	2,50±1,4	4,40±1,6	2,17±1,3	3,2±1,7	2,32±1,0
Объем кровопотери, л	1000±700	1,7±1,2	0,6–1,4	1,7±700	0,6±550	0,8±650	0,6±450

П-П — подвздошно-паховый; П-Б — подвздошно-бедренный; К-Л — Кохера–Лангенбека; С-П — Смита–Петерсона.



**Рис. 3.** Зависимость длительности операции, объема кровопотери, частоты осложнений от выбора хирургического доступа: К-Л — Кохера–Лангенбека; П-П — подвздошно-паховый; П-Б — подвздошно-бедренный  
**Figure 3.** Influence of surgical approach on the surgery duration, the volume of blood loss and the incidence of complications

Большая кровопотеря выявлена при комбинации доступов подвздошно-пахового и Кохера–Лангенбека, при подвздошно-бедренном доступе и в меньшей степени — при подвздошно-паховом доступе и доступе Кохера–Лангенбека [6, 12, 13, 14, 27].

А.Ф. Лазарев с соавторами отмечают, что применение задних и расширенных доступов сопровождается повреждением седалищного нерва у 4,3–7,4% больных [2]. Мы считаем повреждение седалищного нерва специфическим для доступов, обеспечивающих ревизию и манипуляции в зоне перелома, находящегося рядом или на уровне большой седалищной вырезки. Внутрисуставное расположение части имплантата выявлено в 0,6–8,8% случаев, чаще при комбинации доступов Кохера–Лангенбека и подвздошно-пахового модифицированного, а также подвздошно-пахового и Смита–Петерсона. Повреждение кожного латерального бедренного и запирающего нервов в 2,6–4,3% случаев происходит при комбинации доступов подвздошно-пахового с доступами Кохера–Лангенбека и Смита–Петерсона [2, 4, 27, 37]. Повреждение верхней ягодичной артерии отмечается в 1,3% случаев, чаще при комбинации подвздошно-пахового и Кохера–Лангенбека [2, 39]. А.В. Белецкий с соавторами сообщают о повреждении бедренной артерии только в одном (1,5%) случае при подвздошно-паховом доступе [4].

Из других редких интраоперационных осложнений хотелось бы обратить внимание на интраоперационное кровотечение с развитием геморрагического шока, упоминание о котором мы нашли только в одном исследовании [16]. А.В. Белецкий с соавторами (2010) отметили наличие сохранив-

шихся дефектов стенки ВВ, J.M. Matta (2006) указывает на наличие оставленных в полости тазобедренного сустава по разным причинам свободных мелких фрагментов стенки ВВ [4, 20].

В структуре ранних послеоперационных осложнений доминирует хирургическая инфекция (2,0–29,3%), как поверхностная (1,4–12,8%), так и глубокая (1,2–5,1%), которая чаще наблюдается при использовании комбинации доступов, особенно в тех случаях, когда они применяются одновременно [4, 6, 8, 21, 39].

Вторичное смещение отломков наблюдается в 0,8–3,0% случаев, что напрямую связано с первичной нестабильной фиксацией [4, 9, 16, 18, 22]. Развитие таких осложнений, как нестабильная фиксация и вторичное смещение отломков, наблюдалось только в случаях использования одного доступа, когда выполнить репозицию и стабильный остеосинтез всех колонн и отломков невозможно, при отсутствии необходимого опыта и плохой оперативной технике [2, 13].

Тромбозы (0,3–3,4%) и гематомы (0,7–11,8%) выявлены также в случаях комбинации двух доступов — подвздошно-пахового и Кохера–Лангенбека, подвздошно-пахового и Смита–Петерсона, а также в случаях изолированного применения подвздошно-бедренного расширенного [8, 16, 21]. Например, G.V. Russell с соавторами при использовании доступа Кохера–Лангенбека у 131 пациента в возрасте от 14 до 88 лет выявили у 27% из них развитие глубоких тромбозов [9]. Развитие хирургической инфекции, тромбозов и гематом объясняется объективными причинами, такими как травматизация тканей, длительность вмешательства, кровопотеря, время нахождения дренажей в ране [8, 9, 16, 21].

Поздние осложнения (750 или 83,1%) преобладали над интра- и ранними послеоперационными (см. табл. 1). Частота развития ГТО варьировала от 4,1 до 50,0% случаев, при этом чаще встречалась при комбинации доступов и реже — в случаях применения изолированных доступов [10, 13, 20, 26, 37]. А.Ф. Лазарев с соавторами связывают развитие этого осложнения с применением доступов через мышечный массив, где частота развития ГТО может достигать 69% [2]. По данным анализа публикаций, касающихся осложнений (не введенных в таблицу из-за большого объема информации), посттравматический ОА, ГТО и АНГБК являются перманентным следствием переломов и выполненной ORIF колонн и отломков ВВ. Его частота колеблется от 3,0 до 53,2%. Развитие ОА чаще наблюдается в случаях применения комбинации хирургических доступов к ВВ и реже — при использовании изолированных доступов [2, 10, 16, 18, 22]. Частота развития АНГБК варьирует от 0,7 до 27,7% с максимальными показателями (11,8–27,7%) при сочетании двух доступов (см. табл. 1) [2, 10, 16, 18, 22, 43].

Э.И. Солод с соавторами сообщают, что частота развития АНГБК составляет 15–35% [6]. Несращение колонн и отломков ВВ встречается редко, от 0,2 до 4,3% [4, 10, 18, 39]. По данным анализа публикаций мы не можем четко проследить зависимость развития несращения отломков от хирургических доступов. Логически можно предположить, что развитие несращения напрямую связано с качеством репозиции, что достигается только при хорошем обзоре в ране, свободе манипуляций, в т.ч. мобилизации отломков, что может обеспечить только расширенный доступ или комбинация доступов. Однако применение расширенных доступов или комбинации доступов в большей степени нарушает кровоснабжение отломков, особенно промежуточных, что негативно сказывается на репаративных процессах [1, 6, 42]. Крайне скудную информацию нам удалось получить о вторичном повреждении ГБК неустранимыми свободными отломками в ВВ [6, 33]. J.M. Matta в 13 (5,0%) из 259 наблюдений выявил вторичное повреждение ГБК [33]. В единичных работах мы нашли данные о развитии остеолита отломков. Э.И. Солод с соавторами из 39 пациентов, которым была выполнена ORIF с применением подвздошно-пахового, Кохера–Лангенбека и расширенного подвздошно-бедренного доступов, в 6 (15,4%) случаях выявил развитие остеолита со вторичным смещением имплантов [6].

### Заключение

Основными доступами к вертлужной впадине при хирургическом лечении их переломов являются подвздошно-паховый и Кохера–Лангенбека,

а также их сочетание. Осложнения чаще встречаются при использовании двух доступов, особенно в случаях одновременного их применения. Основными интраоперационными осложнениями являются повреждение седалищного нерва и верхней ягодичной артерии при задних доступах, бокового кожного нерва бедра — при расширенном подвздошно-бедренном доступе, запирающего нерва — при передних доступах.

### Литература [References]

1. Гринь А.А., Рунков А.В., Шлыков И.Л. Выбор операционного доступа при лечении двухколонных переломов вертлужной впадины. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(1):92-97.  
Grin' A.A., Runkov A.V., Shlykov I.L. [The choice of surgical approach in the treatment of two-column acetabular fractures]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(1): 92-97. (In Russian).
2. Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Гудушаури Я.Г., Какабадзе М.Г., Стоюхин С.С., Сахарных И.Н. Проблемы лечения переломов вертлужной впадины. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2013;(4):81-85.  
Lazarev A.F., Solod E.I., Gudushauri Ya.G., Kakabadze M.G., Stoyukhin S.S., Sakharnykh I.N. [Problems of treatment of acetabulum fractures]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2013;(4):81-85. (In Russian).
3. Бондаренко А.В., Круглыхин И.В., Плотников И.А., Войтенко А.Н., Жмурков О.А. Особенности лечения повреждений таза при политравме. *Политравма*. 2014;(3):46-57.  
Bondarenko A.B., Kruglykhin I.V., Plotnikov I.A., Voitenko A.N., Zhmurkov O.A. [Features of treatment of pelvic injuries in polytrauma]. *Politravma* [Polytrauma]. 2014;(3):46-57. (In Russian).
4. Белецкий А.В., Воронович А.И., Мурзич А.Э. Определение показаний к оперативному лечению и выбор доступов при сложных комплексных переломах вертлужной впадины. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2010;(4):30-37.  
Beletsky A.V., Voronovich A.I., Murzich A.E. [Determination of indications for surgical treatment and choice of accesses for complex acetabulum fractures]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2010;(4):30-37. (In Russian).
5. Borrelli J.Jr., Anglen J.O. Acute Total Hip Arthroplasty for Fracture of the Acetabulum. In: *Arthroplasty for the Treatment of Fractures in the Older Patient*. Springer Nature; 2018. p. 129-144. doi: 10.1007/978-3-319-94202-5\_8.
6. Солод Э.И., Лазарев А.Ф., Лазарев А.А., Гудушаури Я.Г., Какабадзе М.Г., Роскидайло А.С. и др. Возможности оперативного лечения переломов вертлужной впадины с использованием малоинвазивных технологий. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2009;(2):3-9.  
Solod E.I., Lazarev A.F., Lazarev A.A., Gudushauri Ya.G., Kakabadze M.G., Roskidaylo A.S. et al. [Possibilities of surgical treatment of acetabulum fractures using minimally invasive technologies]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2009;(2):3-9.

7. Butterwick D., Papp S., Gofton W., Liew A., Beaulé P.E. Acetabular fractures in the elderly: evaluation and management. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(9):758-768. doi: 10.2106/JBJS.N.01037.
8. Wang P., Zhu X., Xu P., Zhang Y., Wang L., Liu X. et al. Modified ilioinguinal approach in combined surgical exposures for displaced acetabular fractures involving two columns. *Springerplus.* 2016;5(1):1602. doi: 10.1186/s40064-016-3316-9.
9. Russell G.V. Jr., Nork S.E., Chip Routt M.L. Jr. Perioperative complications associated with operative treatment of acetabular fractures. *J Trauma.* 2001;51(6):1098-1103. doi: 10.1097/00005373-200112000-00014.
10. Letournel E. Acetabulum fractures: classification and management. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;(151):81-106.
11. Letournel E. The treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(292):62-76.
12. Tannast M., Najibi S., Matta J.M. Two to twenty-year survivorship of the hip in 810 patients with operatively treated acetabular fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(17):1559-1567. doi: 10.2106/JBJS.K.00444.
13. Matta J.M., Merritt P.O. Displaced Acetabular Fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(230):83-97.
14. Lont T., Nieminen J., Reito A., Pakarinen T.K., Pajamäki I., Eskelinen A. et al. Total hip arthroplasty, combined with a reinforcement ring and posterior column plating for acetabular fractures in elderly patients: good outcome in 34 patients. *Acta Orthop.* 2019;90(3):275-280. doi: 10.1080/17453674.2019.1597325.
15. Jakob M., Drosner R., Zobrist R., Messmer P., Regazzoni P. A less invasive anterior intrapelvic approach for the treatment of acetabular fractures and pelvic ring injuries. *J Trauma.* 2006;60(6):1364-1370. doi: 10.1097/01.ta.0000208139.97474.f7.
16. Negrin L.L., Seligson D. Results of 167 consecutive cases of acetabular fractures using the Kocher-Langenbeck approach: a case series. *J Orthop Surg Res.* 2017;12(1):66. doi: 10.1186/s13018-017-0563-6.
17. Rickman M., Young J., Bircher M., Pearce R., Hamilton M. The management of complex acetabular fractures in the elderly with fracture fixation and primary total hip replacement. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2012;38(5):511-516. doi: 10.1007/s00068-012-0231-9.
18. Carroll E.A., Huber F.G., Goldman A.T., Virkus W.W., Pagenkopf E., Lorich D.G. et al. Treatment of acetabular fractures in an older population. *J Orthop Trauma.* 2010;24(10):637-644. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181ceb685.
19. Boelch S.P., Jordan M.C., Meffert R.H., Jansen H. Comparison of open reduction and internal fixation and primary total hip replacement for osteoporotic acetabular fractures: a retrospective clinical study. *Int Orthop.* 2016;41(9):1831-1837. doi:10.1007/s00264-016-3260-x.
20. Matta J.M. Operative treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach: a 10-year perspective. *J Orthop Trauma.* 2006;20(1 Suppl):S20-29.
21. Clarke-Jenssen J., Røise O., Storeggen S.A.Ø., Madsen J.E. Long-term survival and risk factors for failure of the native hip joint after operatively treated displaced acetabular fractures. *Bone Joint J.* 2017;99-B(6):834-840. doi: 10.1302/0301-620X.99B6.BJJ-2016-1013.R1.
22. Frietman B., Biert J., Edwards M.J.R. Patient-reported outcome measures after surgery for an acetabular fracture. *Bone Joint J.* 2018;100-B(5):640-645. doi: 10.1302/0301-620X.100B5.BJJ-2017-0871.R3.
23. Harris A.M., Althausen P., Kellam J.F., Bosse M.J. Simultaneous anterior and posterior approaches for complex acetabular fractures. *J Orthop Trauma.* 2008;22(7):494-497. doi:10.1097/BOT.0b013e3181830d2a.
24. Askam B., Sims S. Supplemental Superior Buttress Plating for the Treatment of Posterosuperior Wall Acetabulum Fractures. *J Orthop Trauma.* 2019;33 Suppl 2: S27-S31. doi: 10.1097/BOT.0000000000001394.
25. Manson T.T. Open Reduction and Internal Fixation Plus Total Hip Arthroplasty for the Acute Treatment of Older Patients with Acetabular Fracture: Surgical Techniques. *Orthop Clin North Am.* 2020;51(1):13-26. doi: 10.1016/j.ocl.2019.08.006.
26. Byun Y., Cho Y., Kim K. Less Invasive Anterior Iliac Approach and Compression Osteosynthesis for the Treatment of High Anterior Column Fractures of the Acetabulum. *Clin Orthop Surg.* 2018;10(3):279-285. doi: 10.4055/cios.2018.10.3.279.
27. Gao Y.S., Zhou Z.B., Tang M.J., Yu X.W., Chen S., Zhang C.Q., Sun Y.Q. Late surgery for acetabular fractures in a Chinese level I trauma centre: surgical experience and outcomes. *Int Orthop.* 2015;39(9):1865-1871. doi: 10.1007/s00264-015-2932-2.
28. Kloen P., Siebenrock K.A., Ganz R. Modification of the ilioinguinal approach. *J Orthop Trauma.* 2002;16(8):586-953. doi: 10.1097/00005131-200209000-00008.
29. Briffa N., Pearce R., Hill A.M., Bircher M. Outcomes of acetabular fracture fixation with ten years' follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(2):229-236. doi: 10.1302/0301-620X.93B2.24056.
30. Kilinc C.Y., Acan A.E., Gultac E., Kilinc R.M., Hapa O., Aydogan N.H. Treatment results for acetabulum fractures using the modified Stoppa approach. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2019;53(1):6-14. doi: 10.1016/j.aott.2018.11.003.
31. Hanschen M., Pesch S., Huber-Wagner S., Biberthaler P. Management of acetabular fractures in the geriatric patient. *SICOT J.* 2017;3:37. doi: 10.1051/sicotj/2017026.
32. Boudissa M., Francony F., Drevet S., Kerschbaumer G., Ruatti S., Milaire M., Merloz P., Tonetti J. Operative versus non-operative treatment of displaced acetabular fractures in elderly patients. *Aging Clin Exp Res.* 2020;32(4):571-577. doi: 10.1007/s40520-019-01231-5.
33. Matta J.M. Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(11):1632-1645.
34. Shazar N., Eshed I., Ackshota N., Hershkovich O., Khazanov A., Herman A. Comparison of acetabular fracture reduction quality by the ilioinguinal or the anterior intrapelvic (modified Rives-Stoppa) surgical approaches. *J Orthop Trauma.* 2014;28(6):313-319. doi: 10.1097/01.bot.0000435627.56658.53.
35. Borg T., Hernefalk B., Hailer N.P. Acute total hip arthroplasty combined with internal fixation for displaced acetabular fractures in the elderly: a short-term comparison with internal fixation alone after a minimum of two years. *Bone Joint J.* 2019;101-B(4):478-483. doi: 10.1302/0301-620X.101B4.BJJ-2018-1027.R2.
36. Matta J.M., Anderson L.M., Epstein H.C., Hendricks P. Fractures of the acetabulum. A retrospective analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;(205):230-240.
37. Matta J.M., Mehne D.K., Roffi R. Fractures of the acetabulum. Early results of a prospective study. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;(205):241-250.
38. Firoozabadi R., Cross W.W., Krieger J.C., Routt M.L.C. Acetabular Fractures in the Senior Population-

- Epidemiology, Mortality and Treatments. *Arch Bone Jt Surg.* 2017;5(2):96-102.
39. Letournel E., Judet R. Fractures of the Acetabulum. Berlin, Germany: Springer-Verlag; 1993. p. 375-385, 521-540, 591-633. doi: 10.1007/978-3-642-75435-7.
40. Iqbal F., Ullah A., Younus S., Aliuddin A., Zia O.B., Khan N. Functional outcome of acute primary total hip replacement after complex acetabular fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018;28(8):1609-1616. doi: 10.1007/s00590-018-2230-y.
41. Wu H.Y., Shao Q.P., Song C.J., Shang R.R., Liu X.M., Cai X.H. Personalized Three-Dimensional Printed Anterior Titanium Plate to Treat Double-Column Acetabular Fractures: A Retrospective Case-Control Study. *Orthop Surg.* 2020;12(4):1212-1222. doi: 10.1111/os.12741.
42. Волошин В.П., Оноприенко Г.А., Зубиков В.С., Мартыненко Д.В. Хирургическое лечение чрезвертлужных переломов тазовой кости. *Альманах клинической медицины.* 2008;(19):37-42.
43. Voloshin V.P., Onoprienko G.A., Zubikov V.S., Martynenko D.V. [Surgical treatment of transacetabular pelvic fractures]. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny* [Almanac of Clinical Medicine]. 2008;(19):37-42. (In Russian).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Колесник Александр Иванович* — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail : ko-lesnik@mail.ru, aikolesnik@cito-priorov.ru.  
<https://orcid.org/0000-0003-1435-8743>

*Загородний Николай Васильевич* — д-р мед. наук, профессор, член-кор. РАН, заведующий отделением, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России; заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия  
e-mail: cito@cito-priorov.ru; rudn@rudn.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6736-9772>

*Очкуренко Александр Алексеевич* — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail: cito-omo@mail.ru, cito@cito-priorov.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1078-9725>

*Лазарев Анатолий Федорович* — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail: lazarevaf@cito-priorov.ru, cito@cito-priorov.ru

*Солод Эдуард Иванович* — д-р мед. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail : solod\_ei@pfur.ru, cito@cito-priorov.ru .  
<https://orcid.org/0000-0001-7807-8981>

*Донченко Сергей Викторович* — канд. мед. наук, заведующий травматологическим отделением, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина», г. Москва, Россия  
e-mail : Don\_03@mail.ru.  
<https://orcid.org/0000-0003-3341-7446>

*Солодилов Иван Михайлович* — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед 3-го травматологического отделения, ОБУЗ «Курская городская клиническая больница № 4», г. Курск, Россия  
e-mail : Ivan\_s\_007@mail.ru.  
<https://orcid.org/0000-0001-8219-5582>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Aleksandr I. Kolesnik* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia  
e-mail : ko-lesnik@mail.ru, aikolesnik@cito-priorov.ru.  
<https://orcid.org/0000-0003-1435-8743>

*Nikolai V. Zagorodniy* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of Russian Scientific Academy, Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics; RUDN University, Moscow, Russia  
e-mail: cito@cito-priorov.ru; rudn@rudn.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6736-9772>

*Aleksandr A. Ochkurenko* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia  
e-mail: cito-omo@mail.ru, cito@cito-priorov.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1078-9725>

*Anatolii F. Lazarev* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia  
e-mail: lazarevaf@cito-priorov.ru, cito@cito-priorov.ru

*Eduard I. Solod* — Dr. Sci. (Med.), Priorov Central Institute for Trauma and Orthopedics, Moscow, Russia  
e-mail : solod\_ei@pfur.ru, cito@cito-priorov.ru .  
<https://orcid.org/0000-0001-7807-8981>

*Sergei V. Donchenko* — Cand. Sci. (Med.), Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia  
e-mail : Don\_03@mail.ru.  
<https://orcid.org/0000-0003-3341-7446>

*Ivan M. Solodilov* — Kursk City Clinical Hospital No. 4, Kursk, Russia  
e-mail : Ivan\_s\_007@mail.ru.  
<https://orcid.org/0000-0001-8219-5582>

*Иванов Дмитрий Александрович* — заведующий отделением травматологии и ортопедии, ГБУЗ МО «Лыткаринская городская больница», г. Лыткарино, Россия  
e-mail: Ivanovda2001@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5821-6774>

*Овчаренко Антон Васильевич* — руководитель Центра травматологии и ортопедии ГБУЗ «Калужская областная клиническая больница скорой медицинской помощи им. К.Н. Шевченко», г. Калуга, Россия  
e-mail: antovcharenko@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3014-4828>

*Суриков Владислав Владимирович* — аспирант кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного постдипломного образования» Минздрава России, г. Москва, Россия  
e-mail: Airbag366@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3668-2376>

*Dmitrii A. Ivanov* — Lytkarino City Hospital, Lytkarino, Russia  
e-mail: Ivanovda2001@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5821-6774>

*Anton V. Ovcharenko* — Kaluga Regional Clinical Hospital of Emergency Medical Care named after K.N. Shevchenko, Kaluga, Russia  
e-mail: antovcharenko@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3014-4828>

*Vladislav V. Surikov* — PhD Student, Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education, Moscow, Russia  
e-mail: Airbag366@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3668-2376>

### *Заявленный вклад авторов*

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

### *Конфликт интересов*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



## Травматический вывих бедра: лекция

П.А. Березин<sup>1</sup>, С.В. Брагина<sup>1</sup>, А.Л. Петрушин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ АО «Карпогорская центральная районная больница», Архангельская область, с. Карпогоры, Россия

### Реферат

Травматические вывихи бедра занимают четвертое место среди вывихов различных локализаций и, как правило, являются следствием воздействия высокоэнергетического травмирующего агента. Такие повреждения чаще наблюдаются у лиц мужского пола молодого и среднего возраста. Основной причиной возникновения вывихов бедра являются дорожно-транспортные происшествия. Головка бедренной кости чаще вывихивается кзади, однако передние вывихи не являются казустикой и составляют приблизительно 10%. Вывихи бедра нередко сочетаются с переломами вертлужной впадины, при этом их достаточно четкая клиническая картина при наличии переломов может быть нивелирована. Травматические вывихи бедра требуют неотложной диагностики и лечения. После клинического обследования пациента выполняется рентгенография таза и тазобедренных суставов. Рентгенографическая диагностика вывиха бедра сохраняет свою актуальность, но современные методы визуализации позволяют более детально изучить тазобедренный сустав и выявить сопутствующие повреждения. Основным методом лечения вывиха бедра является закрытое устранение дислокации. Раннее вправление вывиха и отсутствие повреждений структур, формирующих тазобедренный сустав, имеют важное значение для прогноза результатов лечения. Дальнейшая тактика ведения пациента после вправления вывиха определяется результатами стресс-тестов и данными томографических методов визуализации. При подтверждении нестабильности и ассоциированных повреждений анатомических структур тазобедренного сустава показано выполнение хирургического вмешательства. Среди осложнений вывиха бедра отмечаются: повреждение седалищного нерва, посттравматический коксартроз, аваскулярный некроз головки бедра, гетеротопическая оссификация. Современные литературные данные свидетельствуют о важности ранней диагностики ассоциированных с вывихом повреждений тазобедренного сустава и околосуставных тканей. Решающее значение для благоприятных исходов имеет раннее и комплексное устранение всех имеющихся повреждений. Ряд лечебно-диагностических модальностей, в первую очередь, артроскопия демонстрируют оптимистичные результаты, но нуждаются в дальнейшем изучении.

**Ключевые слова:** травматический вывих бедра, переломовывих бедренной кости, диагностика травматического вывиха бедра, осложнения травматического вывиха бедра.

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

Березин П.А., Брагина С.В., Петрушин А.Л. Травматический вывих бедра: лекция. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):156-169. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-156-169>.

**Cite as:** Berezin P.A., Bragina S.V., Petrushin A.L. [Traumatic Hip Dislocation: Lecture]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(2):156-169. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-156-169>.

Брагина Светлана Валентиновна / Svetlana V. Bragina; e-mail: svetabragina69@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 13.10.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 08.02.2021.

© Березин П.А., Брагина С.В., Петрушин А.Л., 2021

## Traumatic Hip Dislocation: Lecture

Pavel A. Berezin<sup>1</sup>, Svetlana V. Bragina<sup>1</sup>, Alexander L. Petrushin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup> Karpogory Central District Hospital, Russia, Arkhangelsk Region, Karpogory, Russia

### Abstract

Traumatic hip dislocations occupy the fourth place among dislocations of various localizations and, as a rule, are the result of exposure to a high-energy traumatic agent. Such injuries are more often observed in young and middle-aged males. The main cause of hip dislocations is road accidents. The femoral head is more often dislocated posteriorly, but anterior dislocations are not casuistic and account for approximately 10%. Hip dislocations are often combined with acetabular fractures, while their fairly clear clinical picture in the presence of fractures can be leveled. Traumatic hip dislocations require urgent diagnosis and treatment. After the clinical examination of the patient, an X-ray of the pelvis and hip joints are performed. Radiographic diagnosis of hip dislocation remains relevant, but modern imaging methods allows to study the hip joint in more detail and identify concomitant injuries. The main treatment for hip dislocation is closed reduction. Early dislocation reduction and the absence of damage to the structures forming the hip joint are important for the treatment results prognosis. The further patient management tactics after the dislocation reduction is determined by the results of stress tests and the CT data. When confirming the instability and associated injuries of the hip joint anatomical structures, surgical treatment is indicated. Among the complications of hip dislocation: sciatic nerve damage, post-traumatic coxarthrosis, the femoral head avascular necrosis, heterotopic ossification. Current literature data indicates the importance of early diagnosis of dislocation-associated injuries of the hip joint and periarticular tissues. Early and comprehensive repair of all existing injuries is crucial for favorable outcomes. A number of therapeutic and diagnostic methods, primarily arthroscopy, show optimistic results, but need further study.

**Keywords:** traumatic hip dislocation, femoral fracture-dislocation, diagnosis of traumatic hip dislocation, complications of traumatic hip dislocation.

**Funding:** no funding or sponsorship was received for this study.

### Анатомия

Тазобедренный сустав (ТБС) является одним из наиболее стабильных суставов организма. Как показали анатомические исследования 1990-х гг., только для расхождения сочленяющихся поверхностей ТБС требуется тракционное усилие в 40–60 кг (400–600 Н), а для полного вывиха сила воздействия должна быть гораздо выше [1, 2]. В нейтральном положении бедра около 82% суставной поверхности головки находится в вертлужной впадине. Стабильность ТБС обеспечивают несколько пассивных и активных стабилизаторов. Пассивную стабильность дополнительно усиливают фиброзно-хрящевая губа и плотная капсула, состоящая из продольно ориентированных волокон, группирующихся в три отдельные связки (рис. 1) [3]. Суставная губа гарантирует контакт не менее 50% суставной поверхности головки с лабрально-ацетабулярным комплексом в любом положении бедренной кости (БК) [4].

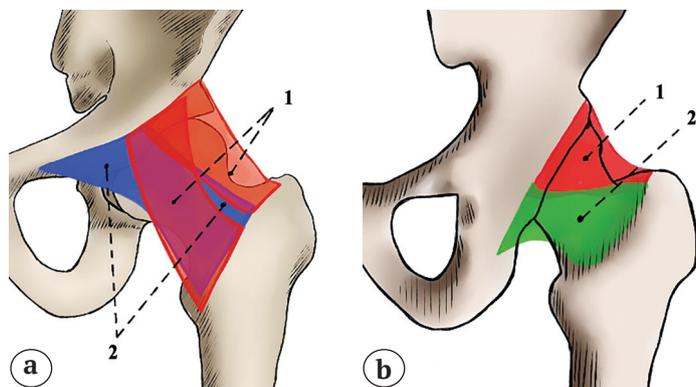
Подвздошно-бедренная связка (Y-образная связка или связка Bigelow) состоит из двух пучков и является основным статическим стабилизато-

ром бедра при его полном разгибании (нижний пучок) и наружной ротации (верхний пучок) [4]. Лонно-бедренная связка укрепляет передне-нижнюю поверхность, а седалищно-бедренная связка — заднюю поверхность ТБС. От ямки головки БК отходит круглая связка головки бедра, которая вплетается в поперечную связку вертлужной впадины, являющуюся продолжением суставной губы в нижнем отделе ТБС [5]. При вывихе бедра круглая связка разрывается полностью, неполные разрывы и целостность связки выявляются крайне редко. Изолированные ее повреждения могут являться причиной боли в ТБС [6, 7].

Сосудистая анатомия проксимального отдела БК имеет важное клиническое значение из-за прямой корреляции между сроками устранения вывиха и частотой возникновения асептического некроза головки бедренной кости (АНГБК) [8]. Основную роль в кровоснабжении головки БК играет медиальная огибающая бедро артерия, которая отходит от глубокой артерии бедра (рис. 2) [9]. Ее экстракапсулярная глубокая ветвь делится на 2–4 субсиновиальные ретикулярные арте-

рии, которые в состоянии полностью обеспечить артериальное кровоснабжение головки. Роль латеральной огибающей бедро артерии в кровоснабжении головки БК менее значима. Артерия круглой связки (артерия ямки головки БК) имеющая малый диаметр, отходит от запирающей артерии и обеспечивает кровоснабжение только периферической области головки. Данная арте-

рия обычно является рудиментарной, и у взрослых вклад ее в кровоснабжение головки незначителен [10]. При отсутствии травмы АНГБК может быть обусловлен обструкцией внутрикостных ветвей, медиальной огибающей бедро артерии, травма может непосредственно приводить к ее разрыву, сдавлению или перегибу внекостных ветвей [9].

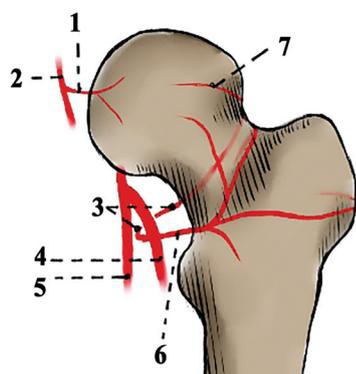


**Рис. 1.** Связочный аппарат тазобедренного сустава:

- a – вид спереди:  
 1 – подвздошно-бедренная связка (верхний и нижний пучки);  
 2 – лонно-бедренная связка;  
 b – вид сзади:  
 1 – подвздошно-бедренная связка;  
 2 – седалищно-бедренная связка

**Figure 1.** Ligaments of the hip:

- a – anterior view:  
 1 – iliofemoral ligament (superior and inferior bands);  
 2 – pubofemoral ligament;  
 b – posterior view:  
 1 – iliofemoral ligament (posterior aspect);  
 2 – ischiofemoral ligament



**Рис. 2.** Кровоснабжение головки бедренной кости

- 1 – артерия круглой связки; 2 – запирающая артерия;  
 3 – медиальная, огибающая бедро артерия;  
 4 – глубокая артерия бедра; 5 – поверхностная бедренная артерия;  
 6 – латеральная, огибающая бедро артерия;  
 7 – субсиновиальная ретикулярная ветвь, отходящая от медиальной, огибающей бедро артерии

**Figure 2.** Vascular supply of the femoral head

- 1 – artery of ligamentum teres; 2 – obturator artery;  
 3 – medial femoral circumflex artery; 4 – deep femoral artery;  
 5 – superficial femoral artery; 6 – lateral femoral circumflex artery;  
 7 – subsynovial retinacular branch arising from medial femoral circumflex artery

### Эпидемиология

Впервые о переломовывихе бедра в 1791 г. сообщил А. Соорер [11], первое подробное описание изолированного травматического вывиха бедра выполнил Н.]. Bigelow в 1869 г. [12].

Распространенность травматических вывихов бедра пока еще недостаточно изучена, нет крупных проспективных эпидемиологических исследований хорошего качества. В России соответствующая статистика отсутствует. По данным индийского ретроспективного исследования, за 2008–2010 гг., вывихи бедра составили 15% от общего числа данных повреждений ( $n = 274$ ) и по распространенности уступали лишь вывихам плеча, предплечья и стопы [13]. В 2017 г. в Иране

было проведено ретроспективное исследование травматических вывихов различной локализации ( $n = 628$ ) в течение 2005–2010 гг. — на долю вывихов бедра приходилось 7,3%. По распространенности этот показатель занимал четвертое место, уступая лишь вывихам плеча и пальцев кисти и стопы [14].

В разные периоды фиксировались различные причины и вариабельная распространенность травматических вывихов бедра. Сто лет назад данные повреждения в основном возникали в результате падения с лошади и встречались достаточно редко [11]. В настоящее время основной причиной являются травмы в результате ДТП [15, 16]. Они имеют место в 95% случаев, как показали L.C. Lima с соавторами в поперечном описательном исследовании

довании, однако механизм повреждения авторы не детализируют [15]. Второй по частоте причиной являются падения с высоты [15, 17]. Спортивные травмы встречаются редко (2–5% от общего количества); описаны случаи в футболе, регби, лыжном и велосипедном спорте [18, 19].

Наиболее часто травму получают лица трудоспособного возраста, в среднем от 29,6 до 37 лет [15, 16, 17]. Большинство авторов указывают на преобладание мужчин (от 63,0 до 90,7%). Задние вывихи составляют от 80 до 90%. [15, 16, 17]. Некоторые авторы продолжают включать в исследуемые когорты пациентов с так называемым «центральной вывихом бедра» [20, 21], который является не истинным вывихом, а переломом вертлужной впадины с медиальной протрузией головки бедра [4]. Большинство авторов указывают на преобладание вывихов левого бедра [16, 17], однако имеются данные о преобладании правосторонних повреждений [22]. Очень редко встречаются двусторонние повреждения [23, 24]. P. Levin указывает на ассоциацию между локализацией вывиха и расположением рулевого управления автомобиля [25]. T.O. Alonge с соавторами [26], сообщили о том, что вывихи правого бедра регистрируются чаще, несмотря на то, что в их регионе больше машин с левосторонним управлением. K.E. Dreinhöfer с соавторами также не обнаружили корреляции локализации вывиха с расположением руля [27]. Тазобедренный сустав отличается стабильностью, обусловленной костной, связочной и мышечной анатомией. Вывих бедра возможен в ситуации, когда на пострадавшего оказано значительное травматическое воздействие. Поэтому вывихи бедра часто ассоциируются с переломами вертлужной впадины или головки бедра [28]. Вследствие все более широкого использования компьютерной томографии (КТ) и возможности визуализировать переломы, не различимые при рутинной рентгенографии, изолированные вывихи могут оказаться гораздо менее распространенными, чем это предполагалось ранее [29]. Сочетанные повреждения других органов и систем наблюдаются у 67–95% пострадавших: черепно-мозговая травма — 24% случаев, повреждения челюстно-лицевого скелета — 21%, травмы груди — 21% и травмы живота — 15% [30]. Средние показатели по шкале Injury Severity Score (ISS) у пострадавших с вывихом бедра варьируют от 13,4 до 22,3 баллов [30, 31].

### Этиология и патогенез

Причиной заднего вывиха бедра чаще всего оказывается фронтальное воздействие силы на согнутое колено, при этом бедро должно находиться в положении сгибания и приведения. Задние вывихи нередко сопровождаются различными повреждениями коленного сустава

(КС) и чаще всего наблюдаются у водителей и пассажиров легковых автомобилей. Это послужило аргументом для выдвижения теории о том, что к травме приводит удар коленом по приборной панели [4]. R.V. Funsten с соавторами предложили термин «вывих приборной панелью», они наблюдали описанный механизм травмы у 13 из 20 пациентов [32]. Известны и другие теории — например, «травма педалью тормоза» [33].

Положение конечности во время травмы определяет, сопровождается ли вывих переломами вертлужной впадины или головки бедра, или нет [34]. Если бедро согнуто и приведено, то, скорее всего, головка БК вывихнется кзади без перелома. Если конечность только слегка согнута и отведена, травмирующее воздействие направлено непосредственно в ТБС и увеличивает риск перелома заднего отдела вертлужной впадины или головки бедра [35]. При более значительном отведении возможен изолированный перелом вертлужной впадины без вывиха. Механизм переднего вывиха обусловлен более редкой комбинацией выраженного отведения, разгибания и наружной ротации [36]. Ежегодно в США происходят многочисленные автомобильные аварии, но вывихи бедра — относительно редкое явление. Это позволяет предположить, что вывих происходит, если имеется редкое сочетание механизма внешнего воздействия и костной анатомии [37]. Считается, что возникновению вывиха способствуют сниженная антеверсия [37] и феморо-ацетабулярный импинджмент (ФАИ) [38, 39]. Снижение антеверсии БК эквивалентно ее относительной внутренней ротации и, как показал эксперимент на трупном материале, дополнительная насильственная внутренняя ротация из-за рычагового механизма вызывала задний вывих бедра [37]. Индивидуумы с ФАИ могут быть предрасположены к возникновению заднего вывиха даже в случае низкоэнергетического повреждения, например, при занятиях спортом: рычаговый механизм возникает при ограничении сгибания бедра и его внутренней ротации [39].

### Классификации

За последние 70 лет разными авторами были разработаны несколько классификационных систем вывихов и переломовывихов бедра

Общим для всех классификаций является включение не только изолированных вывихов, но и ассоциированных переломов вертлужной впадины и головки бедра, а также ориентированность их на задние вывихи бедра. Наиболее распространенной является классификация Thompson–Epstein (табл. 1). В классификации Stewart–Milford акцент сделан на стабильности головки после репозиции (табл. 2). Классификация P. Levin учитывает

эффективность репозиции и конгруэнтность суставных поверхностей, что имеет важное практическое значение (табл. 3). Данную классификацию можно использовать при передних вывихах бедра. Существует классификация передних вывихов Н.С. Epstein [40] (табл. 4). Однако некоторые авторы рекомендуют использовать более распространенные классификации с добавлением указания на передний вывих [4].

Вывихи, ассоциированные с переломами вертлужной впадины или головки БК, имеют худший прогноз по сравнению с изолированными вывихами, поэтому, как утверждают J. Moreta с соавторами [43], предложенные классификации имеют прогностическое значение. Однако по мнению N.J. Goddard [44], ни одна из имеющихся классификаций не может надежно предсказать функциональный результат.

Таблица 1

**Классификация задних вывихов бедра Thompson – Epstein [40]**

Тип вывиха	Характеристика
I	Изолированный вывих или вывих с незначительным переломом задней стенки вертлужной впадины
II	Вывих, ассоциированный с одним большим отломком задней стенки вертлужной впадины
III	Вывих, ассоциированный с оскольчатым переломом задней стенки вертлужной впадины
IV	Вывих, ассоциированный с переломом медиальной стенки (дна) вертлужной впадины
V	Вывих, ассоциированный с переломом головки бедренной кости (перелом головки градируется в соответствии с классификацией Pipkin)

Таблица 2

**Классификация Stewart – Milford [41]**

Тип вывиха	Характеристика
I	Изолированный вывих или вывих, ассоциированный с незначительным переломом
II	Вывих, ассоциированный с крупным или оскольчатым переломом впадины, бедро остается стабильным после вправления с функциональным объемом движений
III	Вывих, ассоциированный с переломом, вызывающим грубую нестабильность после вправления
IV	Вывих, ассоциированный с переломом головки БК

Таблица 3

**Классификация P. Levine [25]**

Тип вывиха	Характеристика
I	Изолированный вывих, бедро стабильно после вправления
II	Изолированный вывих, закрытое вправление невозможно
III	Инконгруэнтный или нестабильный сустав после закрытого вправления
IV	Вывих, ассоциированный с переломом вертлужной впадины, требующим оперативного лечения
V	Вывих, ассоциированный с наличием перелома шейки или головки БК

## Классификация передних вывихов бедра Н.С. Epstein [42]

Тип вывиха	Характеристика
Тип I	Верхние вывихи — лонный и подвздошный
IA	Изолированный вывих
IB	Вывих, ассоциированный с переломом или импакцией головки БК
IC	Вывих, ассоциированный с переломом вертлужной впадины
Тип II	Нижние вывихи — запирательный и промежностный
IIA	Изолированный вывих
IIB	Вывих, ассоциированный с переломом или импакцией головки БК
IIC	Вывих, ассоциированный с переломом вертлужной впадины

**Клиника и диагностика**

Для каждого типа вывихов бедра характерно определенное положение конечности. Задний вывих характеризуется приведением, сгибанием и ротацией конечности кнутри с одновременным укорочением. При переднем вывихе конечность обычно отведена в ТБС, фиксирована в положении выраженной наружной ротации и легкого сгибания [34]. Как и для вывихов других локализаций, характерным является выраженный болевой синдром и невозможность активных движений в суставе [4]. Однако при наличии ассоциированных костных повреждений характерные вынужденные положения и деформации конечности могут отсутствовать. Так, при вывихе, сочетающемся с переломом дна вертлужной впадины, возможно минимальное сгибание бедра, а при многооскольчатом переломе задней стенки вертлужной впадины может отсутствовать приведение конечности [45].

При клиническом обследовании области ТБС выявляется выраженный спазм ягодичных и отводящих мышц. У пациентов с передними вывихами в области бедренного треугольника иногда можно пальпировать головку БК, при задних вывихах головка бедра может определяться в ягодичной области [34, 46]. На этапе первичного обследования важное значение имеет выявление признаков сдавления нейроваскулярных структур, в первую очередь седалищного нерва и бедренных сосудов. Отсутствие документально подтвержденного повреждения седалищного нерва в момент вывиха впоследствии может быть неправильно интерпретировано как ятрогенное и являться поводом для необоснованных инвазивных вмешательств [45, 47]. Поскольку наиболее частой причиной задних вывихов бедра является воздействие травмирующей силы на область

КС, на повреждения данной локализации следует обращать особое внимание [45].

При подтверждении диагноза и исключении сопутствующих повреждений основную роль играет рентгенография. В большинстве случаев вывих может быть подтвержден при помощи рентгенограммы таза в передне-задней проекции, в сомнительных случаях показана рентгенография в дополнительных проекциях (боковой, косой или по Judet) [4, 46]. Рентгенограмма в передне-задней проекции не только подтверждает наличие и тип вывиха, но и позволяет обнаружить признаки перелома вертлужной впадины или проксимального отдела БК. На рентгенограммах в передне-задней проекции при задних вывихах головка БК обычно располагается вверху и латерально относительно вертлужной впадины, бедро находится в положении сгибания, внутренней ротации и приведения. Вследствие внутренней ротации малый вертел нередко бывает накрыт медиальной кортикальной пластинкой БК [48]. Задний вывих бедра также можно заподозрить по уменьшению размера головки БК по сравнению с контралатеральной стороной: кость располагается дальше от источника рентгеновского излучения и ближе к кассете [18, 48]. При передних вывихах головка бедра чаще всего располагается ниже и медиальнее вертлужной впадины, бедро обычно находится в положении отведения, наружной ротации и легкого сгибания. Наружная ротация БК приводит к тому, что малый вертел кажется более выраженным по сравнению с контралатеральной конечностью, головка БК может казаться увеличенной, поскольку располагается ближе к источнику рентгеновских лучей [48].

Появление спиральной компьютерной томографии (СКТ) позволило выявлять незаметные при рентгенографии переломы вертлужной впадины,

ступенчатые и щелевидные деформации ее суставной поверхности, костные фрагменты в полости сустава, переломы и импрессионные повреждения головки БК, а также признаки инконгруэнтности суставных поверхностей [49]. Рентгенограммы не всегда позволяют идентифицировать небольшие внутрисуставные костные отломки, которые можно надежно визуализировать при помощи СКТ [50]. R.A. Baird с соавторами выявили, что СКТ позволяет обнаруживать в полости ТБС спейсеры длиной всего 2 мм, в то время как на рентгенограммах не визуализировались инородные тела даже более крупных размеров [51]. Диагностика хондральных внутрисуставных тел при использовании СКТ затруднительна, однако они могут быть обнаружены, если предусмотреть настройки для визуализации мягких тканей [52]. Их наличие может быть заподозрено и по дисконгруэнтности при сравнительном исследовании контралатерального сустава. По данным J.C. Mandell с соавторами, чувствительность СКТ при наличии внутрисуставных тел оценивалась на уровне 87,3%, однако авторы отмечают, что у 43,3% пациентов с отрицательными результатами СКТ внутрисуставные инородные тела были выявлены при артроскопии [48].

Роль магнитно-резонансной томографии (МРТ) в исследовании пациентов с травматическими вывихами бедра является дискуссионной. Лучше визуализируются повреждения мышц, травмы седалищного нерва, разрывы суставной губы вертлужной впадины, ушибы головки БК и внутрисуставные хрящевые фрагменты [53]. При повреждениях суставной губы чувствительность МРТ составляет 91–95% [54]. Однако МРТ по сравнению с СКТ может быть менее чувствительной при наличии мелких костных фрагментов [55]. С практической точки зрения СКТ дает больше полезной информации, отличается большей доступностью. МРТ преимущественно является дополнительным методом и применяется в тех случаях, когда СКТ не позволяет выявить причины инконгруэнтности после вправления.

## Лечение

Существует множество различных методик вправления и их модификаций, касающихся как передних, так и задних вывихов. В практической работе врач-травматолог, как правило, использует одну методику, которую считает наиболее эффективной, однако владение альтернативными способами может быть полезным, если привычная тактика не позволяет достичь репозиции [56].

### Способы вправления вывиха

*Способ Allis.* Пациент находится в положении лежа на спине, ассистент плотно прижимает его таз к операционному столу. В оригинальном опи-

сании использовались специальные фиксирующие приспособления. Врач выполняет тракцию по оси поврежденной конечности и медленно увеличивает степень сгибания в ТБС и КС до 90°. Слышимый или ощущаемый «щелчок» является признаком успешного вправления вывиха. Для создания достаточного рычага специалист, осуществляющий репозицию, должен находиться выше пациента [57]. В отечественной медицинской литературе данный способ известен как способ Kocher. Проведя информационный поиск, мы не смогли обнаружить каких-либо работ о вправлении вывиха бедра по оригинальной методике, принадлежащих E.T. Kocher. Некоторые отечественные авторы при описании данного способа используют двойной эпоним — «способ Allis–Kocher» [45].

*Гравитационная методика* была предложена L.A. Stimson в 1889 г. [58]. Пациента укладывают на живот, а пораженная конечность свободно свисает с края стола. Ассистент стабилизирует таз, в это время врач придает конечности положение сгибания в ТБС и КС под углом 90°, после чего прикладывает низводящее усилие на область голени, чуть дистальнее КС, пока вывих не вправится. Иногда, чтобы способствовать вправлению, приходится использовать ротационные движения. У методики есть недостатки, прежде всего, невозможность ее использования у больных с тяжелыми сопутствующими повреждениями. Методика Stimson приобрела в нашей стране популярность как «способ вправления вывиха бедра по Джанелидзе». Некоторые авторы предлагают использовать двойной термин «методика Stimson–Джанелидзе» [45], сам же Юстин Юлианович приписывал авторство данной методике Collin и модифицировавшему ее Colombot [59].

Большинство других способов являются модификациями описанных выше методов, направлены на усиление рычага вправления или более устойчивую фиксацию таза пациента путем создания дополнительных точек опоры или более рационального размещения ассистентов.

Предложенные способы с коррекцией последовательности манипуляций могут быть использованы и для вправления передних вывихов. При лонных вывихах сгибание бедра обычно невозможно, поскольку проксимальный отдел БК будет упираться в переднюю поверхность таза, в таких случаях необходимы тракция по оси и переразгибание бедра [60]. Запирательные вывихи рекомендуются устранять путем сгибания бедра, его приведения и наружной ротации. После отхождения головки БК от запирательного отверстия выполняют тракцию по оси [61].

Одним из ключевых моментов являются сроки устранения дислокации. По данным ряда авторов, при позднем вправлении вывиха возрастает

частота возникновения АНГБК [62, 63]. Некоторые исследователи при отсутствии тяжелых сочетанных повреждений рекомендуют осуществлять репозицию в условиях отделения неотложной помощи (приемного отделения) [63]. Другие авторы рекомендуют устранять дислокацию в приемном отделении, только если нет возможности незамедлительно подтвердить точную репозицию и оценить стабильность [47]. Вправление вывиха следует выполнять при полной мышечной релаксации под внутривенной или интубационной анестезией. А.К. Vommiasamy с соавторами изучили результаты вправления травматического вывиха у 67 больных, при этом 34 больным вывих вправляли под внутривенным наркозом, а 21 пострадавшему — под анестезией с интубацией и использованием миорелаксантов [64]. В первой группе у 12 больных неэффективность репозиции вынудила перейти на эндотрахеальную анестезию. Задержка с вправлением более 6 ч. явилась фактором риска неэффективности репозиции под внутривенным наркозом ( $p = 0,01$ ).

После вправления необходим контроль стабильности ТБС. Для этого бедро сгибают до  $90^\circ$ , прикладывают легкое усилие, направленное кзади, и осуществляют внутреннюю ротацию и отведение (при передних вывихах используют тракцию кпереди и наружную ротацию/приведение). При появлении ощущения подвывиха показано дальнейшее обследование для решения о выборе хирургического лечения или скелетного вытяжения. Контроль стабильности выполняется под общим обезболиванием [47, 65]. При наличии оскольчатого перелома вертлужной впадины или перелома ее задней стенки с фрагментом более 30% от общей поверхности контроль стабильности не показан, вывих с данными повреждениями считается первично нестабильным, в этих случаях показано оперативное лечение [47].

Удельный вес невправимых вывихов составляет от 2 до 15% [66]. При задних вывихах препятствовать вправлению могут грушевидная мышца, большая ягодичная мышца, капсула сустава, круглая связка, суставная губа или свободное внутрисуставное тело. При передних вывихах причиной невправления может являться пенетрация головкой БК капсулы сустава или интерпозиция прямой мышцей бедра, капсулой, суставной губой или поясничной мышцей [67]. Большинство авторов считают допустимым не более двух попыток закрытого вправления. Если вывих не устраняется, требуется urgentное открытое вправление [16, 45, 47]. При открытом вправлении необходимо стремиться к восстановлению всех поврежденных структур. По возможности до оперативного вмешательства следует сделать рентгенограммы в проекции Judet, входа и выхода из таза, а также

СКТ, которые могут дать важную информацию о сопутствующих повреждениях и возможных причинах неудачного вправления, которые могут напрямую повлиять на ход операции [47].

Выбор хирургического доступа зависит от направления смещения головки бедра. Задние вывихи обычно вправляют через доступ Kocher – Langenbeck [45, 63]. При невправимых передних вывихах используют передний (Smith – Petersen) или передне-боковой (Watson – Jones) доступ [63]. Прямой передний доступ позволяет лучше визуализировать повреждения передней поверхности ТБС и переломы головки бедра, передне-латеральный позволяет ревизовать и задние отделы сустава через один доступ по мере необходимости [66].

### *Дальнейшая тактика лечения*

Инконгруэнтность суставных поверхностей на контрольных рентгенограммах, а также подозрение на нее являются показанием к выполнению СКТ. Некоторые исследователи рекомендуют после вправления вывиха выполнять СКТ всем пациентам, чтобы исключить наличие свободных внутрисуставных тел и оценить ассоциированные повреждения костей и мягких тканей [4, 48]. Инконгруэнтность сустава в сочетании со свободными внутрисуставными костными или хрящевыми фрагментами является показанием к оперативному лечению [47]. В проспективном исследовании К. Karthik с соавторами изучили непосредственные результаты репозиции 117 вывихов I типа по классификации Thompson – Epstein и выявили признаки неконцентрического вправления у 12 (10%) пациентов, у 11 имелись признаки свободных внутрисуставных тел, у одного — интерпозиция поврежденной суставной губой [68]

В ряде случаев при наличии полной конгруэнтности на КТ визуализируется небольшой костный отломок — фрагмент головки БК, оторванный круглой связкой и находящийся в ацетабулярной ямке. Если этот фрагмент не интерпонируется между суставными поверхностями, его удаление не показано — в большинстве случаев он подвергнется резорбции [47, 65]. В момент травмы головка БК может форсированно соударяться о задний или передний край вертлужной впадины в зависимости от направления вывиха, и тогда возникает импакционный дефект ее хрящевой поверхности по аналогии с повреждением Hill – Sachs плечевой кости. Подобные дефекты наблюдаются с вариабельностью 15–63% от всех случаев вывиха бедра и ассоциированы с повышенным риском развития остеоартроза ТБС [69, 70]. Многие из этих повреждений невозможно визуализировать при помощи рутинных рентгенограмм, незаменимым помощником в подобных случаях является СКТ [69]. Тактика лечения импакционных повреждений

головки зависит от локализации, площади и глубины дефекта. Существует мнение, что импрессия суставной поверхности более чем на 4 мм ассоциирована с худшими функциональными результатами по сравнению с дефектами меньшей глубины [71]. В таких случаях показана мозаичная хондропластика или микрофрактурирование, при более мелких дефектах — консервативное лечение. Если головка признана невосстановимой, проводят артропластику сустава [69, 70].

В последнее время как для диагностики, так и для лечения все большее распространение получает артроскопия ТБС. Показаниями к ней являются ФАИ, патология суставной губы и наличие свободных внутрисуставных тел [72, 73]. Показания к артроскопии можно условно разделить на ранние (преимущественно удаление свободных внутрисуставных тел и восстановление хрящевой губы) и поздние (то же самое и оценка состояния хряща). По мнению D.M. Foulk и B.H. Mullis [65], артроскопия после вправления может быть использована как альтернатива артротомии при неконгруэнтном вправлении и вывихе, ассоциированном со стабильным переломом вертлужной впадины, не требующим открытой репозиции и внутренней фиксации, а также для диагностики свободных внутрисуставных тел или разрыва суставной губы. Артроскопия позволяет выявлять внутрисуставные фрагменты даже при отрицательных результатах других визуализирующих исследований [54, 74].

Методы восстановления хрящевой губы зависят от степени ее повреждения и наличия дегенеративных изменений. При наличии неизмененных тканей выполняется их восстановление, а выраженная дегенерация является показанием к иссечению. Решение о реконструкции часто принимается после динамического артроскопического исследования [72, 73]. Варианты лечения повреждений хряща включают дебридмент, хондропластику, микрофрактурирование, мозаичную пластику, имплантацию хондроцитов и парциальную резекцию. Главными преимуществами артроскопии являются малоинвазивный характер и широкие диагностические возможности. Тем не менее, все исследования, посвященные артроскопии после вправления вывиха бедра, ограничены описанием небольших серий случаев. Для определения роли и места артроскопии в лечебно-диагностическом процессе при вывихах бедра требуется проведение крупных проспективных и рандомизированных исследований для дальнейшего изучения результатов.

До недавнего времени после вправления вывиха всем пациентам предлагалось скелетное вытяжение в течение того или иного периода с последующим ограничением нагрузки на поврежденную

конечность на срок 4–6 нед. Предполагалось, что данный подход позволяет избежать рецидива вывиха, способствует регенерации мягких тканей и снижает риск дополнительной травматизации сустава благодаря исключению нагрузки массой тела [47]. Сейчас данная концепция пересматривается, поскольку согласно последним данным, недостатков ранней активизации пациента не выявлено, а длительная иммобилизация способствует формированию внутрисуставных адгезий и развитию остеоартроза [47]. Ранняя нагрузка на поврежденную конечность не считается противопоказанной пациентам, которые перенесли анатомичное вправление изолированного вывиха и у которых нет признаков нестабильности [29, 63]. Однако некоторые авторы все же рекомендуют накладывать скелетное вытяжение в остром периоде для купирования болевого синдрома [65, 66]. При ранней активизации следует предупредить пациентов о необходимости избегать сгибания бедра более 90° и внутренней ротации более 10° в течение 6 недель. Для достижения этого M. Rickman и L. Buchler считают необходимой частичную разгрузку поврежденной конечности с помощью костылей в течение 6 нед. [47]. Дальнейшая реабилитация должна быть направлена на укрепление мышц бедра и ТБС. Возврат к занятиям спортом и труду с высокой нагрузкой на нижнюю конечность рекомендуется не ранее чем через 6–12 нед., критерием является полное восстановление мышечной силы.

### Осложнения и последствия

Наиболее распространенным осложнением (около 10% от общего количества травматических вывихов) является повреждение нервов [63, 75]. Чаще повреждается седалищный нерв, в особенности его общая малоберцовая порция, которая на уровне бедра уже становится анатомически различимой и вследствие своих структурных и топографических особенностей гораздо более подвержена травматизации по сравнению с большеберцовой порцией [65, 75]. Клинически повреждение малоберцовой порции седалищного нерва проявляется потерей чувствительности по задней поверхности голени и стопы, невозможностью тыльного сгибания стопы и ее эквинусной установкой. H.C. Epstein сообщил о 53 повреждениях седалищного нерва в своей серии наблюдений, состоящей из 559 вывихов бедра, 15 из них произошли при неосложненных вывихах I типа [76]. Механизм повреждения седалищного нерва, как правило, связан с растяжением и компрессией нервного ствола сместившейся кзади головкой бедра, при этом анатомические его разрывы наблюдаются крайне редко [29, 45, 75]. Степень манифестации неврологической симптоматики в зависимости от продолжитель-

ности существования вывиха изучена в ретроспективном исследовании R.F. Hillyard и J. Fox (105 пациентов). У пострадавших, которым вывих был вправлен по неотложным показаниям в ближайшем учреждении неотложной помощи, степень выраженности неврологической симптоматики, оцениваемая по моторному дефициту, была значительно ниже, чем у тех, кто был доставлен без репозиции ( $p = 0,04$ ). У пациентов с выраженной неврологической симптоматикой репозиция после травмы была проведена существенно позже, чем у пострадавших с легким неврологическим дефицитом ( $p = 0,02$ ) [77]. Сроки восстановления функции нерва являются весьма переменными и зависят от продолжительности и степени его сдавления [25, 75, 76]. Полное или частичное восстановление функции нерва происходит у 60–70% пациентов [77]. По данным Н.С. Epstein, полный регресс неврологической симптоматики наблюдался у 64% пациентов, однако срок реабилитации варьировал от нескольких месяцев до нескольких лет [76]. Для диагностики и контроля восстановления функции нерва рекомендуется использовать электромиографическое исследование в динамике. Хирургическая ревизия нерва применяется редко. Одним из показаний к ней является невропатия, которая развилась после репозиции, возможно из-за сдавления нерва отломком при сочетанном переломе или его вовлечение в полость сустава [66]. Поскольку прогноз восстановления переменен, в прочих случаях хирургическую ревизию рекомендуется проводить спустя как минимум год с момента травмы [25].

Повреждения сосудов встречаются редко и в основном ассоциированы с передними вывихами [78, 79]. А. Hoffman с соавторами описали случай двустороннего асимметричного вывиха бедра с отсутствием пульсации на левой нижней конечности с передним вывихом. На экстренной компьютерной томографической ангиографии травматических повреждений магистральных сосудов нижних конечностей выявлено не было, после устранения вывиха пульсация восстановилась. Авторы подчеркивают важность оценки сосудистого статуса поврежденной конечности при первичном осмотре пострадавшего [78].

Рецидивирующие вывихи бедра составляют не более 2% от всех вывихов [76]. По мнению некоторых авторов, существуют факторы, способствующие рецидиву вывиха: дисплазия ТБС, обширные разрывы суставной капсулы, повреждения суставной губы и наружных ротаторов бедра [80]. Другие исследователи считают причиной релюкации ФАИ [81]. Однако все данные по рецидивным вывихам бедра представлены описанием отдельных случаев и небольших серий, и оценить доказательное влияние какого-либо фактора на их возник-

новение в настоящее время невозможно. Лечение рецидивирующих вывихов — только оперативное [45]. В.С. Carlson с соавторами описали 9 пациентов с повторным вывихом или сублюксацией бедра. Количество повторных вывихов до операции составляло от 1 до 7. Оперативное лечение заключалось в устранении всех структур, способствующих соударению на бедренной кости, в ряде случаев — в сочетании с обратной периацетабулярной остеотомией. Средний срок наблюдения составил 73,8 мес., рецидивов вывиха не наблюдалось [82].

Наиболее распространенным последствием травматического вывиха бедра является развитие посттравматического остеоартроза (ОА) ТБС, его частота колеблется от 24% при неосложненных вывихах до 88% при сочетанных тяжелых переломах вертлужной впадины [65]. По данным Р. Kellam и R.F. Ostrum, относительная частота развития ОА при передних вывихах бедра варьирует от 0,125 до 0,70, а при задних — от 0,194 до 0,586 [8]. В серии наблюдений из 426 вывихов Н.С. Epstein отметил признаки ОА в 23% случаев [76]. В ретроспективном исследовании J. Moreta с соавторами изучены результаты лечения 30 вывихов бедра, продолжительность наблюдения составляла в среднем 11 (4–17) лет. У всех пациентов с изолированными вывихами был зарегистрирован отличный результат без признаков развития ОА, у 9 пациентов с сочетанными переломами признаки ОА были выявлены в 4 (13,3%) случаях, при этом у 3 из них имелись свободные внутрисуставные тела [43].

Вторым по частоте негативным последствием травматического вывиха бедра является АНГБК. Данные исследований свидетельствуют о его корреляции с вправлением вывиха. К. Hougaard и Р.В. Thomsen наблюдали 98 пациентов, перенесших в общей сложности 100 задних вывихов бедра в течение 5 лет, и отметили, что после вправления в течение 6 ч. АНГБ развился в 4,8% случаев, спустя более 6 ч. — в 52,9% [83]. По данным тех же авторов, вывихи III и IV степеней по классификации Steward–Milford сопровождалась значительно более высокой распространенностью АНГБК, чем вывихи I и II степеней. На распространенность АНГБК не оказывали влияния скелетное вытяжение после репозиции и возраст пациентов. В метаанализе G. Ahmed с соавторами совокупное отношение шансов (ОШ) развития АНГБК при вправлении до 6 ч. и после составило 5,00 (96% ДИ: 1,30–19,29) [62]. В другом метаанализе отмечена более высокая относительная частота развития АНГБК при передних вывихах (от 0,087 до 0,333), чем при задних (от 0,106 до 0,430). Также выявлен более высокий риск развития АНГБК при репозиции задних и передних вывихов I и II степеней по классификации Thompson–Epstein после 12 ч. (ОШ 5,6) [8]. Частота развития АНГБК, как и ОА, коррелирует с типом

вывиха, составляя 6% при задних вывихах I и II типов и превышая 50% при вывихах III и IV типов [83]. В исследовании A. Dwyer с соавторами АНГБК возник у 8 из 17 пациентов с задними вывихами III и IV типов, в то время как у 13 пациентов с вывихами I и II типов был зарегистрирован всего один случай развития АНГБ [22].

Гетеротопическая оссификация в основном развивается при тяжелых повреждениях с сопутствующими переломами, несмотря на профилактическое применение индометацина [84]. При изолированном вывихе гетеротопическая оссификация обычно бывает слабо выражена, клинически значимые оссификаты встречается редко [45].

### Профилактика

Специфической профилактики травматических вывихов бедра не существует. Для предотвращения осложненных травматических вывихов бедра рекомендуется использовать ремни безопасности в автомобиле. V. Sahin с соавторами в своем ретроспективном исследовании установили, что у пациентов, которые не пристегивали ремень, наблюдались более серьезные повреждения по сравнению с лицами, которые пользовались ремнем безопасности [85].

### Заключение

Результаты современных исследований свидетельствуют о важности ранней диагностики ассоциированных с вывихом повреждений тазобедренного сустава и околоуставных тканей. Решающее значение для благоприятных исходов имеет раннее и комплексное устранение всех имеющихся повреждений. Ряд лечебно-диагностических модальностей, в первую очередь артроскопия, демонстрируют оптимистичные результаты, но нуждаются в дальнейшем изучении. Основными неблагоприятными отдаленными последствиями вывихов бедра являются коксартроз и АНГБК. Факторами риска развития этих осложнений являются позднее вправление и сочетание вывихов с переломами вертлужной впадины. Влияние других факторов (гендерных, возрастных, сопутствующих повреждений и коморбидности) остается неизученным.

### Литература [References]

- Arvidsson I. The hip joint: forces needed for distraction and appearance of the vacuum phenomenon. *Scand J Rehabil Med.* 1990;22(3): 157-161.
- Fairbairn K.J., Mulligan M.E., Murphey M.D., Resnik C.S. Gas bubbles in the hip joint on CT: an indication of recent dislocation. *AJR Am J Roentgenol.* 1995;164(4):931-934. doi: 10.2214/ajr.164.4.7726051.
- Wagner F.V., Negrao J.R., Campos J., Ward R.S., Haghghi P., Trudell D.J. et al. Capsular ligaments of the hip: anatomic, histologic, and positional study in cadaveric specimens with MR arthrography. *Radiology.* 2012; 263(1):189-198. doi: 10.1148/radiol.12111320.
- Goulet J.A. Hip dislocations. In: Browner B.D., Jupiter J.B., Krettek C., Anderson P.A., (eds.) *Skeletal trauma: basic science, management, and reconstruction.* 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia, Pa: Elsevier; 2015. p. 1565-1595.
- Cerezal L., Kassarjian A., Canga A. Dobado M.C., Montero J.A., Llopis E. et al. Anatomy, Biomechanics, Imaging, and Management of Ligamentum Teres Injuries. *RadioGraphics.* 2010;30(6):1637-1651. doi: 10.1148/rg.306105516.
- Darren S.A., de Phillips M., Philippon M.J., Letkemann S., Simunovic N., Ayeni O.R. Ligamentum teres injuries of the hip: a systematic review examining surgical indications, treatment options, and outcomes. *Arthroscopy.* 2014;30(12):1634-1641. doi: 10.1016/j.arthro.2014.06.007.
- Philippon M.J., Kuppersmith D.A., Wolff A.B., Briggs K.K. Arthroscopic findings following traumatic hip dislocation in 14 professional athletes. *Arthroscopy.* 2009;25(2):169-174. doi: 10.1016/j.arthro.2008.09.013.
- Kellam P., Ostrum R.F. Systematic Review and Meta-Analysis of Avascular Necrosis and Posttraumatic Arthritis After Traumatic Hip Dislocation. *J Orthop Trauma.* 2016;30(1):10-16. doi: 10.1097/BOT.0000000000000419.
- Gautier E., Ganz K., Krügel N., Gill T., Ganz R. Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(5):679-683. doi: 10.1302/0301-620x.82b5.10426.
- Ehlinger M., Moser T., Adam P., Bierry G., Gangi A., Mathelin de M. et al. Early prediction of femoral head avascular necrosis following neck fracture. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011;97(1):79-88. doi: 10.1016/j.otsr.2010.06.014.
- Rosenthal R.E., Coker W.L. Posterior fracture-dislocation of the hip: an epidemiologic review. *J Trauma.* 1979;19(8):572-581. doi: 10.1097/00005373-197908000-00005.
- Pietrafesa C.A., Hoffman J.R. Traumatic dislocation of the hip. *JAMA.* 1983;249(24):3342-3346. doi: 10.1001/jama.1983.03330480048029.
- Meena R.K., Singh A.M., Singh C.A., Chisti S., Kumar A.G., Langshong, R. Pattern of Fractures and Dislocations in a Tertiary Hospital in North-East India. *Internet J Epidemiol.* 2013;11:1-5. Available from: <http://ispub.com/IJE/11/1/1444>.
- Nabian M.H., Zadegan S.A., Zanjani L.O., Mehrpour S.R. Epidemiology of Joint Dislocations and Ligamentous/Tendinous Injuries among 2,700 Patients: Five-year Trend of a Tertiary Center in Iran. *Arch Bone Jt Surg.* 2017;5(6):426-434. doi: 10.22038/ABJS.2017.18370.1470.
- Lima L.C., do Nascimento R.A., de Almeida V.M.T., Façanha Filho F.A.M. Epidemiology of traumatic hip dislocation in patients treated in Ceará, Brazil. *Acta Ortop Bras.* 2014;22(3):151-154. doi: 10.1590/1413-78522014220300883.
- Babalola R.O., Laiyemo E.A., Audu S.S., Alatishe K.A., Ijezie C.N. Traumatic Hip Dislocations in an Orthopedic Center in Lagos. *Niger Med J.* 2018;59(2):20-23. doi: 10.4103/nmj.NMJ\_139\_18.
- Al-Bahloul A.M., Bubshait D.A., Sadat-Ali M. Outcome of traumatic hip dislocation. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2009;15(5):463-466.
- Pallia C.S., Scott R.E., Chao D.J. Traumatic hip dislocation in athletes. *Curr Sports Med Rep.* 2002;1(6): 338-345. doi: 10.1249/00149619-200212000-00007.

19. Chudik S., Allen A., Lopez V., Warren R.F. Hip dislocations in athletes. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2002;10:123-133.
20. Chigblo P., Tidjani I.F., Lawson E., Hans-Moevi A. Traumatic hip dislocation in Cotonou. *J Orthop.* 2016;13(4):268-271. doi: 10.1016/j.jor.2016.06.006.
21. Лебедев В.Ф., Виноградов В.Г., Редков С.Н., Сонголов Г.И., Галеева О.П., Дмитриева Л.А. и др. Остеонекроз головки бедренной кости после травматического вывиха, полученного в результате дорожно-транспортного происшествия. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН.* 2011;4(80):107-109. Lebedev V.F., Vinogradov V.G., Redkov S.N., Songolov G.I., Galeeva O.P. et al. [Osteonecrosis of femoral head after traumatic dislocation caused by traffic Accident]. *Bulleten' VSNC SO RAMN* [Bulletin of the East Siberian Scientific Center]. 2011;4(80):107-109. (In Russian).
22. Dwyer A.J., John B., Singh S.A., Mam M.K. Complications after posterior dislocation of the hip. *Int Orthop.* 2006;30(4):224-227. doi: 10.1007/s00264-005-0056-9.
23. Duygulu F., Karaoglu S., Kabak S., Karahan O.I. Bilateral obturator dislocation of the hip. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003;123(1):36-38. doi: 10.1007/s00402-002-0450-3.
24. Cobar A., Cahueque M., Bregni M., Altamirano M. An unusual case of traumatic bilateral hip dislocation without fracture. *J Surg Case Rep.* 2017 11;2017(5):rjw180. doi: 10.1093/jscr/rjw180.
25. Levin P. Hip dislocations. In: Browner B.D., Jupiter J.B., Levine A.M., Trafton P.G., (eds.) *Skeletal Trauma.* Philadelphia: W.B. Saunders; 1992. p. 1329-1367.
26. Alonge T.O., Ogunlade S.O., Idowu O.E.. Traumatic dislocation of the hip joint-pattern and management in a tropical African population. *West Afr J Med.* 2002;21(4):288-290. doi: 10.4314/wajm.v21i4.28000.
27. Dreinhöfer K.E., Schwarzkopf S.R., Haas N.P., Tschern H. Isolated traumatic dislocation of the hip. Long-term results in 50 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76(1):6-12. doi: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.76B1.8300683>.
28. Calisir C., Fishman E.K., Carrino J.A., Fayad L.M. Fracture-dislocation of the hip: what does volumetric computed tomography add to detection, characterization, and planning treatment? *J Comput Assist Tomogr.* 2010;34(4):615-620. doi: 10.1097/RCT.0b013e3181d344fb.
29. Clegg T.E., Roberts C.S., Greene J.W., Prather B.A. Hip dislocations: epidemiology, treatment, and outcomes. *Injury.* 2010;41(4):329-334. doi: 10.1016/j.injury.2009.08.007.
30. Hak D.J., Goulet J.A. Severity of injuries associated with traumatic hip dislocation as a result of motor vehicle collisions. *J Trauma.* 1999;47(1):60-63. doi: 10.1097/00005373-199907000-00014.
31. Cooper J., Tilan J., Rounds A.D., Rosario S., Inaba K., Marecek G.S. Hip dislocations and concurrent injuries in motor vehicle collisions. *Injury.* 2018;49(7):1297-1301. doi: 10.1016/j.injury.2018.04.023.
32. Funsten R.V., Kinser P., Frankel C.J. Dashboard dislocations of the hip: A report of twenty cases of traumatic dislocation. *J Bone Joint Surg.* 1938;20:124-132.
33. Monma H., Sugita T. Is the mechanism of traumatic posterior dislocation of the hip a brake pedal injury rather than a dashboard injury? *Injury.* 2001;32(3):221-222. doi: 10.1016/s0020-1383(00)00183-2.
34. Буачидзе О.Ш., Оноприенко Г.А., Волошин В.П., Зубиков В.С. Хирургия тазобедренного сустава. Москва: Медицина; 2002. с. 20-26. Buachidze O.Sh., Onoprienko G.A., Voloshin V.P., Zubikov V.S. *Hirurgija tazobedrennogo sustava* [Surgery of the Hip Joint]. Moscow: Medicine; 2002. p. 20-26.
35. Henle P., Kloen P., Siebenrock K.A. Femoral head injuries: Which treatment strategy can be recommended? *Injury.* 2007;38(4):478-488. doi: 10.1016/j.injury.2007.01.023.
36. Admani A., Gakuya E. Anterior superior dislocation of the hip joint: A report of 3 cases and review of the literature. *East Afr Orthop J.* 2014;8(2):71-75.
37. Upadhyay S.S., Moulton A., Burwell R.G. Biological factors predisposing to traumatic posterior dislocation of the hip. A selection process in the mechanism of injury. *J Bone Joint Surg Br.* 1985;67:232-236.
38. Berkes M.B., Cross M.B., Shindle M.K., Bedi A., Kelly B.T. Traumatic posterior hip instability and femoroacetabular impingement in athletes. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2012;41(4):166-171.
39. Steppacher S.D., Albers C.E., Siebenrock K.A., Tannast M., Ganz R. Femoroacetabular impingement predisposes to traumatic posterior hip dislocation. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(6):1937-1943. doi: 10.1007/s11999-013-2863-4.
40. Thompson V.P., Epstein H.C. Traumatic dislocation of the hip; a survey of two hundred and four cases covering a period of twenty-one years. *J Bone Joint Surg Am.* 1951;33-A (3):746-778.
41. Stewart M.J., Milford L.W. Fracture-dislocation of the hip; an end-result study. *J Bone Joint Surg Am.* 1954;36(A:2):315-342.
42. Epstein H.C., Wiss D.A. Traumatic anterior dislocation of the hip. *Orthopedics.* 1985;8(1):130, 132-134.
43. Moreta J., Foruria X., Sánchez A., Aguirre U. Prognostic Factors After a Traumatic Hip Dislocation. A Long-Term Retrospective Study. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2017;61(6):367-374. doi: 10.1016/j.recot.2017.07.007.
44. Goddard N.J. Classification of traumatic hip dislocation. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;(377):11-14. doi: 10.1097/00003086-200008000-00004.
45. Гиршин С.Г., Лазишвили Г.Д., Дубров В.Э. Вывихи и переломо-вывихи бедра в Повреждения и заболевания мышц, сухожилий и связок. Москва: ООО «Авторская книга»; 2013. с. 181-187. Girshin S.G., Lazishvili G.D., Dubrov V.E. Dislocations and fracture-dislocations of the hip. In: *Povrezhdeniya i zabolevaniya myshc, suhozhiлий i svyazok* [Injuries and disorders of muscles, tendons and ligaments]. Moscow: «Avtorskaja Kniga», 2013. p. 181-187. (in Russian).
46. Brooks R.A., Ribbans W.J. Diagnosis and imaging studies of traumatic hip dislocations in the adult. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;(377):15-23. doi: 10.1097/00003086-200008000-00005.
47. Rickman M., Buchler L. Traumatic hip dislocations. In: Buchler L., Keel M.J.B., (eds.) *Fractures of the Hip.* Switzerland, Pa: Springer; 2019. p. 95-103.
48. Mandell J.C., Marshall R.A., Weaver M.J., Harris M.B., Sodickson A.D., Khurana B. Traumatic Hip Dislocation: What the Orthopedic Surgeon Wants to Know. *Radiographics.* 2017;37(7):2181-2201. doi: 10.1148/rg.2017170012.
49. Borrelli J. Jr., Ricci W.M., Steger-May K., Totty W.G., Goldfarb C. Postoperative Radiographic Assessment of Acetabular Fractures: A Comparison of Plain Radiographs and CT Scans. *J Orthop Trauma.* 2005;19(5):299-304.
50. Gakuu L.N. An unstable fracture dislocation of the hip due to an occult free intra-articular fragment: case report. *East Afr Med J.* 1996;73(9):625-626.
51. Baird R.A., Schobert W.E., Pais M.J., Ahmed M., Wilson W.J., Farjalla G.L. et al. Radiographic identification of loose bodies in the traumatized hip joint. *Radiology.* 1982;145(3):661-665. doi: 10.1148/radiology.145.3.7146393.

52. Ebraheim N.A., Savolaine E.R., Skie M.C., Hoeflinger M.J. Soft-tissue window to enhance visualization of entrapped osteocartilaginous fragments in the hip joint. *Orthop Rev.* 1993;22(9):1017-1021.
53. Laorr A., Greenspan A., Anderson M.W., Moehring H.D., McKinley T. Traumatic hip dislocation: early MRI findings. *Skeletal Radiol.* 1995;24(4):239-245. doi: 10.1007/BF00198406.
54. Mandell J.C., Marshall R.A., Banffy M.B., Khurana B., Weaver M.J. Arthroscopy After Traumatic Hip Dislocation: A Systematic Review of Intra-articular Findings, Correlation With Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography, Treatments, and Outcomes. *Arthroscopy.* 2018;34(3):917-927. doi: 10.1016/j.arthro.2017.08.295.
55. Potter H.G., Montgomery K.D., Heise C.W., Helfet D.L. MR imaging of acetabular fractures: value in detecting femoral head injury, intraarticular fragments, and sciatic nerve injury. *AJR Am J Roentgenol.* 1994;163(4):881-886. doi: 10.2214/ajr.163.4.8092028.
56. Waddell B.S., Mohamed S., Glomset J.T., Meyer M.S. A detailed review of hip reduction maneuvers: a focus on physician safety and introduction of the Waddell technique. *Orthop Rev (Pavia).* 2016 21;8(1):6253. doi: 10.4081/or.2016.6253.
57. Allis O.H. *The Hip.* Philadelphia, PA: Dorman Printer; 1895. p.14-26.
58. Stimson L.A. Five cases of dislocation of the hip. *NY Med J.* 1889;50:118-121.
59. Джанелидзе Ю.Ю. Вывихи тазобедренного сустава и их вправление при положении больного на животе. Собр. соч. : в 5 т. Москва: Изд-во АМН СССР; 1953. Т. 5. с. 9-20. Dzhanelidze Ju.Ju. [Dislocations of the hip and their reduction in the prone position]. In: Collected works in 5 vol. Moscow: Academy of Medical Sciences of the USSR; 1953. Vol. 5. p. 9-20. (in Russian).
60. Poelsky P.E., Poelsky F.A. Intrapelvic dislocation of the femoral head following anterior dislocation of the hip: a case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54(5):1097-1098.
61. Toms A.D., Williams S., White S.H. Obturator dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83(1):113-115. doi: 10.1302/0301-620x.83b1.10289.
62. Ahmed G., Shiraz S., Riaz M., Ibrahim T. Late versus early reduction in traumatic hip dislocations: a meta-analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2017;27(8):1109-1116. doi: 10.1007/s00590-017-1988-7.
63. Beebe M.J., Bauer J.M., Mir H.R. Treatment of Hip Dislocations and Associated Injuries: Current State of Care. *Orthop Clin North Am.* 2016;47(3):527-49. doi: 10.1016/j.ocl.2016.02.002.
64. Bommasamy A.K., Opel D., McCallum R., Yonge J.D., Perl V.U., Connelly C.R. et al. Conscious sedation versus rapid sequence intubation for the reduction of native traumatic hip dislocation. *Am J Surg.* 2018;216(5):869-873. doi: 10.1016/j.amjsurg.2018.02.023.
65. Foulk D.M., Mullis B.H. Hip dislocation: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(4):199-209. doi: 10.5435/00124635-201004000-00003.
66. Tornetta P.3<sup>rd</sup>, Mostafavi H. Hip Dislocation: Current Treatment Regimens. *J Am Acad Orthop Surg.* 1997;5(1): 27-36. doi: 10.5435/00124635-199701000-00004.
67. Uzel A-P., Bertino R., Daculsi G., Laflamme G.Y. Irreducible traumatic posterior hip dislocation with entrapment and a buttonhole effect. *Chin J Traumatol.* 2011;14(6):367-370.
68. Karthik K., Sundararajan S.R., Dheenadhayalan J., Rajasekaran S. Incongruent Reduction Following Post-Traumatic Hip Dislocations as an Indicator of Intra-Articular Loose Bodies: A Prospective Study of 117 Dislocations. *Indian J Orthop.* 2011;45(1):33-38. doi: 10.4103/0019-5413.73650.
69. Bastian J.D., Turina M., Siebenrock K.A., Keel M.J.B. Long-term outcome after traumatic anterior dislocation of the hip. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(9):1273-1278. doi: 10.1007/s00402-011-1299-0.
70. Yaari L.S., Kadar A., Shemesh S., Haviv B., Leslie M.P. Medium-term outcome and classification of traumatic anterior hip dislocations. *Hip Int.* 2020 May 29. doi: 10.1177/1120700020918868. Online ahead of print.
71. De Lee J.C., Evans J.A., Thomas J. Anterior dislocation of the hip and associated femoral-head fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(6):960-964.
72. Newman J.T., Saroki A.J., Philippon M.J. Hip arthroscopy for the management of trauma: a literature review. *J Hip Preserv Surg.* 2015;2(3):242-248. doi: 10.1093/jhps/hnv047.
73. Ross J.R., Larson C.M., Bedi A. Indications for Hip Arthroscopy. *Sports Health.* 2017;9(5):402-413. doi: 10.1177/1941738117712675.
74. Ilizaliturri V.M. Jr, Gonzalez-Gutierrez B., Gonzalez-Ugalde H., Camacho-Galindo J. Hip arthroscopy after traumatic hip dislocation. *Am J Sports Med.* 2011;39 Suppl:50S-57S. doi: 10.1177/0363546511411642.
75. Cornwall R., Radomisli T.E. Nerve injury in traumatic dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;(377): 84-91. doi: 10.1097/00003086-200008000-00012.
76. Epstein H.C. Traumatic dislocations of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1973;(92):116-142. doi: 10.1097/00003086-197305000-00011.
77. Hillyard R.F., Fox J. Sciatic nerve injuries associated with traumatic posterior hip dislocations. *Am J Emerg Med.* 2003;21(7):545-548. doi: 10.1016/j.ajem.2003.08.014.
78. Hoffman A., Taylor B.C. Asymmetric Bilateral Hip Dislocations with a Pulseless Left Lower Extremity: A Case Report. *JBJS Case Connect.* 2019;9(4):e0479. doi: 10.2106/JBJS.CC.18.00479.
79. Amendola L., Orlandi P.E., Tigani D. Neglected pulmonary thromboembolism in a traumatic anterior hip dislocation: A case report. *J Clin Orthop Trauma.* 2019;10(Suppl 1):S197-S200. doi: 10.1016/j.jcot.2019.02.005.
80. Lieberman, J.R., Altchek, D.W., Salvati, E.A. Recurrent dislocation of a hip with a labral lesion: treatment with a modified Bankart-type repair. Case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(10):1524-1527. doi: 10.2106/00004623-199310000-00013.
81. Leclerc J-T., Belzile E.L. Recurrent Posterior Hip Dislocations on a Cam-Type Femoroacetabular Impingement: A Case Report. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(7):2325967118783671. doi: 10.1177/2325967118783671.
82. Carlson B.C., Desy N.M., Johnson J.D., Trousdale T.R., Leunig M. Ganz R. et al. Modern Surgical Treatment of Recurrent Posterior Dislocation of the Native Hip. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100(12):1056-1063. doi: 10.2106/JBJS.17.01170.
83. Hougaard K., Thomsen P.B. Traumatic posterior dislocation of the hip: prognostic factors influencing the incidence of avascular necrosis of the femoral head. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1986;106(1):32-35. doi: 10.1007/BF00435649.

84. Mitsionis G.I., Lykissas M.G., Motsis E., Mitsiou D., Gkiatas I., Xenakis T.A. et al. Surgical management of posterior hip dislocations associated with posterior wall acetabular fracture: a study with a minimum follow-up of 15 years. *J Orthop Trauma*. 2012;26(8):460-465. doi: 10.1097/BOT.0b013e31822c4d6c.
85. Sahin V., Karakaş E.S., Aksu S., Atlihan D., Turk C.Y., Halici M. Traumatic dislocation and fracture-dislocation of the hip: a long-term follow-up study. *J Trauma*. 2003;54(3):520-529. doi: 10.1097/01.TA.0000020394.32496.52.

---

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Березин Павел Андреевич* — студент 6-го курса педиатрического факультета, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск, Россия  
e-mail: medicinehead@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8777-2596>

*Брагина Светлана Валентиновна* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и ВХ, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск, Россия  
e-mail: svetabragina69@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0900-4572>

*Петрушин Александр Леонидович* — канд. мед. наук, заведующий хирургическим отделением, ГБУЗ АО «Карпогорская центральная районная больница», п. Карпогоры, Архангельская обл., Россия  
e-mail: petrushin.59@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3246-7452>

---

**AUTHORS' INFORMATION:**

*Pavel A. Berezin* — Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia  
e-mail: medicinehead@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8777-2596>

*Svetlana V. Bragina* — Cand. Sci. (Med.), Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia  
e-mail: svetabragina69@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0900-4572>

*Alexander L. Petrushin* — Cand. Sci. (Med.), Karpogory Central District Hospital, Russia, Arkhangelsk Region, Karpogory, Russia  
e-mail: petrushin.59@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3246-7452>

**Заявленный вклад авторов**

*Березин П.А.* — разработка концепции и дизайна исследования, координация участников исследования, подготовка обзора литературы, сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста.

*Брагина С.В.* — анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста, редактирование;

*Петрушин А.Л.* — анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста, редактирование.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ВЯЧЕСЛАВ ФЕДОРОВИЧ КОРШУНОВ

### 1939–2021

13 июня 2021 г. ушел из жизни Вячеслав Федорович Коршунов — доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова.

Вячеслав Федорович родился в 1939 г., в сложный предвоенный период. В 1964 г. он окончил лечебный факультет 1-го Московского медицинского института им. И.М. Сеченова (1-й МОЛМИ) и по направлению в течение трех лет работал хирургом. В дальнейшем этот хирургический опыт позволил ему стать специалистом широкого профиля. С 1967 г. началась его профессиональная деятельность, связанная с кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии 2-го Московского государственного медицинского института им. Пирогова (МОЛГМИ). Вячеслав Федорович начал путь на кафедре с обучения в ординатуре, затем поступил в аспирантуру, а в 1972 г. был принят на должность ассистента.

В 1974 г. он с успехом защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Лечение застарелых вывихов и переломовывихов пальцев кисти», а через 10 лет защитил докторскую диссертацию «Лечение повреждений и последствий повреждений кисти методом дистракции». Работа была высоко оценена в научных кругах и признана лучшей научной работой 1984 г.

С 1985 г. он возглавил направление научной и методической работы в уникальном отделении хирургии кисти, 50-летний юбилей которого отметили в 2020 г. За разработку чрескостного остеосинтеза и реконструктивных операций в хирургии кисти Вячеслав Федорович в 1987 г. стал лауреатом Государственной премии СССР.



Всю свою жизнь он оставался верным традициям кафедры, продолжив работать до конца своих дней на должности профессора, занимаясь со студентами, ординаторами и аспирантами. За свою более чем полувековую на кафедре он опубликовал 530 научных работ, получил 3 авторских свидетельства. Под его руководством было выполнено 12 диссертационных работ. До конца дней он являлся ответственным за клиническую работу в отделении кисти ГКБ № 4 г. Москвы.

Профессор Вячеслав Федорович Коршунов всегда спешил делать добро. Он задал вектор развития хирургии кисти. Он постоянно проводил консультации пациентов, приезжающих лично к нему со всех уголков России, выполнил огромное число сложных реконструктивных операций с отличными функциональными результатами.

*Сотрудники РНИМУ им. Н.И. Пирогова, коллектив кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии скорбят о потере и выражают соболезнование близким Вячеслава Федоровича.*

*Редакция журнала присоединяется к соболезнованиям наших коллег.*