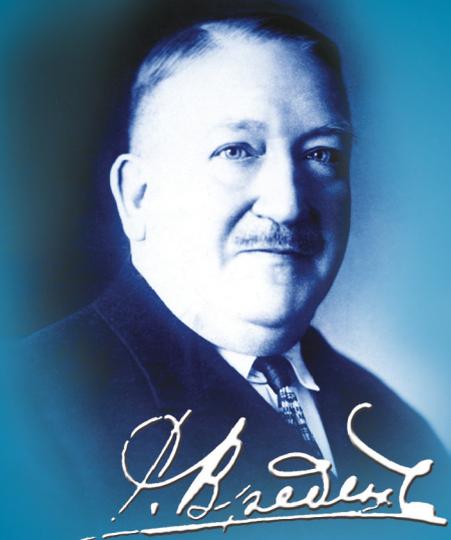


ISSN 2311-2905 (print)
ISSN 2542-0933 (online)



ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

2021 • Т. 27 • № 3

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

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 3, 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. Baindurashvili – 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.)

(Tsiyvan 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. Khomeinets – 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.

Editor: I.V. Kolesnikova

Computer layout: S.V. Gavrilova



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, № 3, 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)

Мурyleв 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@niiito.org

<https://journal.niiito.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.

Редактор Колесникова И.В.

Технический редактор Гаврилова С.В.



CONTENTS

EDITORIAL	7	NEW TECHNIQUES IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS	
CLINICAL STUDIES		Zadneprovskiy N.N., Ivanov P.A., Nevedrov A.V. Palisade Technique — the New Method for Open Reduction of Pelvic Fractures	94
Egorov K.S., Strizheletsky V.V., Ivanov I.G., Neverov V.A., Siverskaya N.V., Besaev A.G. Treatment of Proximal Femoral Fractures in Patients with COVID-19	9	CASE REPORTS	
Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnykin I.Yu., Baskov V.E., Baskaeva T.V., Poznovich M.S. Evaluation of Radiological Parameters of the Spino-Pelvic Complex in Children with Hip Subluxation in Legg-Calve-Perthes Disease	19	Zykin A.A., Gerasimov S.A., Morozova E.A. Custom Made Implant in Revision Knee Arthroplasty with AORI 3 Bone Defect: a Case Report	101
Belenkiy I.G., Maiorov B.A., Kochish A.Yu., Sergeev G.D., Savello V.E., Tul'chinskii A.E., Refitskii Yu.V., Isaev M.V. Unstable Fractures Osteosynthesis of Malleoli and Posterior Edge of the Tibia Using Posterolateral Surgical Approach	29	Kaplunov O.A., Demkin S.A., Abdullaev K.F., Kaplunov K.O. Hypotrophic Clavicle Pseudoarthrosis Treatment: a Case Report	111
Fil A.S., Antipov A.P., Kulyba T.A., Kornilov N.N. Whether the Partial Knee Arthroplasty is Worthwhile: Estimation of Orthopedic Surgeons from Large Arthroplasty Center	43	ARTHOROPLASTY REGISTRY REPORTS	
Nikolaev N.S., Pchelova N.N., Preobrazhenskaya E.V., Nazarova V.V., Dobrovol'skaya N.Yu. "Unexpected" Infections in Revision Arthroplasty for Aseptic Loosening	56	Shubnyakov I.I., Riahi A., Denisov A.O., Korytkin A.A., Aliyev A.G., Veber E.V., Muravyeva Yu.V., Sereda A.P., Tikhilov R.M. The Main Trends in Hip Arthroplasty Based on the Data in the Vreden's Arthroplasty Register from 2007 to 2020	119
Markova T.V., Kenis V.M., Melchenko E.V., Sparber P.A., Petukhova M.S., Bychkov I.O., Nagornova T.S., Shatokhina O.L., Dadali E.L. Clinical, Genetic and Orthopedic Characteristics of Desbuquois Dysplasia	71	HISTORY OF MEDICINE	
TRAUMA AND ORTHOPEDIC CARE		Zolotov A.S., Berezin P.A., Sidorenko I.S. Mallet Fracture: I.F. Busch Fracture, W. Busch Fracture or P. Segond Fracture?	143
Sereda A.P., Kochish A.A., Cherny A.A., Antipov A.P., Aliyev A.G., Veber E.V., Vorontsova T.N., Bozhkova S.A., Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M. Epidemiology of Hip And Knee Arthroplasty and Periprosthetic Joint Infection in Russian Federation.....	84	REVIEWS	
		Pashkova E.A., Sorokin E.P., Fomichev V.A., Konovalchuk N.S., Demyanova K.A. Surgical Treatment of Osteochondral Lesions of the Talar Dome: Review.....	149
		Shinkevich A.E., Khominets V.V., Abolin A.B., Kulik N.G., Kotov V.I. The Hoffa Fracture: Review	162
		Gurazhev M.B., Baitov V.S., Gavrilov A.A., Pavlov V.V., Korytkin A.A. Methods of the Tibia Bone Defect Management in Primary Knee Arthroplasty: Systematic Review	173
		LETTERS TO EDITOR	
		Correction to the article Korytkin A.A. et al. "Minimally Invasive Approaches for Total Hip Arthroplasty: Systematic Review"	189

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА	7	НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ	
КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ		Заднепровский Н.Н., Иванов П.А., Неведров А.В.	
Егоров К.С., Стрижелецкий В.В., Иванов И.Г., Неверов В.А., Сиверская Н.В., Бесаев А.Г.		«Заборчик» (palisade technique) — новый способ открытой репозиции переломов костей таза	94
Лечение пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости в сочетании с коронавирусной инфекцией COVID-19	9	СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ	
Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздников И.Ю., Басков В.Е., Баскаева Т.В., Познович М.С.		Зыкин А.А., Герасимов С.А., Морозова Е.А.	
Оценка рентгенологических показателей позвоночно-тазового комплекса у детей с подвывихом бедра при болезни Легга – Кальве – Пертеса	19	Применение индивидуального имплантата при ревизионном эндопротезировании коленного сустава с костным дефектом типа 3 по AORI: клинический случай... 101	
Беленький И.Г., Майоров Б.А., Кочиш А.Ю., Сергеев Г.Д., Савелло В.Е., Тульчинский А.Э., Рефицкий Ю.В., Исаев М.В.		Каплунов О.А., Демкин С.А., Абдуллаев К.Ф., Каплунов К.О.	
Остеосинтез нестабильных переломов лодыжек и заднего края большеберцовой кости из заднелатерального хирургического доступа	29	Лечение гипотрофического псевдоартроза ключицы: клинический случай	111
Филь А.С., Антипов А.П., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н.		ДАнные РЕГИСТРА ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ СУСТАВОВ	
Целесообразна ли частичная артропластика коленного сустава: мнения ортопедов крупного центра эндопротезирования	43	Шубняков И.И., Риахи А., Денисов А.О., Корыткин А.А., Алиев А.Г., Вебер Е.В., Муравьева Ю.В., Серeda А.П., Тихилов Р.М.	
Николаев Н.С., Пчелова Н.Н., Преображенская Е.В., Назарова В.В., Добровольская Н.Ю.		Основные тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2020 г.	119
«Неожиданные» инфекции при асептических ревизиях	56	ИСТОРИЯ МЕДИЦИНЫ	
Маркова Т.В., Кенис В.М., Мельченко Е.В., Спарбер П.А., Петухова М.С., Бычков И.О., Нагорнова Т.С., Шатохина О.Л., Дадали Е.Л.		Золотов А.С., Березин П.А., Сидоренко И.С.	
Клинико-генетические и ортопедические характеристики дисплазии Дебукуа	71	Mallet fracture: перелом И.Ф. Буша, перелом W. Busch или перелом P. Segond?	143
ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАВМАТОЛОГО-ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ		ОБЗОРЫ	
Серeda А.П., Кочиш А.А., Черный А.А., Антипов А.П., Алиев А.Г., Вебер Е.В., Воронцова Т.Н., Божкова С.А., Шубняков И.И., Тихилов Р.М.		Пашкова Е.А., Сорокин Е.П., Фомичев В.А., Коновальчук Н.С., Демьянова К.А.	
Эпидемиология эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов и перипротезной инфекции в Российской Федерации	84	Хирургические методы лечения остеохондральных повреждений блока таранной кости: обзор литературы.....	149
		Шинкевич А.Е., Хоминец В.В., Аболин А.Б., Кулик Н.Г., Котов В.И.	
		Перелом Гоффа: обзор иностранной литературы	162
		Гуражев М.Б., Баитов В.С., Гаврилов А.Н., Павлов В.В., Корыткин А.А.	
		Методы замещения костного дефицита большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава: систематический обзор литературы	173
		ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ	
		Исправление к статье Корыткина А.А. с соавт. «Малоинвазивные доступы, применяемые при эндопротезировании тазобедренного сустава: систематический обзор»	189

Уважаемые читатели, дорогие друзья!

Хочется вместе с Вами порадоваться нашим успехам. За прошедший год существенно улучшились наукометрические показатели Журнала: по итогам 2020 г. мы располагаемся на 99-м месте среди всех 606 научных медицинских журналов (в 2019 г. мы были на 132 месте). Значительно вырос двухлетний и пятилетний импакт-фактор: с 1,432 до 1,588 и с 1,01 до 1,27 соответственно. Существенно улучшился показатель в рейтинге SCIENCE INDEX, который составляет 0,994 в сравнении с 0,619 в прошлом году. Всего этого удалось достигнуть благодаря, прежде всего, Авторам, которые представили свои исследования, выполненные на высоком научном уровне, и, конечно же, Рецензентам, роль которых в объективной оценке работ, конструктивных замечаниях и пожеланиях трудно переоценить. Надеюсь, наша совместная работа позволит в будущем сделать Журнал еще более интересным и полезным.

В третьем номере представлены статьи по широкому кругу проблем. Обращают на себя внимание два больших исследования, созвучных по своей тематике — эпидемиология первичного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов, включая информацию по перипротезной инфекции, а также тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава по данным регистра артропластики за 2007–2020 гг.

Эпидемиологическое исследование состоялось благодаря активной поддержке практически всех руководителей травматолого-ортопедических отделений страны. Его результаты позволили получить как количественные показатели, так и выявить некоторые нерешенные проблемы, а именно, высокую сложность маршрутизации пациентов с имплантат-ассоциированной инфекцией и настоятельную необходимость создания федерального центра по лечению имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции.

Предыдущий аналитический обзор по данным регистра был опубликован в 2014 г., данная публикация является официальным отчетом, описывающим все операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, зарегистрированные в базе данных с 01.01.2007 по 31.12.2020 г. За этот период было выполнено 74762 операции: 67019 (89,64%) первичных и 7743 (10,36%) ревизионных. В статье проанализированы основные тенденции, касающиеся возраста пациентов, диагноза, используемых имплантатов и пар трения.



В современной литературе по ортопедии все чаще встречаются статьи, в основе которых лежат социологические исследования. В этом номере мы публикуем одно из первых подобных отечественных исследований, авторы которого анализируют отношение хирургов к одномышечковому протезированию коленного сустава. На мой взгляд, подобные работы, основанные на персональном опыте, позволят преодолеть предвзятое отношение коллег к некоторым технологиям и, наоборот, расширить показания к неоправданно редко используемым методам лечения.

В этом выпуске мы вновь обращаемся к проблеме лечения пациентов с травмами в условиях коронавирусной инфекции. В работе К.С. Егорова с соавторами на основе собственного опыта убедительно доказана необходимость оперативного лечения больных с переломами проксимального отдела бедренной кости, несмотря на все объективные сложности.

Одним из активно обсуждаемых в последнее время проблем являются изменения в тазово-позвоночном комплексе у больных с врожденной патологией тазобедренного сустава. П.И. Бартулев с соавторами дали оценку рентгенологических показателей фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у детей с подвывихом бедра при болезни Легга–Кальве–Пертеса. Прогрессирующая антеверсия таза в сочетании с гиперлордозом поясничного отдела позвоночника и перекос таза в сторону пораженной конечности могут способствовать развитию дегенеративно-дистрофических процессов в поясничном отделе позвоночника.

Н.С. Николаев с соавторами подняли очень важный вопрос о частоте встречаемости и возможности

дооперационного выявления так называемых «неожиданных» инфекций, которые практически никак не проявляются клинически в условиях ревизионной артропластики. Частота их встречаемости составила 2,08%. В качестве мер, направленных на более точное выявление инфекции, авторы предлагают до операции выполнять трехкратную пункцию сустава с микробиологическим исследованием пунктата.

Как всегда, мы публикуем наиболее интересные и поучительные случаи из практики, которые, как мы надеемся, помогут найти решение в трудных клинических ситуациях и избежать ятрогенных осложнений.

В этом номере представлены три обзора литературы по актуальным проблемам специальности. М.Б. Гуражев с соавторами на основе анализа научных публикаций по проблеме замещения дефектов большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава разработали рабочий алгоритм с учетом особенностей опери-

руемых пациентов. В обзоре Е.А. Пашковой с соавторами, посвященном хирургическому лечению остеохондральных повреждений блока таранной кости, отмечается, что наибольшее распространение получили вмешательства, направленные на стимуляцию костного мозга, и пластические операции с использованием остеохондральных ауто- и аллотрансплантатов. И, тем не менее, в настоящее время нет единого мнения о показаниях к разным хирургическим методам, что, по-видимому, требует дальнейших исследований. Перелом Гоффа — достаточно редкий вид повреждения коленного сустава, тем интереснее представленные А.Е. Шинкевич с соавторами данные о деталях клинической картины, диагностике и вариантах лечения этого типа перелома.

Надеюсь, короткий анонс номера Вас не утомят, и Вы более детально познакомитесь с представленными в нем статьями на нашем сайте.

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



Treatment of Proximal Femoral Fractures in Patients with COVID-19

Konstantin S. Egorov^{1,2}, Valery V. Strizheletsky¹, Igor G. Ivanov^{1,3}, Valentin A. Neverov², Natalia V. Siverskaya¹, Alan G. Besaev¹

¹ St. Great Martyr George Municipal Hospital, St. Petersburg, Russia

² Mechnikov North-West State Medical University, St. Petersburg, Russia

³ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. In relation with the COVID-19 new coronavirus infection epidemic that began in Russia in the spring of 2020, a completely new group of patients appeared: patients whose coronavirus infection was combined with the proximal femur fractures. In the course of practical work, hospital doctors had to gain experience in treating these complex patients, solve new organizational and medical tasks. **The aim of the study** was to evaluate the results of treatment of patients with the proximal femur fractures in combination with coronavirus infection in a «COVID» hospital at the hospital stage, 30-day and 6-month terms. **Materials and methods.** The retrospective study is based on the collection and generalization of data from 64 patients with the proximal femur fractures in combination with confirmed coronavirus infection who underwent inpatient treatment from 16.03.2020 to 31.05.2021. 38 (59.4%) patients had a femoral neck fracture, 26 (40.6%) had a fracture of the trochanter region. Forty (62.5%) patients underwent surgical treatment (hip replacement was performed in 23 cases, osteosynthesis was performed in 17 cases), 24 (37.5%) patients did not undergo surgery. **Results.** With conservative treatment, the hospital mortality rate was 41.6%, the 30-day mortality rate was 72.7%, and the 6 – month mortality rate was 95.5%. During surgical treatment, the hospital mortality rate was 5.0% (2 patients died). Early postoperative complications were detected in 5 (12.5%) patients. Thirty-one (77.5%) patients walked or stood with a walker on their own at the time of discharge; 7 (17.5%) patients could not be activated. The thirty-day mortality rate in the group of patients who underwent surgical treatment was 8.6%, and the 6-month mortality rate was 32.1%. **Conclusions.** Surgical treatment of patients with the proximal femur fractures in combination with coronavirus infection is much more difficult than the treatment of patients without infectious pathology. However, despite number of unresolved problems, surgical treatment of such patients is possible with good results and should be actively applied.

Keywords: proximal femur fracture, coronavirus infection, COVID-19.

Funding: state budgetary funding.

 **Cite as:** Egorov K.S., Strizheletsky V.V., Ivanov I.G., Neverov V.A., Siverskaya N.V., Besaev A.G. [Treatment of Proximal Femoral Fractures in Patients with COVID-19]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):9-18. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-9-18>.

 *Konstantin S. Egorov*; e-mail: ks.egorov@gmail.com

Received: 29.07.2021. Accepted for publication: 06.09.2021.



Лечение пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости в сочетании с коронавирусной инфекцией COVID-19

К.С. Егоров^{1,2}, В.В. Стрижелецкий¹, И.Г. Иванов^{1,3}, В.А. Неверов²,
Н.В. Сиверская¹, А.Г. Бесаев¹

¹ СПб ГБУЗ «Городская больница Святого Великомученика Георгия», г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России,

г. Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. В связи с начавшейся в России весной 2020 г. эпидемией новой коронавирусной инфекции COVID-19 появилась совершенно новая группа пациентов у которых коронавирусная инфекция сочеталась с переломами проксимального отдела бедренной кости (ППОБК). Врачам стационаров пришлось в процессе практической работы приобретать опыт лечения этих сложных пациентов, решать новые организационные и медицинские задачи. **Цель исследования** — оценить результаты лечения пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости в сочетании с коронавирусной инфекцией в «ковидном» стационаре на госпитальном этапе, 30-дневном и 6-месячном сроках. **Материал и методы.** Ретроспективное исследование основано на сборе и обобщении данных 64 пациентов с ППОБК в сочетании с подтвержденной коронавирусной инфекцией, проходивших стационарное лечение с 16.03.2020 г. по 31.05.2021 г. У 38 (59,4%) пациентов был перелом шейки бедренной кости, у 26 (40,6%) — перелом вертельной области. Сорока (62,5%) пациентам провели оперативное лечение (в 23 случаях выполнено эндопротезирование тазобедренного сустава, в 17 случаях — металлоостеосинтез), 24 (37,5%) пациентам операции проведены не были. **Результаты.** При консервативном лечении госпитальная летальность составила 41,6%, 30-дневная летальность — 72,7%, 6-месячная — 95,5%. При проведении оперативного лечения госпитальная летальность составила 5,0% (умерли 2 пациентов). Тридцатидневная летальность в группе пациентов, прошедших оперативное лечение, составила 8,6%, а 6-месячная — 32,1%. Ранние послеоперационные осложнения выявлены у 5 (12,5%) пациентов. Тридцать один (77,5%) пациент ходили или стояли с ходунками самостоятельно к моменту выписки; 7 (17,5%) пациентов не удалось активизировать. **Заключение.** Хирургическое лечение пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости в сочетании с коронавирусной инфекцией значительно сложнее, чем лечение пациентов без инфекционной патологии. Однако, несмотря на ряд нерешенных проблем, оперативное лечение таких пациентов возможно с хорошими результатами и должно активно применяться.

Ключевые слова: перелом проксимального отдела бедренной кости, коронавирусная инфекция, COVID-19.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

✉ Егоров К.С., Стрижелецкий В.В., Иванов И.Г., Неверов В.А., Сиверская Н.В., Бесаев А.Г. Лечение пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости в сочетании с коронавирусной инфекцией COVID-19. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(3):9-18. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-9-18>.

✉ Егоров Константин Сергеевич; e-mail: ks.egorov@gmail.com

Рукопись поступила: 29.07.2021. Принята в печать: 06.09.2021.

Background

In the spring of 2020, an epidemic of a new coronavirus infection COVID-19 began in Russia. Due to the increasing number of cases and the shortage of beds in infectious diseases hospitals, some multidisciplinary hospitals have been converted into infectious for the treatment of patients with COVID-19. Our hospital was one of the first to be redesigned. From 03.16.2020 to the present, doctors of all specialties of our multidisciplinary hospital have treated more than 20,000 patients with COVID-19. In addition to treating the new COVID-19 infection and its complications directly, specialists had to master approaches to the treatment of patients whose coronavirus infection was combined with various therapeutic, surgical and traumatological pathologies. In particular, the traumatologists of our hospital faced a difficult task of helping patients with proximal femur fractures (PFF) in combination with coronavirus infection.

PFF is one of the most common traumatological pathologies [1, 2, 3]. In Russia, the frequency of PFF according to four cities (Yaroslavl, Pervouralsk, Bryansk and Vladimir) is 174.78 cases per 100 thousand population in men and 275.92 in women, and this indicator is steadily increasing [4]. Patients with PFF are an extremely difficult category to treat due to their advanced age (the average age of patients with PFF according to our data is 79 years), the presence of chronic diseases, age-related mental changes, and a high probability of hypodynamic complications [5, 6].

Treatment of patients with PFF in combination with COVID-19 is an even more difficult task, because this infection in patients with PFF often occurs in severe and moderate forms, which, in addition to significant lung damage, entails decompensation of chronic diseases [7, 8, 9, 10, 11, 12].

The main goal of treatment of this category of patients is the soonest painless activation to prevent hypodynamic complications (pneumonia, venous thrombosis, pressure sores, muscular atrophy, etc.). To achieve this goal, patients with PFF should undergo surgical fixation of the fracture in the near future after admission to the hospital. According to modern protocols, the surgery must be performed within 48 hours from the moment of hospitalization [13, 14, 15, 16, 17]. In the conditions of our hospital's operation in the "covid" mode, we also tried to stay close to this protocol, but we encountered new organizational and medical difficulties that we had to overcome.

The aim of the study was to evaluate the results of treatment of patients with PFF in combination with coronavirus infection in a covid hospital at the hospital stage, 30-day and 6-month terms.

Materials and methods

Study design

The retrospective study included 64 patients undergoing inpatient treatment from 03.16.2020 to 05.31.2021.

The criterion for inclusion of patients in the study was the presence of PFF (according to the ICD-10 classification: S72.0, S72.1, S72.2; according to the AO/OTA classification: 31A,B,C) in combination with a confirmed new coronavirus infection COVID-19.

Exclusion criteria: patients with pathological femoral fractures on the background of metastatic lesions, as well as with non-unions of the proximal femur.

Data collection was carried out by analyzing medical records. To obtain 30-day and 6-month treatment results, we conducted a survey of patients or their relatives by phone.

Initially, 20 (31.3%) patients were hospitalized urgently, 44 (68.7%) patients were transferred from "non-COVID" hospitals when a coronavirus infection was detected or suspected in them. Patients were admitted in the period from 0 to 19 days. (on average 3.2 ± 3.1) after the injury.

To confirm COVID-19 infection, all patients underwent multispiral computed tomography (MSCT) of the lungs and RT-PCR testing. Lung changes specific to coronavirus pneumonia were detected in 47 (73.4%) patients. There were no changes in the lungs in 17 (26.6%) patients, but they had positive results of RT-PCR testing. A total of 64 patients had a positive RT-PCR test in 42 (65.6%).

Conservative treatment

Twenty-four (37.5%) patients with PFF were denied surgery and conservative treatment was carried out. Of these, there were 8 men aged 74 to 94 years (average age 85.6 ± 6.1 years) and 16 women aged 82 to 97 years (average age 86.8 ± 5.5 years). The average age of all treated patients was 86.4 ± 5.7 years. 14 (58.3%) patients had a femoral neck fracture, 10 (41.7%) had a fracture of the trochanter area.

Among the patients who underwent conservative treatment, 15 (62.5%) had positive results of RT-PCR testing. Lung lesions according to MSCT data were not present in 8 (33.3%) patients, in 4 (16.7%) patients the volume of lung lesions was 0-25%, in 7 (29.2%) - 26-50%, in 5 (20.8%) - 51-75%, i.e. 50.0% of patients in this group had moderate to severe lung lesions. The decision on conservative treatment was made collectively with the participation of a traumatologist, an anesthesiologist and a therapist.

The reasons for the refusal of surgical treatment were the extremely serious condition of the patient

due to coronavirus infection or due to decompensation of concomitant pathology; the presence of an acute life-threatening condition (acute myocardial infarction, acute cerebral circulation disorder). It should be noted that in 5 (20.8%) patients, massive thrombosis of the lower extremities veins became the reason for refusing surgery. In total, venous thrombosis of the lower extremities was detected in 8 (12.5%) patients during preoperative examination.

The principles of conservative treatment were maximum activation and functional treatment. Derotation bandages and skeletal traction were used rarely and for a short time, solely for the purpose of reducing pain.

With the initial refusal of surgery, the patient was necessarily followed by dynamic observation by a traumatologist, an anesthesiologist, and with the improvement of the somatic condition, the issue of surgical treatment was again discussed.

Surgical treatment

Surgical treatment was performed in 40 (62.5%) patients. Of these, femoral neck fractures were diagnosed in 24 (60.0%): 8 men aged 65 to 96 years (average age 78.4±7.0) and 16 women aged 62 to 97 years (average age 81.4±6.3). In 16 (40.0%) patients there was a fracture of the trochanter area: 3 men aged 62 to 83 years (mean age 75.3±8.9) and 13 women aged 42 to 96 years (mean age 76.2±9.8). The average age of all underwent surgery patients was 78.7±8.0 years.

In all patients who underwent surgical treatment, 27 (67.5%) had a positive RT-PCR test. According to MSCT data, lung lesions were not present in 9 (22.5%) patients, in 17 (42.5%) patients the percentage of lung lesions was 0-25%, in 10 (25.0%) - 26-50%, in 4 (10.0%) - 51-75%. i.e., in 35.0% of patients in this group, lung lesions were moderate to severe.

The surgery was performed between 1 and 29 days after injury (on average 9.3±4.3 days) and 1-22 days after admission to the hospital (on average 6.1± 3.2 days). Only 8 (20%) patients underwent surgery within 48 hours after admission to the hospital. All surgeries were performed in an emergency surgical operating room located in the "red zone" of the hospital, with the use of personal protective equipment and compliance with sanitary and epidemiological rules.

Hip arthroplasty was used in 23 (95.8%) cases of femoral neck fractures. Bipolar hip arthroplasty was performed in 17 (73.9%) cases, and total hip arthroplasty was performed in 6 (26.1%) cases. In 1 (4.2%) case, a patient with chronic lymphocytic leukemia and severe anemia underwent osteosynthesis with cannulated screws.

In fractures of the trochanter area in 14 (87.5%) cases, osteosynthesis with a proximal femoral nail was used, in 2 (12.5%) cases — with a DHS.

Patients received pre- and postoperative treatment for femoral fracture and coronavirus infection according to federal clinical guidelines [13, 18].

Postoperative rehabilitation was started as early as possible, focusing on the somatic state. The patient was allowed to sit up in bed on the surgery day or the day after it was performed, at the same time physical therapy was started in bed. Further activation (verticalization, walking) was carried out taking into account the presence of respiratory insufficiency, individual patient tolerance of physical load, focusing on oxygen saturation (SpO₂) in the blood during exercise (at least 92).

Statistical analysis

Statistical processing of the obtained data was carried out using Microsoft Excel software. For descriptive statistics, the data are presented in percentages, minimum and maximum values, absolute averages; to represent the dispersion of values in the samples, the values of the average absolute deviations are indicated. The Mann criterion was used for the intergroup comparison – Whitney. The statistical significance was established at the level of $p < 0.05$.

Results

Conservative treatment results

With conservative treatment, 14 (58.3%) of 24 patients were discharged for outpatient treatment after spending 3 to 25 days in hospital (the average bed-day was 14.1±4.8). None of them were verticalized at the time of discharge, approximately 50% could sit in bed with outside help. Ten patients died within 2 to 18 days after admission (average bed-day 9.4±3.6), 6 of them as a result of an increase in cardiopulmonary insufficiency, 4 as a result of pulmonary embolism (PE). Hospital mortality with conservative treatment was 41.7%. When collecting long-term results from 14 patients discharged from the hospital without surgery, it was possible to contact the relatives of 12 (85.7%) of them. Of these 12 patients, 6 died within 30 days after the injury. Another 5 patients died within 6 months of the injury. Thus, the 30-day mortality rate was 72.7%, and the 6-month mortality rate was 95.5%. Only one patient (4.5%) remained alive at the time of data collection (194 days after the injury), could sit up and turn in bed with outside help.

Surgical treatment results

In total 40 patients received surgical treatment, 31 (77.5%) patients could walk or stand with a walker by the time they were discharged from the hospital. Seven (17.5%) patients could not be verticalized due to the general somatic condition, muscle weakness and encephalopathy, however, the performed surgery provided

easier care for these patients, anti-sore measures and reduction of respiratory failure by safely turning into the prone position. Two (5.0%) patients died: one patient as a result of PE on the 2nd day after surgery, another patient - on the 18th day after surgery as a result of increasing cardiopulmonary insufficiency. 38 patients discharged from the hospital, it was possible to obtain information about 35 (92.1%) who had more than 30 days since the injury, and about 28 (73.7%) patients who had more than 6 months since the injury. One patient died at home within 30 days after injury, another 6 died within 6 months. Thus, the 30-day mortality in the group of patients who underwent surgical treatment was 8.6%, and the 6-month mortality was 32.1%.

Complications in the immediate postoperative period developed in 5 (12.5%) patients. In 2 (5.0%) cases, the development of deep vein thrombosis of the lower extremities was observed, despite standard prevention [13]. One (2.5%) patient had gastrointestinal bleeding.

In one (2.5%) 73-year-old patient, against the background of severe coronavirus infection with 55% lung damage and decompensation of chronic concomitant diseases, the general somatic condition worsened with the development of multiple organ failure (postoperative inpatient treatment was carried out for 67 days). In one (2.5%) 65-year-old patient with a moderate form of coronavirus infection and 28% of lung damage, with concomitant pathology and chronic alcohol intoxication, bacterial pneumonia with an increase in cardiopulmonary and multiple organ failure occurred (died on day 18 after surgery).

The inpatient treatment duration was from 3 to 74 days (the average bed-day was 15.3 ± 6.3). After surgical treatment, patients were discharged from the hospital within 2 to 67 days. (on average after 9.2 ± 5.7). For patients with no lung damage, the inpatient treatment duration was 2-12 days (on average 5.5 ± 2.0), with lung damage up to 25% - 2-28 days. (on average 8.1 ± 4.9), with a lesion of 26-50% - 6-18 days. (on average 9.6 ± 3.1), with 51-75% - 7-67 days. (on average 21.3 ± 22.9). Based on these data, it is possible to make an assumption about the dependence of the inpatient treatment duration on the severity of lung damage. However, due to the small number of patients in the groups, it is too early to talk about the statistical significance of such dependence.

Discussion

When organizing and providing care to patients with PFF in combination with coronavirus infection in a covid hospital, we noted a number of features that significantly affected both the treatment process and its outcome.

The number of patients with PFF who were denied surgical treatment has increased dramatically: 37.5% compared to 12.3% in 2018 and 10.7% in 2019. The same trend is noted by K.A. Egol et al [8] and D.G. LeBrun et al

[9], whose surgical activity in the treatment of patients with PFF in combination with coronavirus infection decreased from 95-98% to 76.5% and 77.8%, respectively. This is due to the significantly more severe condition of patients admitted to the hospital during the pandemic, due to the presence of viral pneumonia, decompensation of chronic diseases.

A number of authors adhered to more aggressive tactics in relation to surgical treatment of this category of patients. Thus, Z.B. Cheung and D.A. Forsh and B. Kayani et al treated surgically 100% of patients [10, 12]; E.V. Wright et al - 94.1% [19], A.J. Hall et al - 92.6% [11]. However, none of them managed to avoid a high postoperative hospital mortality - 10.0% [10], as well as a significant 30-day mortality: from 11.8% to 35.5% [11, 12, 19].

Hospital mortality in the group of patients undergoing conservative treatment in our study was 41.6%, which is 2 times more than in 2018 and 2019 - 21.3% and 18.6%, respectively. According to J.M. Munoz Vives et al, the 14-day mortality rate in the conservative treatment of patients with PFF in combination with COVID-19 reached 67% [7].

A number of significant features were noted in the surgical treatment of patients with PFF. We were able to do surgery in only 8 (20%) patients within 2 days after admission to the hospital. According to our data, the average preoperative bed-day increased to 6.1 ± 3.2 , which, of course, goes beyond the 48-hour protocol for providing care to patients with PFF. Similar results are also reported by other authors. According to E.V. Wright et al, only 71% of patients were prepared for surgery in the first 3 days after admission, and sometimes the surgery was postponed until 6 days [19]. J.M. Munoz Vives et al report that the preoperative bed-day reached 13 days [7]. This circumstance is associated with the features of the work in the "covid" hospital, which can be divided into organizational and medical.

The first include factors caused by the conversion of the hospital. In relation with a large number of patients arriving in serious condition, it became necessary to deploy an additional 44 intensive care beds in the the operating rooms. Despite this, our hospital often experienced a shortage of intensive care beds. Planned surgery had to be postponed several times, because there was no place for the patient after the surgery in the intensive care unit due to overcrowding. To perform surgeries of all profiles, it was possible to leave one operating room that works with overload. The deployment of additional intensive care unit also led to an extraordinary increase in the work of anesthesiologists and nurses of the Department of Anesthesiology and Intensive care, which complicated their full-fledged work in the operating room. Many authors report similar organizational problems [7, 8, 9, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Medical factors include the fact that many patients arrive in extremely serious condition. In 40.6% of our

patients with PFF, COVID-19 infection occurred in moderate or severe form. M.A.Lim and R. Pranata, who conducted a meta-analysis of 984 observations, also report a predisposition of patients with PFF to severe coronavirus infection [22].

According to our clinic, every 4th patient needed emergency hospitalization in the intensive care unit, every 13th needed invasive lung ventilation. Accordingly, time was needed (often more than 2 days) to stabilize the patient's condition for the possibility of performing surgical treatment. With the initial refusal of surgery, sometimes long-term dynamic monitoring of the patient was required to make a decision on the possibility of delayed surgery.

The features of the surgery method choice include the priority of less traumatic techniques, in particular, the wider use of bipolar hemiarthroplasty. During the covid period, we performed 73.9% of bipolar hemiarthroplasty and 26.1% of total hip arthroplasty compared to 56.4% and 43.6% for femoral neck fractures in 2018 and 2019. Other authors also tend to perform bipolar hemiarthroplasty in patients with coronavirus infection [8, 19, 25].

From the features of the postoperative period, it can be noted that rehabilitation was significantly hampered by the fact that all employees of the department of physiotherapy and physical therapy after the hospital was redesigned due to the extremely large number of incoming patients were transferred to clinical infectious diseases departments as attending physicians and nurses and were not able to fully rehabilitate patients. Rehabilitation measures were carried out by traumatologists, as well as employees of clinical departments who did not have special training. Rehabilitation was hampered by the severe somatic condition of the patients, the presence of respiratory insufficiency, which sharply limited their physical activity after surgery, as well as pronounced manifestations of encephalopathy associated with the presence of intoxication and respiratory failure.

The difficulties of postoperative rehabilitation during the pandemic are also reported by E.V. Wright et al [19]. According to their data, up to 47% of patients cannot be rehabilitated sufficiently after surgery.

A number of foreign authors indicate a significant increase in the inpatient treatment duration. B. Kayani et al report an increase in the inpatient treatment duration in nine hospitals in England by an average of 2 times (average bed-day — 13.8) [12]. According to E.V. Wright et al, in three hospitals in London, the inpatient treatment duration increased by 1.7 times (the average bed-day is 17.1) [19]. According to our data, the average postoperative bed-day did not significantly increase compared to the "non-typical" 2019 — the average values were 9.2 ± 5.7 and 7.6 ± 3.0 , respectively; $p = 0.055$). The absence of a significant increase in the inpatient treatment duration compared to the data of

other authors is because we sought to discharge the patient from the hospital as early as possible that due to the lack of full-fledged rehabilitation in the hospital, overcrowding of departments with patients with infectious lung disease. We used this tactic in order to prevent the addition of nosocomial bacterial pneumonia, the speedy return of an elderly patient to familiar living conditions for the normalization of his mental state.

The number of postoperative complications in the "covid" period (12.5%) and postoperative mortality (5.0%) in our patients increased significantly compared to the "pre-covid" period: 2.8-3.7% of general and local complications and 1.5-2.0% of mortality in 2018 and 2019. This is natural and is due to lower compensatory capabilities in patients due to the presence of a coronavirus infection aggravating the condition.

According to K.A. Egol et al, hospital mortality in patients with PFF in combination with COVID-19 was 35.3%, without COVID-19 — 0.9%, complications in patients with COVID-19 developed in 70.8%, without infection — in 2.8%, 30-day mortality in patients with COVID-19 was 53%, without it — 5.6% [8]. According to D.G. LeBrun et al, the 14-day mortality rate in patients with PFF in combination with coronavirus infection was 30.3%, without COVID-19 — 2.7% [9]. According to J.M. Munoz Vives et al, the 14-day mortality was 30.4% and 2.7%, respectively [7].

Those who adhered to the most aggressive tactics of early surgical treatment of the number of patients with COVID-19 also talk about an increase in mortality by 3-4 times. According to B. Kayani et al, the 30-day postoperative mortality in patients with PFF was 30.5%, without coronavirus infection — 10.3%, the complication rate was 89.0% and 35.0%, respectively [12]. According to E.V. Wright et al, the 30-day postoperative mortality in patients with COVID-19 was 11.8%, without infection — 6% [19], according to A.J. Hall et al — 35.5% and 8.3% respectively [11]. Z.B. Cheung and D.A. Forsh reports 10% postoperative hospital mortality in patients and a 20% postoperative complication rate [10].

It is worth noting that in the surgical treatment of patients with PFF in combination with COVID-19, the 30-day mortality, according to our data, was 8.6%, which is not much different from the data of the authors who analyzed the results of surgical treatment of patients with PFF without coronavirus infection. According to the Swedish registry, the 30-day mortality rate was 7.5% [26], according to the Danish registry — 10.8% [27], according to the Norwegian registry — 7.2% [28]. Based on this, we can say that we have obtained good results of surgical treatment of patients with PFF in combination with COVID-19.

Separately, attention should be paid to thrombotic postoperative complications — according to our data — 5.0%, in normal times — no more than 1%. Also, deep

vein thrombosis of the lower extremities was detected in 8 (12.5%) of our patients at the stage of preoperative examination, which is significantly higher than in 2018 and 2019, when venous thrombosis was detected in no more than 3% of patients during screening examination of patients with PFF. Similar results were obtained by K.A. Egol et al – venous thrombosis of the lower extremities was diagnosed in 11.8% of patients [8], according to Z.B. Cheung and D.A. Forsh - in 10% [10]. This is due to the phenomena of coagulopathy in patients with COVID-19 due to an inflammatory reaction caused by a viral disease. Many authors pay attention to this circumstance [29, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

This article presents our first experience of treating patients with PFF in combination with COVID-19 coronavirus infection. Currently, there are many problems that need to be studied and solved. In particular, it is very important to define clear criteria for choosing the optimal surgery time. On the one hand, it is necessary to stabilize the fracture as soon as possible. On the other hand, it cannot be excluded that the outcome of surgical treatment is influenced by the stage of development of the infectious process and the activity of the inflammatory reaction. For example, against the background of a progressively developing severe infectious process, even minimally invasive surgery entails an increase in the systemic inflammatory response, which can be critical in terms of the development of complications. If it was impossible to perform the surgery in the near future due to the severity of the patient's condition, we followed the tactics of dynamic observation and delayed surgery. At the same time, we came to the conclusion that it is necessary to identify factors characterizing the severity of the inflammatory response and the stage of development of the infectious process in COVID-19 in order to choose the safest time for performing surgery in patients with coronavirus infection. D.G. LeBrun et al paid attention to this fact in their article [9], but it is not sufficiently covered in the literature we have studied.

Another unexplored issue is the correction of drug therapy aimed at reducing the systemic inflammatory response in patients with COVID-19 coronavirus infection at the stage of preparation for surgery and in the immediate postoperative period.

Also, taking into account the number of thromboembolic complications in patients with PFF against the background of proven coagulopathy in COVID-19, the scheme of thrombosis prevention in this category of patients needs to be revised. This direction is also not covered in the literature and requires research.

However, despite many unresolved problems, it can already be unequivocally stated that conservative treatment of patients with PFF in combination with the new coronavirus infection COVID-19 is not the

optimal choice, which is confirmed by extremely high mortality rates, as well as the obvious fact that without surgery, even when recovering from coronavirus infection, the patient remains immobile and unable to elementary self-care. This point of view is shared by the authors of all the works considered in the preparation of this article.

Surgical treatment of patients with PFF in combination with the new coronavirus infection COVID-19 is associated with a number of serious organizational and medical problems. However, surgical fixation of the fracture is even more important for patients with COVID-19 infection than for ordinary patients with PFF. This statement is indirectly confirmed by the fact that the 30-day mortality rate in patients with coronavirus infection when refusing surgery, according to our data, was 8.5 times higher than with surgical treatment. In patients without coronavirus infection, according to a meta-analysis performed by P. Joosse et al., the 30-day mortality differed by only 3.95 times [36]. This is understandable, since surgical fixation of fragments and early activation of a patient with COVID-19 are extremely important for preventing the aggravation of an existing viral lung lesion and, as a consequence, respiratory failure, which entails decompensation of chronic diseases of an elderly person.

Study limitations

The disadvantages of our study include the inability to compare the results of conservative and surgical treatment of patients with PFF in combination with COVID-19 coronavirus infection due to the lack of full-fledged comparability of patient groups. The reason for this is the retrospective nature of the study. At the same time, it is natural that patients in the conservative treatment group were older, more severe in terms of comorbidity and the course of coronavirus infection. It is the main reason why we were unable to provide them with surgical treatment. Theoretically, this lack of research can be eliminated. To do this, it is necessary to identify criteria for comparability of patient groups and conduct a prospective study in which patients from statistically comparable groups will receive different treatment. Of course, certain ethical issues will have to be taken into account. We do not exclude that in future work we will consider the possibility of conducting such a study. Additional analysis of the patients with PFF treatment results before and after the onset of the pandemic is also required. In the future, we plan to compare more parameters using a full-fledged statistical analysis.

Conclusions

Despite a number of unresolved problems, our experience presented in this article suggests that surgical treatment of patients with PFF in combination with

COVID-19 coronavirus infection is already possible with good results and should be actively applied.

Informed consent

The patients gave written informed consent to participate in the study.

References

1. *Hip fracture: management. NICE (National Institute of Health and Care Excellence), Clinical Guideline*. Available from: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg124>.
2. Gomez M., Marc C., Talha A., Ruiz N., Noublanche S., Gillibert A. et al. Western France Orthopedic Society (SOO). Fast track care for pertrochanteric hip fractures: How does it impact length of stay and complications? *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(5): 979-984. doi: 10.1016/j.otsr.2019.04.017.
3. Roberts K.C., Brox W.T., Jevsevar D.S., Sevarino K. Management of hip fractures in the elderly. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(2):131-137. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00432.
4. Belova K.Yu., Ershova O.B., Ganert O.A., Romanova M.A., Sinitsyna O.S., Belov M.V. et al. [Analysis of mortality after fractures of the proximal femur among residents of Yaroslavl at the age of 50 and older]. *Bol' Sustavy. Pozvonochnik* [Pain Joints. Spine]. 2012;3(07). Available from: <http://www.mif-ua.com/archive/article/34565>. (In Russian).
5. Thorngren K.G. National registration of hip fractures. *Acta Orthop*. 2008;79(5):580-582. doi: 10.1080/17453670810016579.
6. *Norwegian National Advisory Unit on Arthroplasty and Hip Fractures. Norwegian Hip Fracture Register Report*. 2016. P. 178-207. Available from: https://www.researchgate.net/publication/312576608_Yearly_Report_Norwegian_National_Advisory_Unit_on_Arthroplasty_and_Hip_Fractures_Norwegian_Arthroplasty_Register_Norwegian_Cruciate_Ligament_Register_Norwegian_Hip_Fracture_Register_Norwegian_Paediatr.
7. Muñoz Vives J.M., Jornet-Gibert M., Cámara-Cabrera J., Esteban P.L., Brunet L., Delgado-Flores L. et al. Spanish HIP-COVID Investigation Group. Mortality Rates of Patients with Proximal Femoral Fracture in a Worldwide Pandemic: Preliminary Results of the Spanish HIP-COVID Observational Study. *J Bone Joint Surg Am*. 2020;102(13):e69. doi: 10.2106/JBJS.20.00686.
8. Egol K.A., Konda S.R., Bird M.L., Dedhia N., Landes E.K., Ranson R.A. et al. NYU COVID Hip Fracture Research Group. Increased Mortality and Major Complications in Hip Fracture Care During the COVID-19 Pandemic: A New York City Perspective. *J Orthop Trauma*. 2020;34(8):395-402. doi: 10.1097/BOT.0000000000001845.
9. LeBrun D.G., Konaris M.A., Ghahramani G.C., Premkumar A., DeFrancesco C.J., Gruskay J.A. et al. Hip Fracture Outcomes During the COVID-19 Pandemic: Early Results From New York. *J Orthop Trauma*. 2020;34(8):403-410. doi: 10.1097/BOT.0000000000001849.
10. Cheung Z.B., Forsh D.A. Early outcomes after hip fracture surgery in COVID-19 patients in New York City. *J Orthop*. 2020;21:291-296. doi: 10.1016/j.jor.2020.06.003.
11. Hall A.J., Clement N.D., Farrow L., MacLulich A.M.J., Dall G.F., Scott C.E.H. et al. IMPACT-Scot Study Group. IMPACT-Scot report on COVID-19 and hip fractures. *Bone Joint J*. 2020;102-B(9):1219-1228. doi: 10.1302/0301-620X.102B9.BJJ-2020-1100.R1.
12. Kayani B., Onochie E., Patil V., Begum F., Cuthbert R., Ferguson D. et al. The effects of COVID-19 on perioperative morbidity and mortality in patients with hip fractures. *Bone Joint J*. 2020;102-B(9):1136-1145. doi: 10.1302/0301-620X.102B9.BJJ-2020-1127.R1.
13. [Federal clinical guidelines. Fractures of the proximal femur. Ministry of Health of the Russian Federation 2019]. (In Russian). Available from: <https://ator.su/storage/app/media/фин%20Клин%20рекомендации%20ППОБК%2013.12.2019.pdf>.
14. Butler M., Forte M., Kane R.L., Joglekar S., Duval S.J., Swionkowski M. et al. Treatment of common hip fractures. *Evid Rep Technol Assess (Full Rep)*. 2009;(184):1-85.
15. Brox W.T., Roberts K.C., Taksali S., Wright D.G., Wixted J.J., Tubb C.C. et al. The American Academy of Orthopaedic Surgeons Evidence-Based Guideline on Management of Hip Fractures in the Elderly. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(14):1196-1199. doi: 10.2106/JBJS.O.00229.
16. *The Management of Hip Fracture in Adults*. National Clinical Guideline Centre. London: National Clinical Guideline Centre; 2013. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK83014/>.
17. Management of hip fracture in older people. Scottish Intercollegiate Guidelines Network: Clinical Guideline; 2009. Available from: <https://www.sign.ac.uk/assets/audit111-hip-audit-plus-instructions.pdf>.
18. [Temporary guidelines prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19). Ministry of Health of the Russian Federation]. Published online 29.01.2020. Last update 08.02.2021. Available from: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/054/588/original/Временные_МР_COVID-19_%28v.10%29-08.02.2021_%281%29.pdf. (In Russian).
19. Wright E.V., Musbahi O., Singh A., Somashekar N., Huber C.P., Wiik A.V. Increased perioperative mortality for femoral neck fractures in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19): experience from the United Kingdom during the first wave of the pandemic. *Patient Saf Surg*. 2021;15(1):8. doi: 10.1186/s13037-020-00279-x.
20. Hall A.J., Clement N.D., MacLulich A.M.J., Ojeda-Thies C., Hofer C., Brent L. et al. IMPACT of COVID-19 on hip fracture services: A global survey by the International Multicentre Project Auditing COVID-19 in Trauma & Orthopaedics. *Surgeon*. 2021:S1479-666X(21)00092-5. doi: 10.1016/j.surge.2021.04.007.
21. Flemming S., Hankir M., Ernestus R.I., Seyfried F., Germer C.T., Meybohm P. et al. Surgery in times of COVID-19-recommendations for hospital and patient management. *Langenbecks Arch Surg*. 2020;405(3):359-364. doi: 10.1007/s00423-020-01888-x.
22. Lim M.A., Pranata R. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) markedly increased mortality in patients with hip fracture – A systematic review and meta-analysis. *J Clin Orthop Trauma*. 2021;12(1):187-193. doi: 10.1016/j.jcot.2020.09.015.

23. Belenkiy I.G. [COVID-19 Challenge: What Has Been Done and What Must Be Done?]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(2):15-19. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-15-19.
24. Alcock H., Moppett E.A., Moppett I.K. Early mortality outcomes of patients with fragility hip fracture and concurrent SARS-CoV-2 infection: a systematic review and meta-analysis. *Bone Jt Open*. 2021;2(5):314-322. doi: 10.1302/2633-1462.25.BJO-2020-0183.R1.
25. Al Farii H., Al Rawahi S., Samaila E., Lavini F., Magnan B., Al Maskari S. Thirty-Day Mortality in COVID-19 Positive Patients With Hip Fractures: A Case-Series and Literature Review. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2020;11:2151459320972681. doi: 10.1177/2151459320972681.
26. Wolf O., Mukka S., Ekelund J., Möller M., Hailer N.P. How deadly is a fracture distal to the hip in the elderly? An observational cohort study of 11,799 femoral fractures in the Swedish Fracture Register. *Acta Orthop*. 2021;92(1):40-46. doi: 10.1080/17453674.2020.1831236.
27. Nyholm A.M., Gromov K., Palm H., Brix M., Kallemose T., Troelsen A. Danish Fracture Database Collaborators. Time to Surgery Is Associated with Thirty-Day and Ninety-Day Mortality After Proximal Femoral Fracture: A Retrospective Observational Study on Prospectively Collected Data from the Danish Fracture Database Collaborators. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(16):1333-1339. doi: 10.2106/JBJS.O.00029.
28. Pollmann C.T., Røtterud J.H., Gjertsen J.E., Dahl F.A., Lenvik O., Årøen A. Fast track hip fracture care and mortality – an observational study of 2230 patients. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):248. doi: 10.1186/s12891-019-2637-6.
29. Huang I., Pranata R., Lim M.A., Oehadian A., Alisjahbana B. C-reactive protein, procalcitonin, D-dimer, and ferritin in severe coronavirus disease-2019: a meta-analysis. *Ther Adv Respir Dis*. 2020;14:1753466620937175. doi: 10.1177/1753466620937175.
30. Lillicrap D. Disseminated intravascular coagulation in patients with 2019-nCoV pneumonia. *J Thromb Haemost*. 2020;18(4):786-787. doi: 10.1111/jth.14781.
31. Chen Q., Zheng Z., Zhang C., Zhang X., Wu H., Wang J. et al. Clinical characteristics of 145 patients with corona virus disease 2019 (COVID-19) in Taizhou, Zhejiang, China. *Infection*. 2020;48(4):543-551. doi: 10.1007/s15010-020-01432-5.
32. Ishiguro T., Matsuo K., Fujii S., Takayanagi N. Acute thrombotic vascular events complicating influenza-associated pneumonia. *Respir Med Case Rep*. 2019;28:100884. doi: 10.1016/j.rmcr.2019.100884.
33. Spiezia L., Boscolo A., Poletto F., Cerruti L., Tiberio I., Campello E. et al. COVID-19-Related Severe Hypercoagulability in Patients Admitted to Intensive Care Unit for Acute Respiratory Failure. *Thromb Haemost*. 2020;120(6):998-1000. doi: 10.1055/s-0040-1710018.
34. Assinger A. Platelets and infection – an emerging role of platelets in viral infection. *Front Immunol*. 2014;5:649. doi: 10.3389/fimmu.2014.00649.
35. Goeijenbier M., van Wissen M., van de Weg C., Jong E., Gerdes V.E., Meijers J.C. et al. Review: Viral infections and mechanisms of thrombosis and bleeding. *J Med Virol*. 2012;84(10):1680-1696. doi: 10.1002/jmv.23354.
36. Joosse P., Loggers S.A.I., Van de Ree C.L.P.M., Van Balen R., Steens J., Zuurmond R.G. et al. FRAIL-HIP study group. The value of nonoperative versus operative treatment of frail institutionalized elderly patients with a proximal femoral fracture in the shade of life (FRAIL-HIP); protocol for a multicenter observational cohort study. *BMC Geriatr*. 2019;19(1):301. doi: 10.1186/s12877-019-1324-7.

AUTHORS' INFORMATION:

Konstantin S. Egorov – Cand. Sci. (Med.), St. Great Martyr George Municipal Hospital; Mechnikov North-West State Medical University, St. Petersburg, Russia

e-mail: ks.egorov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8835-4804>

Valery V. Strizheletsky – Dr. Sci. (Med.), Professor, St. Great Martyr George Municipal Hospital, St. Petersburg, Russia

e-mail: strival@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1838-9961>

Igor G. Ivanov – St. Great Martyr George Municipal Hospital; St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

e-mail: dr_igor_ivanov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3040-4009>

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

e-mail: 5507974@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7244-5522>

Natalia V. Siverskaya — St. Great Martyr George Municipal Hospital, St. Petersburg, Russia

e-mail: nv.siverskaya@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0991-4805>

Alan G. Besaev — St. Great Martyr George Municipal Hospital, St. Petersburg, Russia

e-mail: alanbesaev@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0771-7974>

Authors' contribution:

Egorov K.S. — research design, review of publications on the topic of the article, analysis of the data obtained, writing the text of the manuscript, correction and final revision.

Strizheletsky V.V. — correction and final revision

Ivanov I.G. — analysis of the received data, correction and revision

Neverov V.A. — correction and final revision

Siverskaya N.V. — data collection and statistical processing.

Besaev A.G. — data collection and statistical processing.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the study.

Conflict of interest:

The authors declare that there is no conflict of interest.



Научная статья
УДК 616.718.41-002.27-073.75
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-19-28>

Оценка рентгенологических показателей позвоночно-тазового комплекса у детей с подвывихом бедра при болезни Легга – Кальве – Пертеса

П.И. Бортулёв¹, С.В. Виссарионов^{1,2}, Д.Б. Барсуков¹, И.Ю. Поздников¹,
В.Е. Басков¹, Т.В. Баскаева¹, М.С. Познович¹

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

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

Реферат

Актуальность. Естественное течение болезни Легга – Кальве – Пертеса (БЛКП) у детей с субтотальным или тотальным очагом поражения, которые соответствуют III–IV группе по классификации Catterall зачастую приводит к подвывиху бедра. Любые изменения в позвоночно-тазовом комплексе приводят к взаимной трансформации и отягощению имеющихся деформаций. В отечественной литературе отсутствуют данные об оценке состояния фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у детей с подвывихом бедра при БЛКП. **Цель работы** — провести оценку рентгенологических показателей фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у детей с подвывихом бедра при БЛКП. **Материал и методы.** Исследование основано на результатах рентгенометрии 20 пациентов (20 тазобедренных сустава) в среднем возрасте 8,9±0,6 лет с БЛКП. Проводили рентгенометрию основных фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых индексов, определяли тип вертикальной осанки по P. Rousouly, а также корреляционные связи между изучаемыми параметрами. **Результаты.** У всех пациентов имелся перекося таза во фронтальной плоскости. Значения PI имели незначительные изменения в сравнении с аналогичными значениями в асимптоматической детской популяции, значения SS и SSA превышали их, а значения PT были значительно ниже, что свидетельствует о наличии чрезмерной антеверсии таза. Значения GLL существенно превышали среднестатистические показатели. Показатель глобального сагиттального баланса (SVA) имел отрицательные значения. Проведенный корреляционный анализ показал наличие сильной положительной связи между PI и SS, SS и GLL, SSA и SS, умеренно выраженной положительной связи между PI и PT и умеренно выраженной отрицательной связью между PO и SS, PO и GLL. **Заключение.** У детей с БЛКП в стадии фрагментации с субтотальным или тотальным поражением эпифиза (III–IV группа по Catterall) и подвывихом бедра характерна избыточная антеверсия таза, что выражается в увеличении угла наклона крестца (SS) в сочетании с гиперлордозом поясничного отдела позвоночника и отрицательным дисбалансом, а также перекося таза в сторону пораженной конечности. Совокупность данных изменений соответствует IV типу вертикальной осанки по P. Rousouly, что может способствовать развитию дегенеративно-дистрофических процессов в поясничном отделе позвоночника.

Ключевые слова: болезнь Легга – Кальве – Пертеса, стадия фрагментации, подвывих бедра, фронтальные и сагиттальные позвоночно-тазовые соотношения.

Источник финансирования: работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации (НИР № 121031700122-6).

Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздников И.Ю., Басков В.Е., Баскаева Т.В., Познович М.С. Оценка рентгенологических показателей позвоночно-тазового комплекса у детей с подвывихом бедра при болезни Легга – Кальве – Пертеса. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):19-28. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-19-28>.

Cite as: Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Y., Baskov V.E., Baskaeva T.V., Poznovich M.S. [Evaluation of Radiological Parameters of the Spino-Pelvic Complex in Children with Hip Subluxation in Legg-Calve-Perthes Disease]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):19-28. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-19-28>.

Бортулёв Павел Игоревич / Pavel I. Bortulev; e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 15.07.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 25.08.2021.

© Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздников И.Ю., Басков В.Е., Баскаева Т.В., Познович М.С., 2021

Evaluation of Radiological Parameters of the Spino-Pelvic Complex in Children with Hip Subluxation in Legg-Calve-Perthes Disease

Pavel I. Bortulev¹, Sergei V. Vissarionov^{1,2}, Dmitry B. Barsukov¹,
Ivan Y. Pozdnykin¹, Vladimir E. Baskov¹, Tamila V. Baskaeva¹,
Makhmud S. Poznovich¹

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

² Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. The natural course of Legg-Calve-Perthes disease (LCPD) in children with subtotal or total lesion, which correspond to group III-IV according to the Catterall classification, it often leads to hip subluxation. Any changes in the vertebral-pelvic complex lead to mutual transformation and aggravation of existing deformities. In the Russian literature, there are no data on the assessment of the state of the frontal and sagittal spino-pelvic ratios in children with hip subluxation in LCPD. **Purpose** — to evaluate the radiological parameters of the frontal and sagittal spino-pelvic relations in children with hip subluxation in LCPD. **Materials and Methods.** The study is based on the results of radiometry of 20 patients (20 hip joints) at an average age of 8.9±0.6 years with LCPD. Radiometry of the main frontal and sagittal spino-pelvic indices was performed and the type of vertical posture was determined according to P. Rousouly, as well as correlations between the studied parameters. **Results.** All patients had a pelvic distortion in the frontal plane. The values of PI had insignificant changes in comparison with similar values in the asymptomatic child population, the values of SS and SSA exceeded them, and the values of PT were significantly lower, which indicates the presence of excessive pelvic anteversion. The GLL values significantly exceeded the average statistical indicators. The global sagittal balance indicator (SVA) had negative values. The correlation analysis showed the presence of a strong positive relationship between PI and SS, SS and GLL, SSA and SS, a moderately pronounced positive relationship between PI and PT and a moderately pronounced negative relationship between PO and SS, PO and GLL. **Conclusion.** In children with LCPD in the fragmentation stage with subtotal or total epiphysis lesion (Catterall group III-IV) and hip subluxation, excessive pelvic anteversion is characteristic, which is expressed in an increase in the angle of inclination of the sacrum (SS) in combination with hyperlordosis of the lumbar spine and negative imbalance, as well as a pelvic distortion towards the affected limb. The totality of these changes corresponds to the IV type of vertical posture according to R. Rousouly, which can contribute to the development of degenerative-dystrophic processes in the lumbar spine.

Keywords: Legg-Calve-Perthes disease, fragmentation stage, hip subluxation, frontal and sagittal spino-pelvic relations.

Funding: state budgetary funding.

Введение

По данным ряда авторов, болезнь Легга-Кальве-Пертеса (БЛКП) встречается с частотой от 0,4 до 29 на 100 000 детей с наибольшим количеством случаев в возрасте от 4 до 8 лет [1, 2, 3]. Основная причина развития этого заболевания — нарушение артериальной перфузии проксимального эпифиза бедренной кости с его последующим инфарктом и формированием очага некроза с различным объемом поражения головки бедра [4, 5]. Естественное течение БЛКП у детей с субтотальным или тотальным очагом поражения, что соответствует III–IV группе по классификации Catterall, приводит не только к деформации проксимального эпифиза бедренной кости, но и к нарушению соотношений в тазобедренном суставе в виде подвывиха бедра [6].

Исследования последнего десятилетия лет показали, что именно позвоночно-тазовый комплекс, который является единой кинетической системой, поддерживает концепцию «конуса экономии» [7, 8, 9, 10]. Вместе с тем прогрессирующие анатомо-биомеханические изменения при различных патологических процессах либо со стороны тазобедренных суставов, либо со стороны позвоночно-двигательных сегментов пояснично-крестцового отдела приводят к изменениям в системе «тазобедренные суставы – таз – пояснично-крестцовый отдел позвоночника», вызывая взаимную трансформацию и отягощение имеющихся деформаций и прогрессирования дегенеративно-дистрофических заболеваний. Эти явления происходят за счет изменения версии таза в сагиттальной плоскости и в достаточной мере описаны у пациентов с различной

патологией позвоночника, дисплазией тазобедренных суставов, “hip-spine” синдромом, коксартрозом [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Одновременно с этим необходимо подчеркнуть, что анализ состояния позвоночно-тазовых соотношений дает понимание их пространственных взаимоотношений и доскональную оценку параметров с точки зрения диагностики патологических изменений, сформировавшихся в системе «позвоночник – тазобедренные суставы». Все это может дать основу для разработки новых подходов к хирургической коррекции деформаций у детей с болезнью Легга – Кальве – Пертеса. В настоящее время в отечественной литературе отсутствуют данные об оценке состояния фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у детей с подвывихом бедра при БЛКП.

Цель исследования — провести оценку рентгенологических показателей фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у детей с подвывихом бедра при болезни Легга – Кальве – Пертеса.

Материал и методы

Дизайн исследования: моноцентровое открытое когортное проспективное исследование.

Критерии включения пациентов в исследование:

- отсутствие ранее проводимых операций на тазобедренном суставе;
- возраст детей от 8 до 10 лет;
- наличие одностороннего экстрозионного подвывиха бедра с поражением эпифиза, соответствующим группам Catterall III–IV;
- стадия патологического процесса — фрагментация;
- отсутствие врожденной и приобретенной патологии позвоночного столба, неврологических нарушений со стороны нижних конечностей, а также системных и генетических заболеваний;
- добровольное информированное согласие законных представителей пациентов на участие в данном исследовании.

Критерии исключения:

- возраст менее 8 и более 10 лет;
- очаг некроза в эпифизе бедренной кости, соответствующий группам Catterall I–II;
- стадия патологических изменений — остеонекроз;
- импрессионный перелом или восстановление;
- двустороннее поражение тазобедренных суставов;
- наличие синовита тазобедренного сустава;
- наличие сгибательно-приводящей контрактуры в тазобедренном суставе;
- наличие врожденных пороков развития позвоночника, в том числе нейтральных или альтер-

нирующих, верифицированных неврологических, системных и генетических заболеваний.

Пациенты

В исследование вошли 20 пациентов (20 тазобедренных суставов) в возрасте от 8 до 10 лет ($8,9 \pm 0,6$) с БЛКП в стадии фрагментации с субтотальным или тотальным поражением эпифиза бедренной кости (III–IV группа по Catterall) и подвывихом бедра. Из них лиц мужского пола было 13 (65%), женского — 7 (35%). Пациенты были госпитализированы для проведения комплексного обследования и хирургического лечения.

Методика исследования

Клиническое исследование не имело особенностей или отличий от классической методики, проводимой пациентам с ортопедической патологией тазобедренных суставов. Всем пациентам выполняли рентгенографию тазобедренных суставов в переднезадней проекции и в положении лежа по Lauenstein, панорамную рентгенограмму нижних конечностей, а также боковую панорамную рентгенограмму позвоночника с захватом головок бедренных костей в положении пациента стоя. По результатам рентгенограмм, выполненных в положении лежа, проводили оценку следующих показателей: угла вертикального наклона вертлужной впадины (угол Sharp), угла Wiberg, шеечно-диафизарный угла, угла антеторсии проксимального отдела бедренной кости, степени костного покрытия (СКП). На основании рентгенологического обследования, которое выполняли в положении стоя, проводили оценку показателей величины перекаса таза (pelvic obliquity — PO), величины грудного кифоза и поясничного лордоза (по Cobb), тазового угла (pelvic incidence — PI), угла наклона крестца (sacral slope — SS), угла отклонения таза (pelvic tilt — PT), а также сагиттальной вертикальной оси (sagittal vertical axis — SVA) и позвоночно-крестцового угла (spino-sacral angle — SSA).

Статистический анализ

Оценку полученных данных осуществляли при помощи программы Surgimap v. 2.3.2.1. Статистический анализ проводился с использованием программ Excel 2010 и SPSS Statistic v.26, (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA). С помощью описательной статистики рассчитывали средние арифметические величины (M), стандартные отклонения (SD), медиану (Me) с 25 и 75 перцентилями (Q1–Q3). Проводился корреляционный анализ (критерий Pearson), при этом силу связи расценивали по следующим показателям: $0,01 \leq \rho \leq 0,29$ — слабая связь; $0,30 \leq \rho \leq 0,69$ — умеренная связь; $0,70 \leq \rho \leq 1,00$ — сильная связь. Значение коэффи-

циента описывало наличие положительной или отрицательной связи. Для оценки степени и варианта влияния одного признака на другой выполняли регрессионный анализ в виде парной линейной и квадратичной регрессионной модели. Оценка доли выборки проводилась с помощью коэффициента множественной детерминации (R^2).

Результаты

При госпитализации в клинику все пациенты предъявляли жалобы на нарушение функции пораженной нижней конечности в виде ограничения движений в тазобедренном суставе. Оценку походки пациентов не проводили в связи со строгим ортопедическим режимом, а именно передвижением при помощи костылей без осевой нагрузки на пораженную нижнюю конечность. При визуальном осмотре у всех пациентов отмечали перекос таза в сторону патологически измененного тазобедренного сустава. Нарушения фронтального баланса позвоночника не было диагностировано,

а тест Адамса был отрицательный у всех пациентов. При клинической оценке физиологических изгибов позвоночника выявлено, что у 12 пациентов (60%) имело место усиление поясничного лордоза. Относительное укорочение нижней конечности составило $10,6 \pm 4,3$ мм.

Нарушения функции нижней конечности на стороне поражения характеризовались типичными для данного заболевания ограничениями амплитуды отведения и внутренней ротации в тазобедренном суставе, средние значения которых составили $15,3 \pm 3^\circ$ и $16 \pm 3,8^\circ$ соответственно. Функционально значимых изменений в показателях амплитуды сгибания, приведения, разгибания и наружной ротации не было обнаружено. Тест Thomas, характеризующий наличие скрытой сгибательной контрактуры в тазобедренном суставе, у всех пациентов был отрицательный.

Результаты лучевых методов исследования по выше обозначенным показателям представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели пространственной ориентации вертлужной впадины, проксимального отдела бедренной кости, стабильности тазобедренного сустава, фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у детей с БЛКП в сравнении с нормативными показателями (Камоско М.М. 2010 [18], Hesarikia H. et al., 2018 [19])

Показатель	Пациенты основной группы ($M \pm SD$) Me (Q1–Q3)	Нормативные показатели у здоровых детей
Угол Sharp, град.	$49,9 \pm 2,4$ 49,1 (48–52,8)	35–45
Угол Wiberg, град.	$9,9 \pm 4,1$ 11 (5,5–13)	25–40
ШДУ, град.	$141,5 \pm 5,3$ 141,5 (138,3–145)	125–145
УА, град.	$15,3 \pm 2$ 15 (13,3–16)	10–30
СКП, %	$58,3 \pm 7$ 57,5 (51,3–64,5)	85–100
РО, град.	$5,3 \pm 2,4$ 5,6 (3–6,5)	–
PI, град.	$41,4 \pm 5,2$ 42 (36,6–45,7)	$45,4 \pm 10,7$
PT, град.	$-1,8 \pm 3,6$ -2 (-5,3–1,3)	$10,3 \pm 6,5$
SS, град.	$43,3 \pm 4,2$ 43,8 (39,9–47,1)	$35,4 \pm 8,1$
TK, град.	$36,1 \pm 6,9$ 35,4 (32,3–38,3)	$37,1 \pm 9,9$
GLL, град.	$59,7 \pm 9,5$ 62,6 (52,7–67,7)	$39,6 \pm 12,4$
SVA, мм	$-18,8 \pm 18$ -17,9 (-37,5–(-7,4))	$0,1 \pm 2,3$
SSA, град.	$140,5 \pm 4,6$ 140,4 (138–145,4)	$130,4 \pm 8,1$

Из данных таблицы установлено, что у пациентов с БЛП имело место умеренно выраженное превышение верхней границы нормальных значений угла наклона вертлужной впадины в вертикальной плоскости, что может быть обусловлено экстрозионным подвывихом бедра, о чем свидетельствуют патологические значения угла Wiberg и СКП с наличием участка локальной гиперпрессии суставных поверхностей в верхне-латеральном отделе и формированием вторичной деформации вертлужной впадины. Значения ШДУ и УА находились в пределах значений физиологической нормы. У всех пациентов имелся перекос таза во фронтальной плоскости, который был связан с укорочением бедренной кости из-за коллапса головки и нарушения функции фиброзной пластинки. Изучение основных индексов сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений показало, что значения анатомического показателя PI отличались от аналогичных значений в асимптоматической детской популяции согласно данным литературы [19]. Одновременно с этим значения позиционного показателя SS превышали их, а значения позиционного PT были ощутимо ниже. Подобные изменения свидетельствуют о наличии чрезмерной антеверсии таза. Значения величины глобального поясничного лордоза существенно превышали среднестатистические показатели, а грудного кифоза — не имели от них отличий. Показатель глобального сагиттального баланса (SVA) имел отрицательные значения в подавляющем большинстве случаев, что свидетельствует о наличии негативного дисбаланса у данной категории пациентов.

Кроме того, средние значения позвоночно-крестцового угла (SSA) превышали нормативные, что свидетельствует об отклонении туловища в целом кзади по отношению к тазу и о его избыточной ротации кпереди. Проведенный корреляционный анализ, представленный на рисунке 1, показал наличие сильной положительной связи (красная сплошная линия) между анатомическим параметром (PI) и позиционным (SS), между SS и глобальным поясничным лордозом (GLL), а также между SS и SSA, умеренно выраженной положительной (желтая пунктирная линия) между анатомическим параметром (PI) и позиционным (PT) и глобальным поясничным лордозом (GLL). Кроме того, нами обнаружена умеренно выраженная отрицательная связь (черная пунктирная линия) между величиной перекоса таза во фронтальной плоскости (PO) и позиционным тазовым параметром SS, а также глобальным поясничным лордозом (GLL).

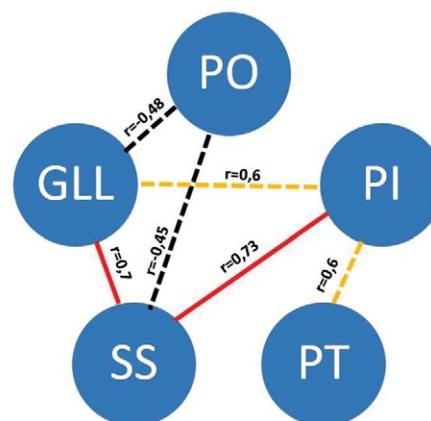


Рис. 1. Корреляционные связи между основными показателями фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений (пояснения в тексте)

Fig. 1. Correlations between the main indicators of frontal and sagittal vertebral-pelvic relations (explanation in the text)

На рисунке 2 представлены результаты проведенного регрессионного анализа, отражающего взаимосвязь между фронтальными и сагиттальными позвоночно-тазовыми соотношениями.

Коэффициент детерминации (R^2) по взаимосвязи основных сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений (рис. 2 а, б, с) не превышал 0,55 и не имел значимых отличий между линейной и квадратичной моделями, что приближало изучаемые признаки к линейной регрессии, а аппроксимация считается удовлетворительной, поскольку только 55% выборки может иметь обоснование формулой регрессии. Одновременно с этим коэффициент детерминации (R^2) между углом наклона крестца (SS) и позвоночно-тазовым углом (SSA) составил 0,82 и также не имел значимых отличий между моделями, а аппроксимация считается хорошей, поскольку более 80% выборки может быть обосновано формулой регрессии. Коэффициент детерминации (R^2) по взаимосвязи величины перекоса таза и угла наклона крестца (SS) с глобальным поясничным лордозом составил 0,22 (рис. 2 d, e), причем также не имелось достоверной разницы между линейной и квадратичной регрессионной моделью с превашированием линейной. Таким образом, на основании проведенного регрессионного анализа можно сделать заключение, что у пациентов с БЛП отмечается уменьшение угла отклонения таза (PT) с увеличением величины перекоса последнего (PO), а также увеличение наклона крестца (SS), что в результате способствует увеличению пояснично-го лордоза (GLL).

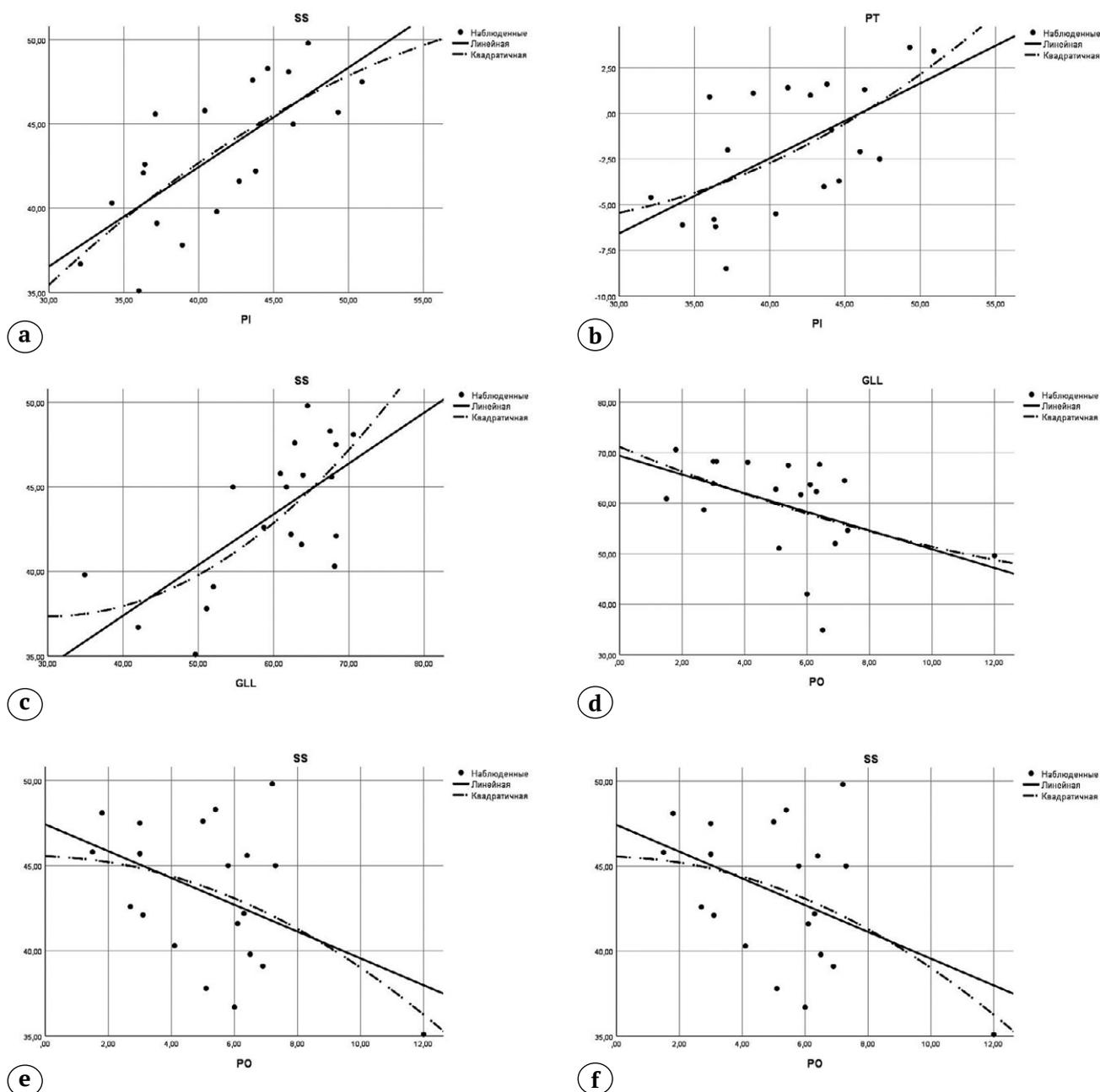


Рис. 2. Результаты регрессионного анализа, отражающие взаимоотношения между фронтальными и сагиттальными позвоночно-тазовыми соотношениями: а — между PI и SS; б — между PI и PT; с — между GLL и SS; д — между SSA и SS; е — между PO и GLL; ф — между PO и SS

Fig. 2. Results of regression analysis reflecting the relationship between the frontal and sagittal vertebral-pelvic ratios: а — between PI and SS; б — between PI and PT; с — between GLL and SS; д — between SSA and SS; е — between PO and GLL; ф — between PO and SS

Обсуждение

На сегодняшний день общеизвестно, что различные заболевания тазобедренных суставов способны влиять на состояние пояснично-крестцового отдела позвоночника за счет изменений во фронтальных и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношениях [12, 20, 21, 22]. Кроме того, ряд авторов утверждает, что изменения со сторо-

ны тазовых индексов с течением времени ведут к трансформации сагиттального профиля поясничного отдела позвоночника. Это приводит к изменению биомеханических соотношений в позвоночно-двигательных сегментах и, соответственно, к увеличению нагрузки либо на переднюю, либо на заднюю колонну позвоночного столба, что способствует формированию и прогрессированию

дегенеративно-дистрофических процессов уже в молодом возрасте [11, 23].

Публикации, посвященные оценке состояния позвоночно-тазовых соотношений у детей с различной ортопедической патологией, в настоящее время носят единичный характер [12, 22, 24, 25]. Кроме того, проведенный информационный поиск показал наличие единственной статьи, в которой рассматривается состояние сагиттального баланса у 78 детей после перенесенной болезни Легга–Кальве–Пертеса [26]. Авторы делают заключение, что для данной категории пациентов характерен глобальный негативный дисбаланс, который связан с уплощением поясничного лордоза. Одновременно с этим у 25% детей из этой группы имели место различные аномалии развития позвоночника, которые, на наш взгляд, искажают полученные результаты. В ходе проведенного исследования авторы не проводили оценку состояния нарушений соотношений между тазовым и бедренным компонентами сустава.

Настоящее исследование проведено у детей в стадии текущего процесса с верифицированным нарушением соотношений в тазобедренном суставе в виде подвывиха бедра. Отсутствие аналогичных отечественных и зарубежных исследований значительно затрудняет проведение адекватного сравнительного анализа полученных данных. Исходя из полученных результатов можно сказать, что для данной категории пациентов характерна избыточная ротация таза кпереди, которая приводит к избыточному лордозированию пояснично-крестцового отдела позвоночника и негативному дисбалансу, что также наблюдается у лиц с дисплазией тазобедренных суставов I степени по Crowe [12, 21]. Однако для последних характерно нарушение сильной положительной корреляционной связи между анатомическим показателем PI и позиционным показателем SS, что свидетельствует о нарушении в кинетической системе «тазобедренные суставы – таз – пояснично-крестцовый отдел позвоночника» и может быть связано с наличием краниального смещения головки бедренной кости, что не наблюдается у детей с подвывихом бедра при БЛКП. Вместе с тем можно сделать предположение, что вне зависимости от этиологии подвывиха бедра приводит к изменению пространственного положения таза в виде его избыточной антеверсии, что формирует гиперлордотический тип вертикальной осанки по P. Rousouly [27]. Сформированное патологическое анатомо-биомеханическое взаимоотношение может способствовать развитию таких дегенеративно-дистрофических процессов в задней колонне поясничного отдела позвоночника, как «целующиеся» остистые отростки, дископатия переходного отдела и даже спондилолистез [28, 29].

Ограничение исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений, в частности достаточно малую когорту пациентов, что обусловлено невысокой частотой встречаемости подвывиха бедра в стадии фрагментации, а также отсутствие тематических публикаций. Необходимо продолжить изучение как исходного состояния позвоночно-тазового комплекса у данной категории пациентов, так и после проведения стабилизирующих реконструктивно-пластических операций при подвывихе бедра у пациентов с БЛКП.

Заключение

У детей с болезнью Легга–Кальве–Пертеса в стадии фрагментации с субтотальным или тотальным поражением эпифиза (группа III–IV по Catterall) и подвывихом бедра характерна избыточная антеверсия таза, что выражается в увеличении показателей угла наклона крестца (SS) и уменьшении угла отклонения таза (PT) в сочетании с гиперлордозом поясничного отдела позвоночника и отрицательным дисбалансом (резко отрицательные значения показателя SVA), а также перекосом таза в сторону пораженной конечности. Совокупность данных изменений у детей с данной патологией соответствует IV (гиперлордотическому) типу вертикальной осанки по P. Rousouly, что может способствовать развитию дегенеративно-дистрофических процессов в поясничном отделе позвоночника. При планировании и проведении стабилизирующих реконструктивно-пластических операций на тазобедренном суставе по поводу подвывиха бедра у пациентов с БЛКП необходимо учитывать имеющиеся патологические нарушения позвоночно-тазового комплекса с целью восстановления их правильных соотношений и профилактики развития дегенеративно-дистрофических процессов в пояснично-крестцовом отделе позвоночника.

Этическая экспертиза

Проведение исследования обсуждено и одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера» Минздрава России (Выписка из протокола № 21-3 от 01.07.2021 г.).

Информированное согласие

Законные представители пациентов дали согласие на участие в исследовании и публикацию его результатов.

Литература [References]

- Loder R.T., Skopelja E.N. The epidemiology and demographics of Legg-Calvé-Perthes disease. *ISRN Orthop.* 2011;2011:504393. doi: 10.5402/2011/504393.

2. Perry D.C., Hall A.J. The epidemiology and etiology of Perthes disease. *Orthop Clin North Am.* 2011;42(3):279-283, v. doi: 10.1016/j.ocl.2011.03.002.
3. Leroux J., Abu Amara S., Lechevallier J. Legg-Calvé-Perthes disease. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(1S):S107-S112. doi: 10.1016/j.otsr.2017.04.012.
4. Guerado E., Caso E. The physiopathology of avascular necrosis of the femoral head: an update. *Injury.* 2016;47 Suppl 6:S16-S26. doi: 10.1016/S0020-1383(16)30835-X.
5. Douglas G., Rang M. The role of trauma in the pathogenesis of the osteochondroses. *Clin Orthop Relat Res.* 1981;(158):28-32.
6. Catterall A. The natural history of Perthes' disease. *J Bone Joint Surg Br.* 1971;53(1):37-53.
7. Vaz G., Roussouly P., Berthonnaud E., Dimnet J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J.* 2002;11(1):80-87. doi: 10.1007/s005860000224.
8. Shefi S., Soudack M., Konen E., Been E. Development of the lumbar lordotic curvature in children from age 2 to 20 years. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(10):E602-608. doi: 10.1097/BRS.0b013e31828b666b.
9. Hasegawa K., Okamoto M., Hatsushikano S., Shimoda H., Ono M., Watanabe K. Normative values of spino-pelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of life in a cohort of healthy adult subjects. *Eur Spine J.* 2016;25(11):3675-3686. doi: 10.1007/s00586-016-4702-2.
10. Mac-Thiong J.M., Roussouly P., Berthonnaud E., Guigui P. Age- and sex-related variations in sagittal sacropelvic morphology and balance in asymptomatic adults. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):572-577. doi: 10.1007/s00586-011-1923-2.
11. Roussouly P., Pinheiro-Franco J.L. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):609-618. doi: 10.1007/s00586-011-1928-x.
12. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Овечкина А.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(3):74-82. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82
Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Ovechkina A.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu. [Clinical and roentgenological criteria of spino-pelvis ratios in children with dysplastic femur subluxation]. *Traumatalogiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(3):74-82. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82
13. Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Картавенко К.А., Ефремов А.М. Хирургическое лечение детей с врожденной деформацией поясничного и пояснично-крестцового отделов позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2012;(3):33-37.
Vissarionov S.V., Kokushin D.N., Kartavenko K.A., Efremov A.M. [Surgical Treatment of Children with Congenital Deformity of the Lumbar and Lumbosacral Spine]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2012;(3):33-37 (In Russian).
14. Продан А.И., Радченко В.А., Хвисяк А.Н., Куценко В.А. Закономерности формирования вертикальной осанки и параметров сагиттального позвоночно – тазового баланса у пациентов с хронической люмбалгией и люмбоишалгией. *Хирургия позвоночника.* 2006;(4):61-69
Prodan A.I., Radchenko V.A., Khvisyuk A.N., Kutsenko V.A. [Mechanism of vertical posture formation and parameters of sagittal spinopelvic balance in patients with chronic low back pain and sciatica]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2006;(4):61-69. (In Russian).
15. Murray K.J., Le Grande M.R. et. al Characterisation of the correlation between standing lordosis and degenerative joint disease in the lower lumbar spine in women and men: a radiographic study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):330. doi: 10.1186/s12891-017-1696-9.
16. Fukushima K., Miyagi M., Inoue G., Shirasawa E., Uchiyama K., Takahira N., Takaso M. Relationship between spinal sagittal alignment and acetabular coverage: a patient-matched control study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(11):1495-1499. doi: 10.1007/s00402-018-2992-z.
17. Аверкиев В.А., Кудяшев А.Л., Артюх В.А., Надулич К.А., Теремшонок А.В., Нагорный Е.Б. Особенности сагиттальных позвоночно-тазовых взаимоотношений у пациентов с коксовертебральным синдромом. *Хирургия позвоночника.* 2012;(4):49-54.
Averkiev V.A., Kudyashev A.L., Artyukh V.A., Nadulich K.A., Teremshonok A.V., Nagornyi E.B. [Features of spino - pelvic realtions in patients with hip – spine syndrome]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2012;(4):49-54. (In Russian).
18. Камоско М.М., Баиндурашвили А.Г. Диспластический коксартроз у детей и подростков (клиника, патогенез, хирургическое лечение). Санкт-Петербург: СпецЛит, 2010. С. 54-72.
Kamosko M.M., Baindurashvili A.G. [Dysplastic coxarthrosis in children and adolescents (clinical picture, pathogenesis, surgical treatment)]. Saint Petersburg: SpetsLit, 2010. p. 54-72.
19. Hesarikia H., Rahimnia A. Differences between male and female sagittal spinopelvic parameters and alignment in asymptomatic pediatric and young adults. *Minerva Ortopedica e traumatologica.* 2018;69(2):44-48. doi: 10.23736/S0394-3410.18.03867-5.
20. Продан А.И., Радченко В.А., Хвисяк А.Н., Куценко В.А. Закономерности формирования вертикальной осанки и параметров сагиттального позвоночно – тазового баланса у пациентов с хронической люмбалгией и люмбоишалгией. *Хирургия позвоночника.* 2006;(4):61-69
Prodan A.I., Radchenko V.A., Khvisyuk A.N., Kutsenko V.A. Mechanism of vertical posture formation and parameters of sagittal spinopelvic balance in patients with chronic low back pain and sciatica. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2006;(4):61-69. (In Russian).
21. Fukushima K., Miyagi M., Inoue G., Shirasawa E., Uchiyama K., Takahira N., Takaso M. Relationship between spinal sagittal alignment and acetabular coverage: a patient-matched control study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(11):1495-1499. doi: 10.1007/s00402-018-2992-z.
22. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Поздникин И.Ю., Барсуков Д.Б. Оценка состояния позвоночно-тазовых соотношений у детей с двусторонним высоким стоянием большого вертела. *Современные проблемы науки и образования.* 2020;(1):65. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29513>.
Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Pozdnikin I.Yu., Barsukov D.B. [Evaluation of conditions of spino-pelvic ratios in children with

- bilateral high riding trochanter]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2020;(1):65. (In Russian). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29513>.
23. Le Huec J.C., Roussouly P. Sagittal spino-pelvic balance is a crucial analysis for normal and degenerative spine. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):556-557. doi: 10.1007/s00586-011-1943-y.
 24. Abelin K., Vialle R., Lenoir T., Thévenin-Lemoine C., Damsin J.P., Forin V. The sagittal balance of the spine in children and adolescents with osteogenesis imperfecta. *Eur Spine J*. 2008;17(12):1697-1704. doi: 10.1007/s00586-008-0793-8.
 25. Прудникова О.Г., Аранович А.М. Клинико-рентгенологические аспекты сагиттального баланса позвоночника у детей с ахондроплазией. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2018;6(4):6-12. doi: 10.17816/pToRS646-12.
Prudnikova O.G., Aranovich A.M. [Clinical and radiological aspects of the sagittal balance of the spine in children with achondroplasia]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2018;(6)4:6-12. (in Russian). doi: 10.17816/pToRS646-12.
 26. Kitoh H., Kitakoji T., Katoh M., Ishiguro N. Sagittal spinal alignment in patients with Legg-Calve-Perthes disease. *Pediatr Int*. 2007;49(5):612-617. doi: 10.1111/j.1442-200X.2007.02428.x.
 27. Roussouly P., Berthonnaud E., Dimnet J. [Geometrical and mechanical analysis of lumbar lordosis in an asymptomatic population: proposed classification]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2003;89(7):632-639. (In French).
 28. Jackson R.P., Phipps T., Hales C., Surber J. Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(2):151-160. doi: 10.1097/00007632-200301150-00011.
 29. Sorensen C.J., Norton B.J., Callaghan J.P., Hwang C.T., Van Dillen L.R. Is lumbar lordosis related to low back pain development during prolonged standing? *Man Ther*. 2015;20(4):553-557. doi: 10.1016/j.math.2015.01.001.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бортулёв Павел Игоревич — канд. мед. наук, руководитель отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>

Виссарионов Сергей Валентинович — член-корреспондент РАН, д-р мед. наук, профессор, директор, руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр 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
vissarionovs@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>

Барсуков Дмитрий Борисович — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия.
dbbarsukov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>

Поздникин Иван Юрьевич — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
pozdnikin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>

AUTHORS' INFORMATION:

Pavel I. Bortulev — Cand. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia
e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>

Sergei V. Vissarionov — Corresponding member of RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery; Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia
vissarionovs@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>

Dmitry B. Barsukov — Cand. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia
dbbarsukov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>

Ivan Y. Pozdnikin — Cand. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia
pozdnikin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>

Басков Владимир Евгеньевич — канд. мед. наук, руководитель управления по взаимодействию с регионами, ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера” Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

dr.baskov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>

Баскаева Тамила Владимировна — врач-травматолог - ортопед отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера” Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

tamila-baskaeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>

Познович Махмуд Станиславович — научный сотрудник генетической лаборатории центра редких и наследственных заболеваний у детей, ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера” Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

poznovich@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2534-9252>

Vladimir E. Baskov – Cand. Sci. (Med.), H. Turner National Medical Research Center for Children’s Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

dr.baskov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>

Tamila V. Baskaeva — H. Turner National Medical Research Center for Children’s Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

tamila-baskaeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>

Makhmud S. Poznovich — H. Turner National Medical Research Center for Children’s Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

poznovich@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2534-9252>

Заявленный вклад авторов

Бортулёв П.И. — разработка дизайна и методологии исследования, формулировка цели, написание всех разделов статьи, сбор и анализ данных, анализ литературы.

Виссарионов С.В. — этапное и заключительное редактирование текста.

Барсуков Д.Б. — сбор данных результатов обследования пациентов, этапное редактирование текста статьи.

Поздникин И.Ю. — сбор данных обследования пациентов, этапное редактирование текста.

Басков В.Е. — сбор данных результатов обследования пациентов.

Баскаева Т.В. — сбор данных результатов обследования пациентов.

Познович М.С. — сбор данных результатов обследования пациентов

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.



Unstable Fractures Osteosynthesis of Malleoli and Posterior Edge of the Tibia Using Posterolateral Surgical Approach

Igor G. Belenkiy^{1,8}, Boris A. Maiorov^{2,5}, Aleksandr Yu. Kochish^{3,4}, Gennadii D. Sergeev^{1,8}, Viktor E. Savello¹, Andrei E. Tul'chinskii⁶, Yurii V. Refitskii¹, Maksim V. Isaev⁷

¹ St. Petersburg Dzhanelidze Emergency Research Institute, St. Petersburg, Russia

² St. Petersburg First Pavlov State Medical University, St. Petersburg, Russia

³ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

⁴ Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

⁵ Interdistrict Clinical Hospital of Vsevolozhsk, Leningrad Region, Russia

⁶ Interdistrict Clinical Hospital of Tosno, Leningrad Region, Russia

⁷ Interdistrict Clinical Hospital of Gatchina, Leningrad Region, Russia

⁸ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. The malleoli fractures in combination with the fractures of posterior edge of the tibia are considered unstable injuries and present particular difficulties in surgical treatment. **The aim of the study** was to evaluate short-term and mid-term results of osteosynthesis on account of unstable fractures of malleoli and posterior edge of the tibia using posterolateral surgical approach. **Materials and methods.** The analysis of short-term and mid-term results of the treatment of 29 patients with malleoli fractures types 44-B3 and 44-C1.3, C2.3 and C3.3 (according to the AO classification) with the involvement of the Volkman's posterior tibia fragment was performed in traumatology departments of three hospitals during the period from January 2019 to September 2020. In all 29 cases the fracture of the posterior edge of the tibia was classified as type 1 according to the classification of N. Haraguchi et al. All patients underwent osteosynthesis of the posterior edge of the tibia and the lateral malleolus via posterolateral surgical approach. Combined fracture of the medial malleolus was fixed via classical medial approach. 5 patients (17.2%) with continued instability of the distal tibiofibular syndesmosis underwent fixation with positional screw. Functional results, as well as the range of motions in the ankle joint were evaluated with the use of AOFAS and Neer scales 3, 6 and 12 months after surgery. **Results.** Statistically significant improvement in functional outcomes over time was noted when evaluated on the AOFAS scale ($p < 0.05$) and on the Neer scale ($p < 0.01$). 12 months after the surgery these points were 83.2 ± 13.4 and 87.8 ± 16.8 respectively. Complications were noted in 5 patients (17.24%). Deep periimplant infection was registered just in one case, another patient had marginal necrosis of the operative wound. Three patients had clinically significant post-traumatic deforming arthritis of the ankle joint. **Conclusions.** Posterolateral surgical approach has advantages when performing osteosynthesis in patients of the studied profile and enables anatomical reduction and stable fixation of fragments of the Volkman's posterior edge of the tibia, which provides the possibility of early mobilization of the ankle joint and has positive effect on the results of treatment.

Keywords: malleolar fracture, tibial posterior edge fracture, osteosynthesis of malleolar fractures, posterolateral surgical approach.

Funding: state budgetary funding.

Cite as: Belenkiy I.G., Maiorov B.A., Kochish A.Yu., Sergeev G.D., Savello V.E., Tul'chinskii A.E., Refitskii Yu.V., Isaev M.V. [Unstable Fractures Osteosynthesis of Malleoli and Posterior Edge of the Tibia Using Posterolateral Surgical Approach]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):29-42. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-29-42>. (In Russian).

✉ Igor G. Belenkiy; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Received: 31.07.2021. Accepted for publication: 14.09.2021.



Научная статья

УДК 616.718.5/6-001.5-089.84

<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-29-42>

Остеосинтез нестабильных переломов лодыжек и заднего края большеберцовой кости из заднелатерального хирургического доступа

И.Г. Беленький^{1,8}, Б.А. Майоров^{2,5}, А.Ю. Кочиш^{3,4}, Г.Д. Сергеев^{1,8}, В.Е. Савелло¹,
А.Э. Тульчинский⁶, Ю.В. Рефицкий¹, М.В. Исаев⁷

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»,
г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО России, г. Санкт-Петербург, Россия

⁵ ГБУЗЛО «Всеволожская клиническая межрайонная больница», г. Всеволожск, Россия

⁶ ГБУЗЛО «Тосненская клиническая межрайонная больница», г. Тосно, Россия

⁷ ГБУЗЛО «Гатчинская клиническая межрайонная больница», г. Гатчина, Россия

⁸ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Переломы лодыжек в сочетании с переломами заднего края большеберцовой кости (ББК) являются нестабильными повреждениями и представляют особые сложности в хирургическом лечении. **Цель работы** — оценить ближайшие и среднесрочные результаты остеосинтеза при нестабильных переломах лодыжек и заднего края большеберцовой кости с использованием заднелатерального хирургического доступа. **Материал и методы.** Выполнен анализ ближайших и среднесрочных результатов лечения 29 больных с переломами лодыжек типов 44-B3 и 44-C1.3, C2.3 и C3.3 по классификации АО с вовлечением заднего фрагмента Фолькмана ББК. У всех пациентов перелом заднего края ББК был классифицирован как тип I по классификации N. Naguchi. Всем больным выполнен остеосинтез фрагмента заднего края ББК и латеральной лодыжки из заднелатерального доступа. Сочетанный перелом медиальной лодыжки фиксировали из медиального доступа. У 5 (17,2%) пациентов при сохраняющейся нестабильности дистального межберцового сочленения выполняли его фиксацию позиционным винтом. Функциональные результаты по шкалам AOFAS и Neer, а также амплитуду движений в голеностопном суставе оценивали в сроки 3, 6 и 12 мес. после операций. **Результаты.** Улучшение функциональных исходов с течением времени отмечалось по шкалам AOFAS ($p < 0,05$) и Neer ($p < 0,01$). На сроке 12 мес. эти показатели составили $83,2 \pm 13,4$ и $87,8 \pm 16,8$ баллов соответственно. Осложнения были отмечены у 5 (17,2%) пациентов. Глубокая периимплантная инфекция зарегистрирована в одном случае, еще у одного больного отмечен краевой некроз послеоперационной раны. У трех больных имелся клинически значимый посттравматический деформирующий артроз голеностопного сустава. **Заключение.** Заднелатеральный хирургический доступ имеет преимущества при выполнении остеосинтеза и позволяет добиться анатомичной репозиции и стабильной фиксации отломков заднего края ББК Фолькмана, что обеспечивает возможность ранней разработки движений в голеностопном суставе и положительно сказывается на результатах лечения.

Ключевые слова: переломы лодыжек, переломы заднего края большеберцовой кости, остеосинтез, заднелатеральный хирургический доступ.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Беленький И.Г., Майоров Б.А., Кочиш А.Ю., Сергеев Г.Д., Савелло В.Е., Тульчинский А.Э., Рефицкий Ю.В., Исаев М.В. Остеосинтез нестабильных переломов лодыжек и заднего края большеберцовой кости из заднелатерального хирургического доступа. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):29-42. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-29-42>.

Беленький Игорь Григорьевич; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Рукопись поступила: 31.07.2021. Принята в печать: 14.09.2021.

Background

One of the most frequent intraarticular injuries are unstable malleolar fractures [1]. Such injuries are usually associated with subluxations or dislocations of the ankle joint due to the lesion of its stabilizing ligaments, and in 7–40% of cases they are also combined with the fracture of posterior edge of distal tibia with formation of one or more bone fragments in the area of the anatomical Volkmann triangle [2, 3]. This combination of fractures forms a group of severe unstable injuries of the ankle joint, which present certain difficulties in surgical treatment.

According to experts, the results of surgical treatment of such fractures, unfortunately, are worse in comparison with the injuries without the fracture of posterior tibial fragment and are far from desirable [4]. In particular, a large percent of complications and unsatisfactory outcomes remains, primarily associated with mistakes in the restoration of the ankle anatomy, especially the articular surface of the tibia. At the same time, according to some authors, the percent of post-traumatic arthrosis in patients with malleolar fractures, including fractures of posterior edge of the tibia can reach 40% [5]. And, as it became clear analyzing the pre- and postoperative results of computer tomography (CT), this often happens due to neglect of osteosynthesis or incorrect reduction and fixation of fragments of posterior edge of the tibia.

After studying the publications, we came to the conclusion that in the absolute majority of cases, the best surgical treatment tactics for unstable malleolar fractures associated with fractures of posterior edge of the tibia is anatomical reduction and fixation of all components of such fractures [6]. For these purposes, the use of posterolateral surgical approach seems to be very promising, so that it is considered convenient to perform an open direct reduction and fixation of the posterior Volkmann fragment, and it is also possible to perform osteosynthesis of the lateral malleolus. Some foreign publications also indicate that the posterolateral approach is ideal for one of the most frequent variants of discussed injuries: the lateral malleolus fracture in (with) the presence of large fragment of the posterior edge of the tibia, but it is used in clinical practice quite rarely [7]. This is due to the lack of knowledge regarding the details of the surgical

technique, possibilities for osteosynthesis, fears of damaging important anatomical structures or disrupting the blood supply of the skin, but most importantly – the lack of information about the outcomes of osteosynthesis performed via posterolateral approach. All the factors mentioned above determined the aim of our study.

The aim of the study was to evaluate the short-term and mid-term results of osteosynthesis of unstable malleolar fractures and posterior edge of the tibia using posterolateral surgical approach.

Materials and methods

Design of the study

A retrospective cohort observational multicenter clinical study is based on the analysis of the results of surgical treatment of malleolar fractures types 44-B3 and 44-C1.3, C2.3 and C3.3 according to the AO classification involving the posterior fragment of Volkman in the orthopedic departments of three hospitals of the Leningrad region (Tosnenskaya, Gatchinskaya and Vsevolozhskaya Clinical Hospitals) from January 2019 to September 2020. A total of 302 patients with fractures of segment 44 according to the AO classification underwent surgery during this period.

Patients who met the following criteria were included in the study group:

- isolated closed injury with fractures of types 44-B3 and 44-C1.3, C2.3 and C3.3 according to the AO classification;
- age of patients older than 18 years;
- absence of chronic diseases in the stage of sub- and decompensation, oncological pathology and chronic usage of glucocorticoids;
- the time from the injury is no longer than 30 days.;
- treatment of fractures of posterior edge of the tibia and lateral malleolus using posterolateral surgical approach.

A total of 29 patients (6 men and 23 women) were included in the study, whose average age ranged from 31 to 86 years (on average 52±15 years).

According to the AO classification, in 25 (86.2%) cases fracture type was 44-B3 (transyndesmototic fracture of the lateral malleolus in combination with fractures of the medial malleolus or rupture of the medial ligament complex

and with the fracture of the posterior edge of the tibia), in 1 (3.4%) case – type 44–C1.3 (simple suprasyndesmotoc fracture of the fibula with the fracture of the posterior edge of the tibia and medial malleolus), in 1 (3.4%) case – type 44–C2.3 (comminuted suprasyndesmotoc fracture of the fibula with the fractures of posterior edge of the tibia and medial malleolus) and in 2 (6.8%) cases – type 44–C3.3 (high fracture of the fibula in combination with the fracture of posterior edge of the tibia and medial malleolus).

The size of posterior edge of the tibia fragment was measured on radiographs in the lateral view relative to the sagittal size of the articular surface of the tibia. In 8 (28%) patients, this size was less than 0.3, but was sufficient for fixation; in 3 patients it was close to 0.5 (10%), and in 18 patients it was 0.3–0.4 of the length of the articular surface of the tibia in the lateral view (projection) (62%). Taking into account the results of measurements on radiographs in all patients, the fracture of posterior edge of the tibia was classified as type I according to the classification of N. Haraguchi et al. [8].

In the majority of patients (26 or 89.7%) the mechanism of the injury was a low-energy trauma and usually involved ankle joint rotation when falling from their own height. One patient (3.4%) in the study group was injured when falling down the stairs, and two more (6.9%) received a direct blow to the ankle joint.

Primary trauma care in most cases (17 patients – 56%) consisted of closed manual reduction of bone fragments using local anesthesia and subsequent plaster immobilization. However, in 11 (37.9%) patients the result of the primary closed reduction was unsatisfactory with the presence of a significant displacement of bone fragments. In this situation skeletal traction was applied. In one case (3.4%) an external fixation device with ankle joint immobilization was applied as the first stage of the surgical treatment.

The individual architectonics of fractures were evaluated on the basis of radiograms of the ankle joint and lower leg in three standard views – anteroposterior, lateral and anteroposterior with internal rotation of the foot by 15–20°. In 15 cases (51.7%) CT of the ankle joint was performed in the preoperative period, which allowed to study in details the features of the fracture, to assess the degree of involvement of posterior Volkman

fragment and articular surface of the distal tibia. The decision on the requirement of posterolateral surgical approach and open fixation of posterior edge of the tibia was made based on the classification of N. Haraguchi [8]. The chosen method of osteosynthesis was used in the case of the patients with the fracture of posterior fragment of the tibia type I according to N. Haraguchi – posterolateral fragment with an oblique plane of the fracture [8]. We included these patients in the study. In most cases (86.2%) operations were performed under spinal anesthesia. The rest were performed under endotracheal anesthesia.

Surgical technique

Posterolateral surgical approach was performed with the patients in prone or lateral decubitus position. A linear longitudinal incision of the skin was performed in the middle of the distance between the posterior edge of the fibula and the lateral edge of the Achilles tendon from the tip of the lateral malleolus proximally. The length of the approach was determined by the localization and the type of fracture of the fibula and usually did not exceed 10–12 cm.

It should be noted that the sural nerve, which is located in the subcutaneous fat in the zone of incision, is at risk to be damaged using this approach. To prevent its damaging, it was identified in the wound and was retracted to the side and protected by plate retractor. The crural fascia was dissected along the cutaneous incision line, the peroneus muscle tendons were also displaced medially or laterally, depending on the approach being formed to the posterolateral surface of the lateral malleolus or to the posterior edge of the tibia. To expose and visualize the tibia, the deep fascia was also dissected and the tendon of the flexor hallucis longus, which protects the posterior tibial neurovascular bundle, was retracted medially. In case of combined injury of the lateral malleolus and posterior edge of the tibia, the Volkman fragment was initially reduced and fixed, which made it possible to restore distal syndesmosis partially and facilitated subsequent osteosynthesis of the lateral malleolus. We tried to achieve the "tooth to tooth" reduction of the tip of the Volkman fragment and the corresponding place on the distal metaepiphysis of the tibia. To create an interfragmental compression pointed bone clamp was applied temporarily, then 4.0 mm cancellous

screws with a short thread were applied perpendicular to the fracture plane and parallel to the plane of the articular surface, trying to position it in the subchondral layer of the tibia. Notably in 9 (31.0%) patients with sufficiently large fragment of posterior edge of the tibia, which does not tend to displace proximally, its fixation was performed only with screws (Fig. 1).

1/3-tubular, reconstructive, small T-shaped plates were used for the fixation of comminuted fractures of the posterior Volkman fragment.

This method of fixation was chosen in 20 (68.9%) patients (Fig. 2). In some cases, the method of sequential tightening of the plate to the main fragment with 3.5 mm cortical screws from top to bottom was used, thereby achieving some displacement of posterior edge of the tibia downwards and anti-glide effect. In all cases intraoperative X-ray control in lateral and AP views was used to assess the reduction of posterior fragment of the tibia and to control the position of the implants.



Fig. 1. Malleolar fracture type 44-B3 and the osteosynthesis result in patient 46 y.o.: a, b – primary X-rays in AP and lateral views; c, d – postoperative X-rays – the posterior edge of the tibia fragment is fixed with two 4.0 mm cancellous screws

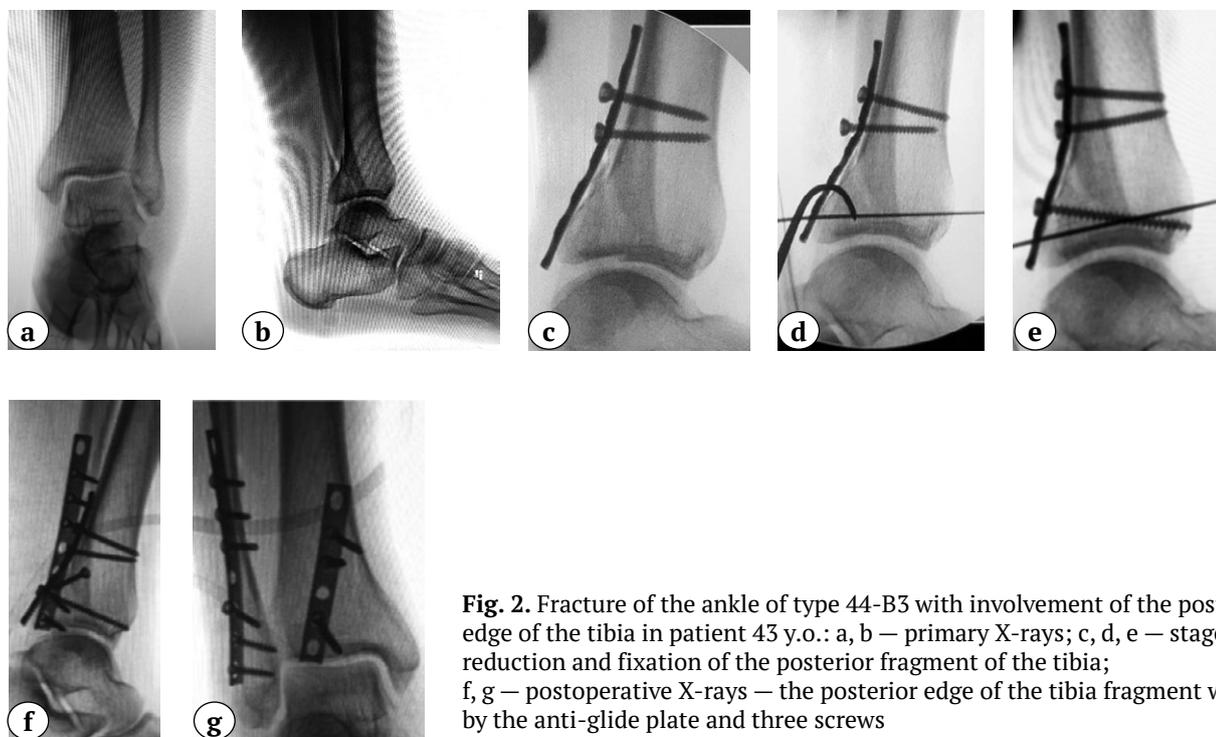


Fig. 2. Fracture of the ankle of type 44-B3 with involvement of the posterior edge of the tibia in patient 43 y.o.: a, b – primary X-rays; c, d, e – stages of reduction and fixation of the posterior fragment of the tibia; f, g – postoperative X-rays – the posterior edge of the tibia fragment was fixed by the anti-glide plate and three screws

An open reduction of the lateral malleolus was performed via the same approach. Depending on the type of fracture of the fibula, anatomical reduction and interfragmental lag screw through the plate were used for oblique fractures and restoration of the fibula length and splinting – for comminuted fractures. 1/3-tubular plate was traditionally oriented along the posterolateral or lateral surface of the fibula.

In 5 (17.2%) patients the persistent instability of the distal syndesmosis, diagnosed by intraoperative hook test and valgus stress test [9], was fixed with a positional screw according to generally accepted technique. It should be noted that the advantage of this posterolateral approach is the possibility to apply the positional screw from the outside to the inside and from back to front without technical difficulties.

Associated fractures of the medial malleolus were fixed via separate classical medial approach. In most clinical cases – in 17 patients (58.6%) – osteosynthesis of the medial malleolus was performed with two 4.0 mm cancellous screws with a short thread. Fixation with one 4.0 mm screw and two K-wires and a tension band was performed in 7 (24.0%) patients. In 2 (6.8%) cases a large fragment of the medial malleolus was fixed with a plate. 5 (17.2%) patients had no fracture of the medial malleolus, and 1 of these patients had the lateral subluxation of the talus after osteosynthesis of the lateral malleolus and posterior edge of the tibia, which required revision of the medial ligament complex. During the revision, the interposition of the damaged deltoid ligament between the articular surfaces was revealed, which was eliminated intraoperatively by the subsequent deltoid ligament suture. In 4 remaining cases no intervention on the medial ligamentous complex of the ankle joint was performed.

All surgeries were completed with control radiographs using intraoperative X-ray in three standard projections (anteroposterior, anteroposterior with internal rotation and lateral). The congruence of articular surfaces of the tibia and talus, as well as the position of the screws and implants were evaluated. The results of the reduction of posterior fragment of the tibia were evaluated in three gradations, depending on the presence of a residual displacement of the articu-

lar surface in the form of a "step" and/or widening of the fracture gap on the lateral radiograph. At the same time, the reduction was considered "excellent" (anatomical) in case of the absence of the "step", absence of widening of the fracture gap and absence of subluxation of the talus, visible on AP and lateral views with total congruence of the articular surfaces (the same distance between the articular surfaces of the talus, tibia and fibula). A satisfactory reduction assumed the presence of the step of the articular surface and/or widening of the fracture gap of no more than 2 mm, and an unsatisfactory one was characterized by the step of articular surface and/or widening of the fracture gap of more than 2 mm and/or subluxation of the talus.

Wound closure and drainage were performed according to the generally accepted technique, avoiding tension in the wound edges. Since the second day after the surgery, active movements in the ankle joint were recommended. Axial load was limited in average for 2.5–3 months after the surgery until the signs of consolidation of fractures appeared. Control radiographs were performed the day after the surgery and in 1.5, 3, 6 and 12 months. The positional screw (if used) was removed 8–10 weeks after the surgery.

Evaluation of results

The assessment of fracture consolidation was performed on the basis of control radiographs at the time indicated above. Consolidation of the fracture was confirmed in the case of the presence of callus or absence of the fracture line in the AP and lateral views. Special attention was paid to the signs of subluxation of the talus, increase of deformation, secondary displacement and migration of implants. The functional outcome of the treatment was evaluated in 3, 6 and 12 months after surgery using the AOFAS and Neer scales. In 3 months, the functional outcome was assessed in 24 (82.8%) patients, in 6 months – in 21 patients (72.4%), and in 12 months – in 17 (58.6%) patients.

The range of motion of the ankle joint was measured in 3, 6 and 12 months after surgery. The following guidelines and estimated characteristics of movement restriction were used. The range of motions is normal: extension – 70–75°, flexion – 135–140° (the measurement is performed from the angle of 90° – functionally

advantageous position of the foot); moderate restriction: extension – 80–85°, flexion – 110–130°; significant restriction: extension – 90–95°, flexion – 90–105°; pronounced: extension and flexion within 10°. The range of motion of the ankle joint was calculated summing of deviations from the zero position of the foot (90° relative to the axis of the lower leg) with its plantar and dorsal flexion. The data obtained were used for calculating values on the AOFAS and Neer scales, and the range of motion of the ankle joint was also evaluated (estimated).

Early and delayed complications of osteosynthesis were analyzed separately, such as deep and superficial infectious complications, migration of implants, delayed consolidation of fractures, secondary displacement of bone fragments, post-traumatic arthrosis.

Statistical analysis

Statistical analysis of the obtained quantitative data was carried out using the programs "Data Analysis" and "Chart Wizard" of the Excel spreadsheet editor, as well as the Basic Statistics/Tables modules of the Statistica for Windows statistical data processing software package. The mean values and their standard deviations, median, quartiles, maximum and minimum values were calculated using the programs mentioned above. Since the type of distribution of the results obtained does not correspond to normal, nonparametric criteria were used in the statistical analysis of changes in values.

The statistical significance of the differences in the range of motion of the ankle joint and the scores reflecting the functional results of treatment according to the AOFAS and Neer scales was assessed using non-parametric tests.

Differences in values were considered statistically significant at $p < 0.05$. The frequency of complications and clinical signs characterizing the result of surgical treatment were also analyzed.

Results

The duration of preoperative preparation ranged from 3 to 25 days (mean value 10.3 ± 5.8 days), which confirms the severity of the injury studied and significant soft tissue damage in this unstable injury of the ankle joint. It should also be noted that in 20 (68.9%) cases a significant deformation of the ankle joint remained, as was not eliminated

during the primary closed reduction of fractures or was caused by secondary displacement of bone fragments after regression of soft tissue swelling. In our opinion this fact confirms once again the importance of surgical treatment of patients with discussed injuries.

Open reduction and internal fixation of the posterior edge of the tibia via posterolateral surgical approach made it possible to achieve proper restoration of anatomy of the articular surface and congruence of the articular surfaces of the ankle joint in most patients. Based on the established signs, in 23 (79.3%) patients, as a result of open reduction of the posterior Volkman fragment and osteosynthesis of the lateral and in some cases medial malleolus, a complete anatomical reduction of articular surfaces of the ankle joint was achieved, and in 4 patients (13.8%), the reduction was satisfactory. However, 3 (10.3%) patients had the step up to 2 mm between the anterior part of the articular surface of the tibia and its posterior edge, and in 1 (3.4%) case a widening of the fracture gap up to 2 mm remained visible on the radiograph in the lateral view. Another 2 (6.9%) patients had unsatisfactory results of reduction due to the preserved valgus position of the foot and a small wedge-shaped articular gap of the ankle joint revealed on the control radiograph in AP view. In our opinion, the existing subluxation of the talus, revealed on the radiograph in the AP view, was most likely due to the malreduction of the lateral malleolus and its incorrectly restored length, since the position of the Volkman fragment in the lateral projection was correct.

There was no significant residual displacement of the articular surface of more than 2 mm and significant widening of the fracture gap in patients, that indicates the effectiveness of osteosynthesis of posterior edge of the tibia via posterolateral surgical approach, which in most cases gives the ability to achieve more precise reduction of bone fragments under direct visual control. We also took into account the results of intraoperative X-rays, which are considered an essential part of the discussed method of osteosynthesis. The average time of the X-ray exposure was 33.8 ± 18.7 seconds.

Follow-up (control) examinations of patients were performed (carried out) in 3, 6 and 12 months after surgery., In 3 months radiological signs of fracture consolidation were noted in most cases.

The control radiographs in the AP and lateral views showed no signs of fracture gap in the case of simple fractures of the posterior edge of the tibia, medial and lateral malleolus in 19 out of 24 patients (79.2%) examined within 3 months. However, the callus was clearly visible in case of comminuted fractures of the lateral malleolus. No cases of fracture non-union of posterior edge of the tibia and lateral malleolus were observed in 6 months after osteosynthesis. However, one patient had aseptic necrosis of the fragment of the medial malleolus with partial migration of the implants.

The range of motion of the ankle joint in most patients increased in dynamics ($p < 0.01$). The mean values of these measures are shown in Table 1. 6 months after the osteosynthesis, 5 (23.8%) patients had moderate restriction of movements in the ankle joint; 1 (4.7%) patient had significant restrictions, but no pronounced restriction was noted. 12 months after the surgery moderate restriction of movements in the ankle joint was noted only in 3 (17.6%) patients, and there were no significant or pronounced restrictions in 17 patients examined at this period.

The functional result was evaluated at the same time as the range of motion of the ankle joint, and the corresponding data are presented in Table 1. In most patients there was a clear progress in functional results according to both evaluation scales used, and the final values obtained 12 months after the osteosynthesis show excellent functional results in 14 (82.4%) out of 17 examined patients.

The case of patient with a type 44-B3 fracture having excellent result of surgical treatment using the described method is shown in Figure 3.

According to the data obtained, there was a statistically significant increase of the score according to the AOFAS scale ($p < 0.01$). A statistically significant improvement in functional outcomes over time was also noted according to the Neer scale ($p < 0.01$). Patients reported the absence of pain syndrome, even after physical activity, no limping, sufficient range of motion of the ankle joint, comparable to that before the injury and to the range of motion of joint of uninjured leg, as well as the ability to play sports and return to professional activity.

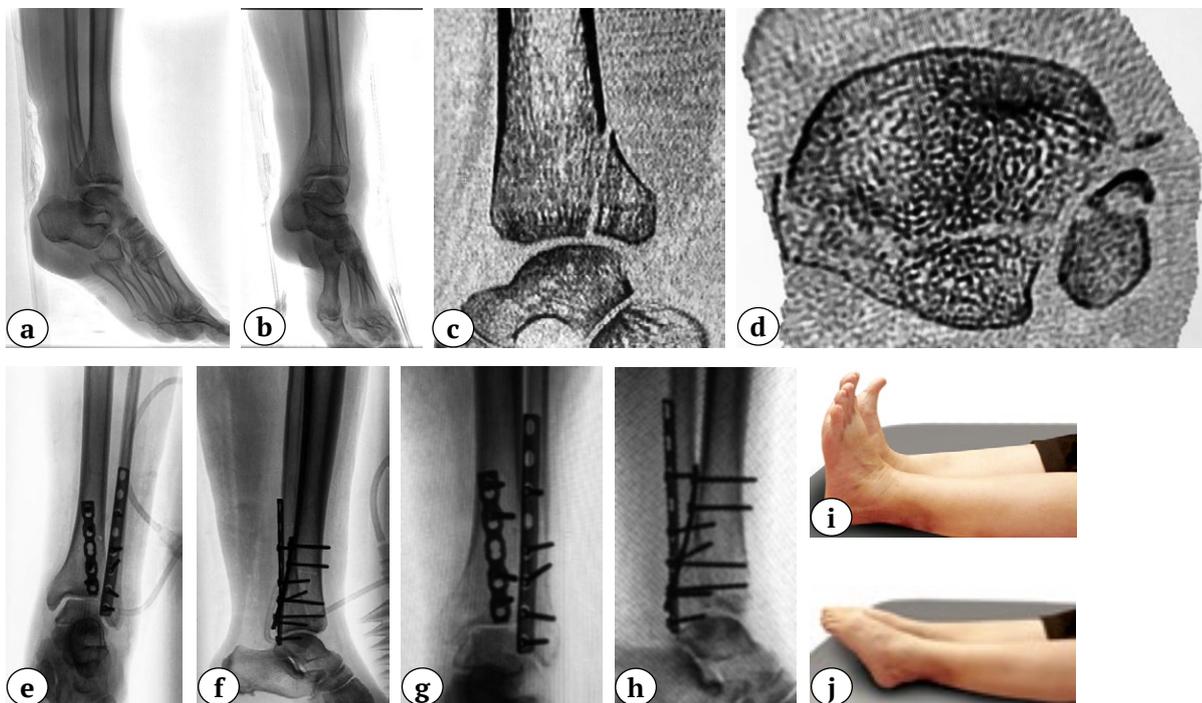


Fig. 3. Excellent result of surgical treatment of patient 58 y. o. with a 44-B3 fracture after osteosynthesis: a, b – primary X-rays in AP and lateral views; c, d – CT scans show the size of the posterior edge of the tibia; e, f – postoperative X-rays in AP and lateral views – anatomical reduction of the ankle joint; g, h – X-rays 3 months after injury – consolidation of fractures; i, j – functional result within 12 months after injury

Table 1

Dynamic of functional results of osteosynthesis

Parameter	Follow-up period								
	3 months			6 months			12 months		
	M±SD	Me/Q1/Q3	Min/Max	M±SD	Me/Q1/Q3	Min/Max	M±SD	Me/Q1/Q3	Min/Max
The range of motions of the ankle joint, degree.	47,2±13,9	50/37,5/60	20/65	56,4±9,7	50/37,5/60	20/65	62,2±5,1	60/51,25/65	35/65
Functional result according the AOFAS scale, points	71,6±10,1	74/66,5/80	46/84	72,6±11,4	74/66,5/80	46/84	83,2±13,4	80,5/75,75/84	56/90
Functional result according the Neer scale, points	67,4±15,0	72/67,5/74	14/76	84,6±13,0	72/67,5/74	14/76	87,8±16,8	89/80/94	50/96

M±SD – mean value±standard deviation; Me – median; Q1 – first quartile; Q3 – third quartile; Min – minimum value; Max – maximum value.

Complications

Complications were noted in 5 (17.24%) patients. An early complication, deep infection of the surgical area was recorded in one (3.4%) patient. The preoperative period was complicated by the development of acute alcoholic psychosis and lasted up to 25 days, which led to the loss of primary reduction of bone fragments and to prolonged skeletal traction. On the 8th day after the surgery, the patient had a purulent wound exudate, which required revision surgery, early removal of implants and led to poor functional result, evaluated 3 months after the surgery.

Another patient on the third day after the surgery had marginal necrosis of the skin in the area of the posterolateral surgical approach without purulent exudate and manifestations of acute inflammation. On the 20th day after the surgery, a necrectomy was performed without exposing the implants. The wound healed per secondary intention with application of ointment dressings and without subsequent complications. The patient was followed up to 12 months after osteosynthesis – fractures consolidated, and there were no signs of early post-traumatic arthrosis on the control radiographs. The range of motion of the ankle joint was satisfactory with minor limitations, and

the functional results were 78 points according to the AOFAS scale and 86 points according to the Neer scale.

One 80-year-old patient had signs of aseptic necrosis of the medial malleolus with migration of the K-wires and wire tension band 3 months after surgery, that were noted on control radiographs, which significantly worsened the functional and radiological outcomes of the treatment. The patient refused revision surgery and had to use an additional external immobilization of the ankle joint with an orthosis.

Posttraumatic arthrosis developed in 3 (10.3%) cases 12 months after osteosynthesis. One of these patients, 80 years old, is described above. Two more patients, due to inaccurate intraoperative reduction of bone fragments in the form of a residual step up to 2 mm, early developed post-traumatic arthrosis, visible on control X-rays, which manifested by decrease of the articular gap and sclerosis of the subchondral bone. They also had a relative decrease in functional results: 60 and 68 – according to the AOFAS scale and 66 and 70 points – according to the Neer scale, as well as moderate restrictions of the range of motion of the ankle joint: the amplitude was 35° and 45°.

Discussion

Traditionally, it was considered that the indication for osteosynthesis of fractures of posterior edge of the tibia is the presence of a fragment of posterior edge containing 1/3 or more of the articular surface [6, 10]. This approach led to the non-observance of basic principles of treatment of intraarticular fractures, which consist of complete restoration of anatomy of the articular surface in combination with stable fixation of bone fragments with subsequent early active movements in the damaged joint. One of the factors hindering the development of surgical technologies was insufficient knowledge of methods of accurate diagnosis of architectonics and technique of surgical treatment of fractures of posterior edge of the tibia. That is why some authors use closed reduction with wire fixation or external fixation devices as a method of definitive treatment of such fractures till nowadays [11, 12].

However, in the recent years modern traumatology shows tendency to revise approaches to the surgical treatment of many intraarticular fractures, including unstable fractures of malleoli and the posterior edge of the tibia, regardless of the size of bone fragments containing the articular surface [13]. This is primarily due to the routine use of spiral computer tomography in many trauma hospitals to analyze individual fracture architectonics, to plan surgical treatment and to evaluate its results.

The desire to improve the quality of bone fragments reduction and fixation in such fractures led to development and clinical testing of new surgical approaches that provide better visualization and wide range of manipulations with bone fragments, including fragments of articular surfaces. One of these relatively new approaches, which has not yet become widespread in our country, is the posterolateral approach, which we used for osteosynthesis of combined fractures of posterior edge of the tibia and lateral malleolus [14]. Therefore, the study of potential, advantages and disadvantages of this approach, as well as assessment of the short-term and mid-term results of osteosynthesis performed while using it for unstable fractures of posterior edge of the tibia and malleoli, were chosen as the aim of our study.

One year follow-up of 29 patients with unstable fractures of malleoli and posterior edge of the tibia included in the study allowed us to establish a number of facts. In particular, it was shown

that in 23 (79.3%) patients open reduction and internal fixation of posterior Volkman fragment and osteosynthesis of the lateral malleolus via the posterolateral surgical approach, and in some cases also the medial malleolus via the standard medial approach, give opportunities to achieve proper anatomical reduction of articular surfaces of the ankle joint. In 4 (13.8%) cases the position of bone fragments was considered satisfactory, since the residual step of the articular surface and/or the widening of the fracture gap did not exceed 2 mm. It should also be noted that in 2 (6.9%) patients with preserved subluxation of the talus the position of posterior edge of the tibia after osteosynthesis was also correct.

In our opinion, these results are explained by the fact that open reduction of posterior fragment of the tibia from the posterolateral surgical approach first of all the gives surgeon the possibility of both direct visual control and intraoperative fluoroscopic control of its position. At the same time, he is able to use a wide range of reduction techniques: bone clamps, traction and rotation control using special pointed hooks. In addition, lag screw technique and sequential "squeezing" of the bone fragment with a plate significantly facilitate the reduction of even relatively small and comminuted bone fragments. This way of reduction of posterior fragment of the tibia enables to avoid significant residual displacement of the articular surface of the bone and/or significant widening of the fracture gap. In addition, fixation with two cancellous lag screws or a plate makes it possible to achieve sufficient vertical and rotational stability, which, along with anatomical reduction, is necessary for early active movements in the ankle joint. All these advantages provided by posterolateral approach have positive effects not only on the quality of reduction and fixation of posterior fragment of the tibia, but also increase stability of the syndesmosis, which affects the final functional outcome of treatment positively [14, 15].

In our study, in 9 (31%) cases qualitative fixation of posterior fragment of the tibia was performed with screws only, and in the rest 20 (69%) cases fixation was achieved with various plates. The choice of fixators was determined by the pattern of fracture of posterior edge of the tibia, and the size of the bone fragment, so that the way of fixation could be changed intraoperatively. In

8 (27.6%) patients this size was less than 30% of length of articular surface of the tibia. It should be noted that in such cases, according to the traditional concept, there is no need to reduce and fix the Volkman posterior fragment. However, we fixed such fragments via posterolateral approach and obtained good restoration of congruence of articular surface of the tibia, as well as partial stabilization of posterior ligamentous complex, and consequently, the entire ankle joint.

In addition, it should be noted that the primary reduction and fixation of the posterior Volkman fragment using the posterolateral approach facilitates the reduction and fixation of the injured lateral malleolus in the future significantly. We did not encounter such difficulties during all 29 surgeries we had performed, although the architectonics of fractures of the lateral malleolus were different. This fact, in our opinion, underlines once again the advantages of posterolateral approach for osteosynthesis in patients of the discussed profile.

Osteosynthesis of posterior edge of the tibia only was insufficient to stabilize the ankle joint in 5 (17.2%) patients, the majority of them with fractures type 44-C3.3. These patients retained lateral instability of the ankle joint detected intraoperatively. In these cases, additional fixation of distal syndesmosis was performed with a positional screw. It should be noted that, according to many authors, high-quality fixation of posterior Volkman fragment reduces the need of separate fixation of the syndesmosis and, consequently, the need of positional screws removal, which affects the possibilities of early movements in the ankle joint and restoring its function positively [16, 17].

Functional results of the treatment of patients of our study are comparable with similar data of other authors and confirm clinical effectiveness of the surgical treatment option we studied. So, L.W. Mason et al., who studied functional outcomes a year after open reduction and internal fixation of posterior edge of the tibia via posterolateral or posteromedial approach in 50 patients aged 21 to 87 years, reported 74.1 points out of 100 maximum possible according to the Olerud-Molander Ankle Score scale when using posterolateral approach, and the mean value in the group of posterolateral approach was 75.0 points. These authors also support the tactics of open reduction and internal fixation of posterior

edge of the tibia in all types of fractures affecting the articular surface [18].

The percent of complications obtained in our study was 17.6% and is quite significant. However, it should be kept in mind that the types of fractures of the ankle joint area studied are severe complex intraarticular injuries, and the final result of the surgery depends not only on reduction of the posterior edge of the tibia, but also other components of the joint, but on the quality of bone and condition of soft tissues.

To decrease soft tissues complications, vessels and nerves damaging located in the area of posterolateral surgical approach, it is recommended to protect the sural nerve by identifying it in the surgical wound and retracting it with a plate retractor, as well as to treat carefully the lateral calcaneal artery that supplies the skin in surgical area. It is also possible to mark out low level of soft tissue traumatization of the discussed approach. This, in particular, is evidenced by the low frequency of infectious complications. Thus, only one patient (3.4%) had a deep postoperative infection, one more patient (3.4%) had problems with the healing of the postoperative wound. Large neurovascular bundles damage was not noted, since they were not located dangerously close to the surgical wound. The relatively low percent of post-traumatic arthrosis (10.3%) identified in our study also proves the effectiveness of the proposed treatment method. It is possibly associated with a relatively short follow-up period of patients (12 months). We are planning to get more accurate data on the development of post-traumatic arthrosis during our further research.

It is necessary to mention that the data obtained during current research correspond with the results of work of other surgeons, who used posterolateral approach for fixation of posterior edge of the tibia. C. Von Rüden et al. reported that 2 (18%) out of 18 patients, who underwent open reduction and internal fixation of posterior edge of the tibia, had problems with wound healing. However, the authors noticed more precise restoration of congruency of the ankle joint in these patients and higher functional results comparing with 12 patients, who underwent front to back lag screw fixation of posterior edge of the tibia via small skin incisions [19]. J. Forberger et al. used posterolateral approach to fix the fracture of posterior edge of the tibia, and the authors reported

11% of soft tissue complications. Final functional outcome score 15 to 43 months of follow-up after osteosynthesis was 93 points according to the AAOS foot and ankle scale [20]. Thus, the literature data correspond to our results and confirm high clinical efficiency and perspectivity of using the studied posterolateral surgical approach in patients of discussed profile.

Limitations and prospects of the study

The study was performed on a limited number of patients (29 patients). There are no data on the treatment of patients with similar pathologies for whom the fragment of the posterior edge of the tibia was not fixed, was fixed using less invasive methods or was fixed using alternative surgical approaches. These data will be presented in our future publications. The authors hope that their further research will help to determine the role and place of posterolateral surgical approach in the treatment of patients with unstable fractures of the malleoli and the posterior edge of the tibia more accurately.

Conclusions

Based on the data obtained it can be claimed that the posterolateral surgical approach has significant advantages when performing osteosynthesis in patients with unstable fractures of malleoli and posterior edge of the tibia. It gives an opportunity to achieve anatomical reduction and stable fixation of fragments of posterior edge of the tibia, which enables of early range of motion in the ankle joint and might have positive effects on long-term treatment results by reducing the number of patients with developed post-traumatic arthrosis. Preliminary fixation of posterior edge fragment of the distal tibia via the posterolateral approach allows partially stabilize the damaged distal syndesmosis and creates certain convenience for subsequent reduction and fixation of the fracture of lateral malleolus. The undoubted advantages of the discussed approach can also be attributed to the absence of large neurovascular bundles in the area of its implementation, which practically excludes the possibility of their intraoperative damage.

Informed consent

The patients gave written informed consent to participation in the study and publication of its results.

References

1. Belenkiy I.G., Kochish A.Y., Mayorov B.A., Obukhov P.A., Usenov M.B., Grigoryan F.S., Demyanova K.A. [Analysis of the structure of distal tibia and ankle fractures in the city multi-profile hospital]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2020;(1):79. doi: 10.17513/spno.29556. (In Russian). Available from: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=29556>
2. Yi Y., Chun D.I., Won S.H., Park S., Lee S., Cho J. Morphological characteristics of the posterior malleolar fragment according to ankle fracture patterns: a computed tomography-based study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19(1):51. doi: 10.1186/s12891-018-1974-1.1.
3. Vacas-Sánchez E., Olaya-González C., Abarquero-Diezhandino A., Sánchez-Morata E., Vilá-Rico J. How to address the posterior malleolus in ankle fractures? A decision-making model based on the computerised tomography findings. *Int Orthop*. 2020;44(6):1177-1185. doi: 10.1007/s00264-020-04481-5.
4. Irwin T. A., Lien J., Kadakia A.R. Posterior Malleolus Fracture. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(1):32-40. doi: 10.5435/jaaos-21-01-32.
5. Odak S., Ahluwalia R., Unnikrishnan P., Hennessy M., Platt S. Management of Posterior Malleolar Fractures: A Systematic Review. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55(1):140-145. doi: 10.1053/j.jfas.2015.04.001.
6. Belenkiy I.G., Mayorov B.A., Kochish A.Y., Tulchinskiy A.E., Grigoryan F.S., Nikolaev I.K. [The current approaches to the osteosynthesis of the posterior rim of the distal tibia in cases of unstable ankle fractures]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2021;(2):197. (In Russian). doi: 10.17513/spno.30751. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30751>.
7. Bartoníček J., Rammelt S., Kostlivý K., Vaněček V., Klika D., Trešl I. Anatomy and classification of the posterior tibial fragment in ankle fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015;135(4):505-516. doi: 10.1007/s00402-015-2171-4.
8. Haraguchi N., Haruyama H., Toga H., Kato F. Pathoanatomy of posterior malleolar fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(5):1085-1092. doi: 10.2106/JBJS.E.00856.
9. Mayorov B.A., Belenkiy I.G., Kochish A.Y., Grigoryan F.S. [To the issue of the fibula fixation in cases of pilon fractures in association with fibula fractures]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2020;(6). (In Russian). doi: 10.17513/spno.30311 Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=30311>.

10. Petrov N.V., Brovkin S.V., Karev A.S., Chernyshov V.I. Immediate results of treatment of severe injuries of the ankle joint. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Department of Traumatology and Orthopedics]. 2012;(4):8-12. (In Russian).
11. Telicin P.N., Zhila N.G. Tactics of treatment of ankle joint fractures and fracture-dislocations. *Dal'nevostochnyi meditsinskii zhurnal* [Far East Medical Journal]. 2016;(3): 31-35. (In Russian).
12. Pankov I.O., Ryabchikov I.V., Nagmatullin V.R. Surgical treatment of fractures of the tibial posterior edge distal epimetaphysis. *Prakticheskaya meditsina* [Practical medicine]. 2012;8-2(64):140-143. (In Russian).
13. Blom R.P., Meijer D.T., de Muinck Keizer R.-J.O., Stufkens S.A., Sierevelt I.N., Schepers T. et al. Posterior Malleolar Fracture Morphology Determines Outcome in Rotational Type Ankle Fractures. *Injury*. 2019 Jul;50(7):1392-1397. doi: 10.1016/j.injury.2019.06.003.
14. Nasrallah K., Einal B., Shtarker H. Trimalleolar fracture: The endless posterior malleolus fracture debate, to repair or not to repair? *Orthop Rev (Pavia)*. 2021;13(1):8784. doi: 10.4081/or.2021.8784.
15. Miller A.N., Carroll E.A., Parker R.J., Boraiah S., Helfet D.L., Lorch D.G. Direct visualization for syndesmotic stabilization of ankle fractures. *Foot Ankle Int*. 2009;30(5):419-26. doi: 10.3113/FAI-2009-0419.
16. Toth M.J., Yoon R.S., Liporace F.A., Koval K.J. What's new in ankle fractures. *Injury*. 2017;48(10):2035-2041. doi: 10.1016/j.injury.2017.08.016.
17. Magan A., Golano P., Maffulli N., Khanduja V. Evaluation and management of injuries of the tibiofibular syndesmosis. *Br Med Bull*. 2014;111(1):101-115. doi: 10.1093/bmb/ldu020.
18. Mason L.W., Kaye A., Widnall J., Redfern J., Molloy A. Posterior Malleolar Ankle Fractures: An Effort at Improving Outcomes. *JB JS Open Access*. 2019;4(2):e0058. doi: 10.2106/JBJS.OA.18.00058.
19. von Räden C., Hackl S., Woltmann A., Friederichs J., Bühren V., Hierholzer C. [The Postero-Lateral Approach – An Alternative to Closed Anterior-Posterior Screw Fixation of a Dislocated Postero-Lateral Fragment of the Distal Tibia in Complex Ankle Fractures]. *Z Orthop Unfall*. 2015;153(3):289-295. (In German). doi: 10.1055/s-0035-1545706.
20. Forberger J., Sabandal P.V., Dietrich M., Gralla J., Lattmann T., Platz A. Posterolateral approach to the displaced posterior malleolus: functional outcome and local morbidity. *Foot Ankle Int*. 2009;30(4):309-314. doi: 10.3113/FAI.2009.0309.

AUTHORS' INFORMATION:

Igor G. Belenkiy — Dr. Sci. (Med.), St. Petersburg Dzhanelidze Emergency Research Institute; St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>

Boris A. Maiorov — Cand. Sci. (Med.), Vsevolozhsk Interdistrict Clinical Hospital, Leningrad Region; First Pavlov State Medical University of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia
e-mail: bmayorov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>

Aleksandr Yu. Kochish — Dr. Sci. (Med.), Professor, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
e-mail: auk1959@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2466-7120>

Gennadii D. Sergeev — St. Petersburg Dzhanelidze Emergency Research Institute; St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
e-mail: gdsergeev@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>

Viktor E. Savello — Dr. Sci. (Med.), Professor, St. Petersburg Dzhanelidze Emergency Research Institute; St. Petersburg First Pavlov State Medical University, St. Petersburg, Russia
E-mail: prof_savello@emergency.spb.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2465-4856>

Andrei E. Tul'chinskii — Tosno Interdistrict Clinical Hospital, Leningrad Region, Russia
e-mail: ajbolit2007@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4192-2127>

Yurii V. Refitskii — St. Petersburg Dzhanelidze Emergency Research Institute, St. Petersburg, Russia
e-mail: yur1140@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6437-6424>

Maksim V. Isaev — Gatchina Interdistrict Clinical Hospital, Leningrad Region, Russia
e-mail: doctor.isaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2797-1929>

Authors' contribution:

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article.

All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Conflict of interest:

The authors declare that there is no conflict of interest.



Целесообразна ли частичная артропластика коленного сустава: мнения ортопедов крупного центра эндопротезирования

А.С. Филь¹, А.П. Антипов¹, Т.А. Куляба¹, Н.Н. Корнилов^{1,2}

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

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

Реферат

Введение. Несмотря на доказанные преимущества частичной артропластики над тотальной у больных с поражением одного из отделов бедренно-большеберцового сочленения коленного сустава (КС), до сих пор в научном ортопедическом сообществе отсутствует единое мнение о целесообразности ее выполнения. **Цель исследования** — определить предпочтения отечественных ортопедов, регулярно выполняющих эндопротезирование коленного сустава, о целесообразности проведения его частичной артропластики. **Материал и методы.** На основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена были определены 37 травматологов-ортопедов, выполняющих более 20 эндопротезирований коленного сустава (ЭП КС) в год, все из них согласились принять участие в опросе. Опрошенные хирурги были мужчинами, их средний возраст составил 43,1 года. Средний стаж ЭП КС опрашиваемых хирургов составлял от 5 до 7 лет. Для определения разницы в представлениях об одномышечковом эндопротезировании (ОМЭП) среди практикующих ортопедов был разработан опросник, включающий 4 раздела, посвященных практическому опыту, пониманию показаний/противопоказаний к частичной артропластике, отношению к потенциальным преимуществам и недостаткам, а также причинам, ограничивающим использование данной технологии в своей клинической практике. **Результаты.** По результатам опроса хирурги были разделены на две группы: первая — выполняющие ОМЭП — 17 (46%) человек; вторая — не использующие ОМЭП — 20 (54%). Средний возраст хирургов 1-й группы — 41,8 лет, 2-й группы — 44,1 года. Хирурги 1-й группы чаще положительно отвечали по сравнению с хирургами 2-й группы о преимуществах ОМЭП по сравнению с тотальным ЭП КС ($p < 0,01$). Самые значимые различия были отмечены в вопросах, касающихся объема движений в суставе после ОМЭП ($p = 0,05$), достижения пациентами феномена «забытого колена» ($p < 0,01$) и частоты послеоперационных осложнений ($p < 0,01$). Чем чаще хирург использует ОМЭП в своей практике, тем в большей степени он считает, что она обладает преимуществами над тотальным ЭП КС. Не считал данную операцию надежной всего один респондент, а ее техникой не владели 6 респондентов. Корреляционных связей между изучаемыми параметрами и возрастом, опытом эндопротезирования, а также ежегодным количеством выполняемых артропластик КС выявлено не было. **Заключение.** Каждый второй ортопед (54%), регулярно выполняющий ЭП КС в крупном отечественном ортопедическом центре, игнорирует частичную артропластику как метод хирургического лечения больных гонартрозом и остеонекрозом, не считая данное оперативное лечение более рациональным, чем тотальная артропластика, несмотря на данные доказательной медицины. Специалисты, использующие ОМЭП в своей практике, наиболее существенными преимуществами метода считают достаточный объем движений в суставе ($p = 0,05$), достижение феномена «забытого колена» ($p < 0,01$), а также меньшую частоту и тяжесть послеоперационных осложнений ($p < 0,01$).

Ключевые слова: одномышечковое эндопротезирование коленного сустава, эндопротезирование коленного сустава, тотальное эндопротезирование коленного сустава, регистр артропластики.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Филь А.С., Антипов А.П., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Целесообразна ли частичная артропластика коленного сустава: мнения ортопедов крупного центра эндопротезирования. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):43-55. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-43-55>.

Cite as: Fil A.S., Antipov A.P., Kulyba T.A., Kornilov N.N. [Whether the Partial Knee Arthroplasty is Worthwhile: Estimation of Orthopedic Surgeons from Large Arthroplasty Center]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):43-55. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-43-55>.

✉ Филь Алексей Сергеевич / Alexey S. Fil; e-mail: filalekse@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 09.07.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 13.09.2021.



Whether the Partial Knee Arthroplasty is Worthwhile: Estimation of Orthopedic Surgeons from Large Arthroplasty Center

Alexey S. Fil¹, Alexandr P. Antipov¹, Taras A. Kulyba¹, Nikolai N. Kornilov^{1,2}

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

² Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

Background. Despite several proven advantages of the partial knee arthroplasty (PKA) over the total knee arthroplasty (TKA) in selected patients with osteoarthritis (OA) or osteonecrosis (ON), there is still no consensus regarding the feasibility of this procedure among practitioners all over the world. **The purpose of the study** — to perform comprehensive analysis of the preferences of knee surgeons, regarding the feasibility of partial arthroplasty for modern orthopedic practice. **Materials and Methods.** A special questionnaire was developed that includes 4 sections devoted to personal surgical experience, understanding of indications/contraindications to PKA, attitude to potential advantages and disadvantages, as well as the reasons limiting the use of this technology in the daily practice. Using the institutional register of knee arthroplasty there were identified 37 orthopedic surgeons who perform more than 20 knee replacements annually. All of them agreed to participate in the survey. All surgeons were men with average age 43.1 years (min — 31, max — 64, moda — 41, SD = 8.9). The total number of knee arthroplasties performed by all respondents during the last year was 3094. **Results.** The surgeons divided into two groups: 17 (46%) performed PKA but majority did not (20 (54%)). The average age of the surgeons of the 1st group was less than in the 2nd one (41.8 and 44.1 years ($p > 0.05$)). The surgeons from group 1 significantly often respond in a positive way regarding the advantages of PKA compared to TKA ($p < 0.01$). The significant differences among surgical estimations regarding PKA noted in the questions related to the speed of rehabilitation ($p < 0.05$), the achievement of the “forgotten knee” phenomenon ($p < 0.01$) and the frequency of postoperative complications ($p < 0.01$). There was a trend that the more often a surgeon utilized PKA, the more he believes in its advantages over TKA. Only 1 respondent consider PKA fully unreliable, and 6 surgeons reported that they are unfamiliar with surgical technique. Interestingly that all surgeons, except one in the second group, met right candidates for PKA in their daily practice. There was no correlation between the studied parameters and surgeons age, experience, as well as annual caseload. **Conclusions.** Every second surgeon (54%) who regularly performs knee replacement ignores PKA as a method of choice for selected patients with OA or ON despite evidence-based literature data even in a large orthopedic center. For PKA users among the most significant advantages of this approach there are the faster rehabilitation ($p < 0.05$), ability to reach the “forgotten knee” ($p < 0.01$), as well as lower incidence and severity of postoperative complications ($p < 0.01$).

Keywords: knee, osteoarthritis, partial arthroplasty, total arthroplasty, arthroplasty register.

Funding: state budgetary funding.

Введение

В настоящее время одномышелковое (ОМЭП) и тотальное эндопротезирование (ТЭП) коленного сустава (КС) продолжают оставаться конкурирующими методами хирургического лечения больных гонартрозом терминальной стадии при изолированном поражении только одного из отделов сустава [1, 2]. С позиций доказательной медицины преимуществами ОМЭП являются в два раза более быстрая реабилитация, лучшая функция коленного сустава, меньшее количество угрожающих жизни осложнений и более простое, менее дорогостоящее ревизионное эндопротезирование в случае его необходимости [3]. Основных дискуссионных

недостатка два: 1) частичная артропластика уступает тотальной в отдаленной выживаемости имплантатов; 2) возможно прогрессирование гонартроза в незамещенных отделах сустава.

До сих пор как среди международного, так и отечественного ортопедического сообщества отсутствует консенсус относительно роли частичной артропластики в структуре замещения коленного сустава на искусственный. По данным большинства национальных регистров артропластики КС, отмечают увеличение количества выполняемых операций одномышелкового эндопротезирования: 9,1% по данным национального регистра Англии и Уэльса за 2019 г.¹, 10,8% —

¹ National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and Isle of Man. // 16th Ann/ Report. 2019: 115.

по данным шведского регистра.² В Германии доля ОМЭП выросла с 9,1% в 2015 г. до 13,5% в 2019 г.³ В Швейцарии с 2012 по 2019 г. доля частичных артропластик КС от числа всех первичных операций составила 15,9%⁴, тогда как в Австралии, наоборот, отмечается снижение количества ОМЭП в общей структуре первичного эндопротезирования КС с 15,1% в 2003 г. до 6,1% в 2019 г.⁵ В США доля частичного эндопротезирования с 2012 по 2019 г. составила 4,9% от всех первичных операций.⁶

В нашем учреждении частичная артропластика КС на постоянной основе стала выполняться с 2001 г., и за последнюю декаду ее доля в структуре первичного ЭП КС увеличилась с 0,3% (5) в 2011 г. до 6,4% (239) в 2019 г. Тем не менее, далеко не все хирурги, выполняющие ТЭП КС, регулярно проводят операции ОМЭП. Зависит ли это от отсутствия веры в надежность и функциональные преимущества данной технологии, наличия подходящих пациентов, отсутствия навыков техники частичной артропластики или организационной невозможности ее применения, либо иных факторов, остается неизвестным.

Цель исследования — определить предпочтения отечественных ортопедов, регулярно выполняющих эндопротезирование коленного сустава, относительно целесообразности проведения его частичной артропластики.

Материал и методы

Основываясь на данных электронного регистра эндопротезирования коленного сустава НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, были определены 37 травматологов-ортопедов, выполняющих более 20 эндопротезирований коленного сустава в год, все из них согласились принять участие в опросе. Опрошенные хирурги были мужчинами, их средний возраст составил 43,1 лет (min — 31, max — 64, moda — 41, SD = 8,9).

Для определения разницы в представлениях об ОМЭП среди практикующих хирургов-ортопедов был разработан специальный опросник, включающий 4 раздела, посвященных практическому опыту, пониманию показаний/противопоказаний к частичной артропластике, отношению к потенциальным преимуществам и недостаткам, а также причинам, ограничивающим использование данной технологии в своей клинической практике.

ОПРОСНИК

1. Какой у Вас стаж выполнения операций артропластики коленного сустава?

До 1 года	1 балл
1–5 лет	2 балла
5–10 лет	3 балла
Более 10 лет	4 балла

2. Встречаете ли Вы в своей практике пациентов, нуждающихся в частичной артропластике?

Нет	1 балл
Да	2 балла

3. Считаете ли Вы, что у частичной артропластики имеются значительные преимущества по сравнению с тотальной:

А. По скорости реабилитации?

1) Полностью согласен	5 баллов
2) Частично согласен	4 балла
3) Трудно сказать, согласен или не согласен	3 балла
4) Частично не согласен	2 балла
5) Совершенно не согласен	1 балл

В. По полноте восстановления амплитуды движений в оперированном коленном суставе?

1) Полностью согласен	5 баллов
2) Частично согласен	4 балла

² The Swedish Knee Arthroplasty Register [Электронный ресурс] / Ministry of Health and Social Affairs of Sweden. — Режим доступа: <https://stat.myknee.se/?lang=en>.

³ Deutschland E. Jahresbericht 2020 Mit Sicherheit mehr Qualitt -2020. Режим доступа: https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/AnnualReport2020-Web_2021-05-11_F.pdf.

⁴ Swiss National Joint Registry, SIRIS Report 2020. Ann/ Report. 2019: 96. Режим доступа: https://www.siris-implant.ch/media/archive1/201130_SIRIS-Report2020_Appendix_Outlier.pdf.

⁵ Australian Orthopaedic Association, National Joint Replacement Registry. Ann/ Report. 2020: 220. Режим доступа: <https://aoanjrr.sahmri.com/documents/10180/689619/Hip%2C+Knee+%26+Shoulder+Arthroplasty+New/6a07a3b8-8767-06cf-9069-d165dc9baca7>.

⁶ American Joint Replacement Registry (AJRR): 2020 Annual Report. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS), 2020. Режим доступа: <http://www.ajrr.net/publications-data/annual-reports>.

- 3) Трудно сказать, согласен или не согласен 3 балла
- 4) Частично не согласен 2 балла
- 5) Совершенно Не согласен 1 балл
- С. По полноте восстановления двигательной активности?**
- 1) Полностью согласен 5 баллов
- 2) Частично согласен 4 балла
- 3) Трудно сказать, согласен или не согласен 3 балла
- 4) Частично не согласен 2 балла
- 5) Совершенно не согласен 1 балл
- Д. По наличию феномена «забытого колена»?**
- 1) Полностью согласен 5 баллов
- 2) Частично согласен 4 балла
- 3) Трудно сказать, согласен или не согласен 3 балла
- 4) Частично не согласен 2 балла
- 5) Совершенно не согласен 1 балл
- Е. По частоте и тяжести возможных осложнений**
- 1) Полностью согласен 5 баллов
- 2) Частично согласен 4 балла
- 3) Трудно сказать, согласен или не согласен 3 балла
- 4) Частично не согласен 2 балла
- 5) Совершенно не согласен 1 балл
- 4. Если Вы не выполняете операции частичной артропластики, то по какой причине?
- A. Не владею техникой
- B. Не встречаю пациентов, нуждающихся в частичной артропластике
- C. Не считаю данную операцию целесообразной / надежной
- D. Другое _____

Статистический анализ

Обработку статистических данных производили, используя пакет программного обеспечения STATISTICA 12.5.192.7. После анализа количественных данных на нормальность с использованием одновыборочного критерия Колмогорова – Смирнова

(К-С) и поправкой Лильефорса (Lilliefors) было обнаружено распределение, близкое к отличному от нормального (табл. 1), поэтому для оценки достоверности разницы в ответах использовался непараметрический U-тест Манна – Уитни для независимых выборок.

Таблица 1

Проверка данных на нормальность

Параметр	Группа 1					Группа 2				
	№ вопроса					№ вопроса				
	3A	3B	3C	3D	3E	3A	3B	3C	3D	3E
Статистика критерия (К-С)	0,497	0,438	0,3	0,424	0,486	0,281	0,282	0,308	0,216	0,262
Асимптотическая значимость (2-сторонняя) (Lilliefors)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,001

Результаты

По данным регистра артропластики КС НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, в 2019 г. доля ОМЭП относительно тотального в целом по учреждению составила 6,4% (234 из 3730 первичных вмешательств). При этом среди отделений, в которых проводится замещение КС на искусственный, данный показатель колебался от 0% до 19,5%. Обращает на себя внимание тот факт, что даже между врачами

отделения, лидирующего по количеству ОМЭП (156), разброс по частоте был весьма широким: от 3,8% до 32,9%.

По результатам опроса хирурги были разделены на две группы: первая — выполняющие ОМЭП — 17 (46%); вторая, — не использующие данный вид эндопротезирования в своей практике — 20 (54%). Средний возраст хирургов 1-й группы составил — 41,8 лет, в то время как во 2-й группе спе-

циалисты были несколько старше — 44,1, однако данные различия не были статистически значимы. На рисунке 1 представлены результаты опроса обеих групп хирургов, где можно отметить значимые отличия (вопросы 3.A, 3.B, 3.D, 3.E), тогда как по остальным параметрам разница между ответами была не значима.

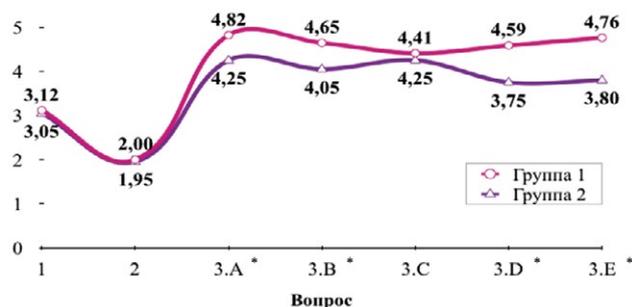


Рис. 1. Линейная диаграмма результатов опроса хирургов 1-й и 2-й групп.
* — параметры, продемонстрировавшие значимые отличия

Fig. 1. The results of the survey of surgeons — linear diagram
* — parameters showing significant differences

Средний стаж эндопротезирования КС у опрошенных хирургов составлял от 5 до 7 лет. Все из них, за исключением одного хирурга во 2-й группе, встречали в своей повседневной практике пациентов, нуждающихся в частичной артропластике КС.

Отвечая на вопросы 3-го раздела, респонденты должны были указать свое субъективное отношение к ОМЭП. Хирурги 1-й группы чаще отвечали положительно, чем хирурги 2-й группы относительно преимуществ частичной артропластики по сравнению с тотальной ($p < 0,01$) (табл. 2). Самые значимые различия были отмечены в вопросах, касающихся амплитуды движений в суставе после операции (3.B, $p = 0,05$), достижения пациентами феномена «забытого колена» (3.D, $p < 0,01$) и частоты послеоперационных осложнений (3.E, $p < 0,01$). Также выявлена следующая закономерность: чем чаще хирург использует частичную артропластику в своей практике, тем в большей степени он считает, что она обладает преимуществами над тотальной.

В таблицах 3 и 4 представлены данные описательной статистики по группам респондентов и частота встречаемости различных ответов на вопросы о преимуществах одномышечкового эндопротезирования, соответственно.

Таблица 2

Описательная статистика по группам респондентов (часть 1)

Вопрос	Группа 1 (n = 17)				Группа 2 (n = 20)				Значение p	
	Статистические значения				Статистические значения					
	(mean, SD)	min	max	med	(mean, SD)	min	max	med		
1	3,12±0,78	1	3	2	3,05±0,60	1	3	2	0,768	
2	2,0±0	2	2	2	1,95±0,22	1	2	2	0,364	
3	A	4,82±0,39	4	5	5	4,25±0,96	2	5	4,5	0,028*
	B	4,65±0,78	2	5	5	4,05±1,09	1	5	4	0,070
	C	4,41±0,79	2	5	5	4,25±1,06	1	5	5	0,611
	D	4,59±0,71	3	5	5	3,75±0,85	2	5	4	0,003**
	E	4,76±0,56	3	5	5	3,80±1,28	1	5	4	0,007**

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Таблица 3

Описательная статистика по группам респондентов (часть 2)

Процентиль		Вопросы						
		1	2	3				
				A	B	C	D	E
25%	Группа 1	1,5	2	5	4,5	4	4	5
	Группа 2	2	2	4	4	4	3	3
50%	Группа 1	2	2	5	5	5	5	5
	Группа 2	2	2	4,5	4	5	4	4
75%	Группа 1	3	2	5	5	5	5	5
	Группа 2	2	2	5	5	5	4	5

Таблица 4

Частота встречаемости различных ответов на вопросы о преимуществах одномышечкового эндопротезирования

Вопрос	Кол-во	Группа 1					Группа 2				
		№ ответа					№ ответа				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3A	n	0	0	0	3	14	0	2	1	7	10
	%	0	0	0	17,6	82,4	0	10	5	35	50
3B	n	0	1	0	3	13	1	1	2	8	8
	%	0	5,9	0	17,6	76,5**	5	5	10	40	40
3C	n	0	1	0	7	9	1	0	3	5	11
	%	0	5,9	0	41,2	52,9	5	0	15	25	55
3D	n	0	0	2	3	12	0	1	7	8	4
	%	0	0	11,8	17,6	70,6**	0	5	35	40	20
3E	n	0	0	1	2	14	2	1	3	7	7
	%	0	0	5,9	11,8	82,4**	10	5	15	35	35

* p<0,05; ** p = 0,05.

При ответе на 4-й вопрос о причинах, по которым хирурги 2-й группы не выполняют данный вид вмешательства, преобладали две: 1) у пациентов, нуждающихся в частичной артропластике, в процессе ожидания госпитализации медиальный артроз прогрессирует до тотального поражения сустава; 2) подходящие пациенты редко встречаются. При этом два хирурга из 2-й группы на момент опроса планировали начать выполнение ОМЭП в течение ближайшего года. Не считал данную операцию надежной всего один респондент, а ее техникой не владели 6 респондентов.

Корреляционных связей между изучаемыми параметрами и возрастом, опытом эндопротези-

рования, а также количеством выполняемых артропластик коленного сустава в год выявлено не было.

Обсуждение

Проведенный опрос среди ортопедов, выполняющих эндопротезирование КС в нашем центре, выявил достаточно неоднозначное отношение к частичной артропластике, что подтверждается и реальной клинической практикой: ОМЭП составляет менее 3% от общего числа замещений КС на искусственный по итогам 2019 г.

Подобная ситуация характерна и для зарубежного ортопедического сообщества: в Европе 80%

коленных хирургов выполняют менее 20 ОМЭП в год [4], а в Бразилии 61,1% хирургов менее 5 таких операций в год [5].

Вместе с тем гистологически интактный хрящ в наружном отделе сустава выявляется у 61% пациентов, подвергшихся ТЭКС при гонартрозе с варусной деформацией конечности, поэтому с учетом клинических факторов количество пациентов, которым могла бы быть выполнена частичная артропластика вместо тотальной, варьирует от 21% до 47% [6]. Таким образом, параллельно существуют медицинские учреждения, в которых частота ОМЭП равна нулю, и где она может достигать 50% от всех первичных артропластик КС [7].

Подавляющее большинство опрошенных хирургов (36 из 37) встречало в повседневной практике больных гонартрозом, которым показана частичная артропластика. Тем не менее, обращают не себя сложившиеся заблуждения, до сих пор оказывающие негативное влияние на отбор пациентов для ОМЭП, среди которых наиболее часто упоминаются избыточный вес тела, пожилой возраст пациента, высокий уровень двигательной активности, локализация боли в переднем отделе сустава, артроз феморо-пателлярного сочленения любой степени выраженности, дегенеративные изменения передней крестообразной связки (ПКС), хондрокальциноз, периферические остеофиты в смежном отделе бедренно-большеберцового сочленения [8]. Схожий опрос более 400 немецких ортопедов, выполняющих артропластику коленного сустава, показал, что наибольшие противоречия возникают при определении показаний и противопоказаний к частичной артропластике, особенно касающихся ожирения и выраженности дегенеративных изменений в бедренно-надколенниковом сочленении. Авторы опроса пришли к выводу, что персональное мнение об ОМЭП, основывающееся на личном опыте врача, входит в конфликт с данными современной научной литературы, в связи с чем необходимо проведение дополнительных образовательных мероприятий [9]. В последние десятилетия вышеперечисленные эмпирически сформулированные противопоказания были неоднократно опровергнуты с позиций доказательной медицины, причем для систем как с подвижным, так и с фиксированным полиэтиленовым вкладышем [10].

12-летние наблюдения за 2467 пациентами, перенесшими ОМЭП, продемонстрировали, что только при ИМТ >45 выживаемость имплантата достоверно снижается. При этом следует отметить, что хотя балльная оценка функции ко-

ленного сустава у пациентов с ожирением после частичной артропластики ниже, чем у больных с нормальным весом, динамика функционального улучшения по сравнению с предоперационным состоянием выражена сильнее [11].

Проведенный анализ 650 пациентов, перенесших ОМЭП медиального отдела коленного сустава, и 1300 ТЭП с ИМТ >35, показал что, сравниваемые группы демонстрировали одинаковую выживаемость имплантатов, при этом после частичной артропластики с достоверно меньшей частотой наблюдались перипротезная инфекция, осложнения вследствие асептических причин и ревизионные вмешательства в ближайшие сроки после операции. Кроме этого, у пациентов с тяжелым ожирением показатели балльной оценки функции коленного сустава и амплитуда движений после ОМЭП были лучше по сравнению с ТЭП [12].

По данным австралийского регистра артропластики, с увеличением возраста оперируемых пациентов выживаемость как частичных, так и тотальных имплантатов улучшается.⁷

Учитывая, что ОМЭП характеризуется более низкой частотой осложнений и летальности в течение первого года, чем тотальное, а также меньшей степенью хирургической агрессии, в результате чего нет необходимости проводить гемотрансфузии, а скорость функционального восстановления возрастает примерно в 2 раза, его применение у соматически отягощенных пациентов старших возрастных групп должно быть предпочтительным [14, 15].

Исследования, посвященные результатам ОМЭП у пациентов с высоким уровнем двигательной активности, не демонстрируют отрицательного тренда в выживаемости имплантатов, поэтому данный фактор можно не рассматривать как неблагоприятный [16, 17, 18].

В целом после ОМЭП пациенты чаще возвращаются к занятиям физкультурой и могут позволить себе в 1,5 раза больше видов спорта, чем после ТЭКС, хотя надо отметить что большинство из них относится к категории низкоинтенсивных [19]. Стоит также подчеркнуть, что занятия спортом сопряжены с повышенной частотой травм коленного сустава, что может привести к необходимости ревизионных хирургических вмешательств, включая конверсию одномышечкового эндопротезирования в тотальное [20].

D.J. Beard с соавторами продемонстрировали, что локализация боли в переднем отделе коленного сустава при наличии полнослойных дефектов хряща в нагружаемой зоне сочленяющихся мы-

⁷ Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty. New York: Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry; 2017. Режим доступа: <https://aoanjrr.sahmri.com/documents/10180/397736/Hip%2C%20Knee%20%26%20Shoulder%20Arthroplasty>.

щелков бедренной и большеберцовой кости, а также артроз бедренно-надколенникового сочленения, с полнослойными дефектами хряща на медиальной фасетке надколенника, не ухудшают отдаленные исходы ОМЭП и поэтому не должны рассматриваться как противопоказание [21]. K.R. Verend с соавторами, сравнивая частоту ревизий после 638 ОМЭП у пациентов с артрозом медиального отдела бедренно-большеберцового сочленения, с наличием и без рентгенологически подтвержденного феморо-пателлярного артроза в среднем через 70 мес. выявили, что выживаемость имплантатов составила 97,9% у пациентов с феморо-пателлярным артрозом и 93,8% без последнего [22]. S.N Kang с соавторами, проанализировав 195 ОМЭП, также не обнаружили статистически значимой разницы в функциональных результатах после артропластики с наличием и без артроза бедренно-надколенникового сочленения [23].

Однако если у пациента имеется наружный подвывих надколенника с состоянием «кость на кости» в наружном отделе бедренно-надколенникового сочленения, среднесрочные результаты изолированной замены пораженного отдела бедренно-большеберцового сочленения ухудшаются, в связи с чем целесообразнее выполнять либо артропластику обоих вовлеченных в патологический процесс отделов коленного сустава, либо ТЭП [24].

Исследования, посвященные влиянию хондрокальциноза на отдаленные результаты при частичной артропластике, не выявили уменьшения выживаемости имплантатов при данной патологии. Так, P. Hernigou с соавторами проанализировали 148 пациентов с диагнозом хондрокальциноз, перенесших частичную артропластику, и не выявили неблагоприятных исходов [25]. V. Kumar с соавторами, проанализировали серию пациентов с хондрокальцином, подвергшихся одному мышечковому эндопротезированию имплантатом Zimmer-Biomet Oxford UKA, сопоставимого с контрольной группой, и столкнулись всего лишь с одной неудачей из-за прогрессирования заболевания из 155 случаев частичных артропластик на фоне хондрокальциноза [26].

Традиционно считается, что функционально неповрежденная ПКС является обязательным условием для выполнения ОМЭП. Повреждение синовиальной оболочки, покрывающей ПКС, и даже ее продольное расслоение допустимы при частичной артропластике, при условии, что тонус ПКС сохранен — это подтверждается ее пальпацией инструментом после артротомии. Пожилые пациенты, у которых развивается вторичная дегенеративная функциональная недостаточность ПКС из-за первичного переднемедиального остеоартроза, в настоящее время принимаются в качестве возможных кандидатов для выполнения ОМЭП. Биомеханические

данные предполагают, что выравнивание наклона большеберцовой кости может компенсировать переднюю трансляцию в коленном суставе с дефицитом ПКС без восстановления нормального смещения оси вращения [27]. Кроме того, функциональные требования, наличие задних остеофитов в задних отделах сустава и жесткость капсулы в большинстве случаев предотвращают появление симптомов нестабильности у пожилых пациентов. Недавние исследования начали подтверждать хорошие краткосрочные и среднесрочные результаты без увеличения риска ревизий эндопротеза у данной категории пациентов. A. Boissonneault с соавторами в небольшой серии из 46 пациентов с краткосрочным наблюдением и средним возрастом 65 лет сообщили, что 5-летняя выживаемость для ОМЭП медиального компартмента коленного сустава с дефицитом ПКС составила 94%, что было сопоставимо с ОМЭП с интактной ПКС [28].

Периферические остеофиты в смежном отделе бедренно-большеберцового сочленения не являются противопоказанием к ОМЭП при условии, что в центральной нагружаемой зоне сочленяющихся мышечков сохранена полная толщина суставного хряща, а мениск — интактен. Дефект по внутреннему краю латерального мышечка бедренной кости в ненагружаемой зоне, обусловленный импиджментом костно-хрящевых разрастаний на плато большеберцовой кости, также не влияет на исходы ОМЭП [29].

Обращает на себя внимание тот факт, что выявленные нами различия между хирургами, выполняющими и не выполняющими ОМЭП, наибольшими оказались при оценке функциональных преимуществ частичной артропластики, в частности скорости реабилитации пациентов и достижения пациентами феномена «забытого колена», а также в частоте и тяжести послеоперационных осложнений. Между тем, подавляющее большинство современных исследований демонстрируют достижение после ОМЭП в сравнении с ТЭП более высоких показателей функции коленного сустава, в 1,6 раз большую долю отличных результатов, в 1,3 выше удовлетворенность исходом лечения и в конечном итоге — качеством жизни [30].

Группа авторов выполнила мультицентровое рандомизированное клиническое исследование, в рамках которого был проведен анализ двух групп пациентов с медиальным гонартрозом, подвергшихся частичной и тотальной артропластике в период с 18.01.2010 по 30.09.2013 в 27 госпиталях Великобритании. При 5-летнем наблюдении не было обнаружено различий в результатах по шкале Oxford Knee Score (OKS) между группами (средняя разница — 1,04; 95% ДИ от -0,42 до 2,50; $p = 0,159$) [31].

Многие авторы отмечают лучшие результаты у пациентов, перенесших частичную артропластику, по сравнению с тотальной по шкалам Oxford Knee Score (Oks), Knee Society Score (KSS), и Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis index (WOMAC) [32, 33, 34, 35].

Немаловажным фактором при сравнении частичной и тотальной артропластики является «синдром забытого колена». Н.А. Zuiderbaan с соавторами сообщили о гораздо лучших показателях по шкале FJS (Forgotten Joint Score) у пациентов, подвергшихся ОМЭП, по сравнению с пациентами, перенесшими тотальное замещение коленного сустава [36].

Меньшая частота тяжелых, угрожающих жизни осложнений после ОМЭП в сравнении с ТЭП КС также подтверждена исследованиями высокого уровня доказательности. В частности, сравнение тщательно сопоставленных более чем по 20 параметрам выборок пациентов, подвергшихся ОМЭП (3519 пациентов) и ТЭП (10557 пациентов), которые были отобраны из 100000 наблюдений регистра артропластики Англии и Уэльса, продемонстрировало, что в течение первого года после операции тяжелые и угрожающие жизни состояния, такие как венозная тромбоземболия, перипротезная инфекция, возникали после ОМЭП в 2 раза реже, а инфаркт миокарда — в 3 раза реже, чем после ТЭП. Смертность оказалась в 4 раза ниже в течение первых 30 дней после операции и в 2 раза ниже через 90 дней [37].

Обсуждаемым остается вопрос об экономической эффективности ОМЭП по сравнению с ТЭП. С одной стороны, меньшее количество осложнений, меньший койко-день и более быстрая реабилитация после ОМЭП улучшают экономическую составляющую. С другой стороны, меньшая выживаемость одномышечковых имплантатов, по данным регистров, увеличивают стоимость лечения. По данным регистра артропластики Англии и Уэльса, ОМЭП по сравнению тотальным демонстрирует достоверную экономию затрат и значимое улучшение качества жизни пациентов только в том случае, если доля частичной артропластики в практике хирурга составляет не менее 10% от ТЭП. В противном случае из-за более высокой частоты осложнений и повторных вмешательств экономическая эффективность не столь значима и поэтому ТЭП более рентабельно [38].

Сомнения в надежности результата, достигаемого после ОМЭП, возникли только у одного из

опрошенных нами хирургов, хотя данные национальных регистров артропластики свидетельствуют, что частота реэндопротезирования после ОМЭП выше, чем после тотального.^{8,9}

С другой стороны, результаты когортных исследований, как правило исходящих из центров, где выполняется большое количество подобных операций, вступают с ними в противоречие: в своей массе они подтверждают превосходный клинический исход и демонстрируют не отличающуюся от ТЭП 10- и 15-летнюю выживаемость для систем как с фиксированным, так и с подвижным полиэтиленовым вкладышем [39, 40, 41, 42, 43, 44].

Анализ данных регистров показал, что основными причинами большего количества ревизий после ОМЭП, основная доля которых приходится на первые 5 лет после операции, являются опыт хирурга и более низкий порог принятия решения о реэндопротезировании.

Анализ регистра артропластики Англии и Уэльса показал, что большинство хирургов-ортопедов выполняют только одну операцию ОМЭП в год, тогда как среднее количество данных операций на одного хирурга в год составило 5,4. Когда количество ОМЭП, выполненных одним хирургом в год, сопоставили с частотой последующих ревизий, было установлено, что у хирургов, выполняющих небольшое количество операций, уровень реэндопротезирования слишком высок. Так, у хирургов, имплантирующих один или два одномышечковых имплантатов в год, частота неудач составляет 4%, что соответствует всего 60% 10-летней выживаемости имплантата. Частота ревизий резко уменьшается с увеличением числа выполняемых операций: при 10 ОМЭП в год частота ревизий составляет 2%, а при 30 имплантаций в год — всего 1%. Если хирург проводит более 30 ОМЭП в год, то частота повторных операций статистически не отличается от частоты ревизий после ТЭП [45, 46]. К похожим выводам пришли и авторы других исследований, анализирующих национальные регистры или большие выборки пациентов [47, 48].

Недостаточный клинический опыт приводит к неудачам ОМЭП в ближайшей и среднесрочной перспективе как в связи с неадекватной оценкой показаний и противопоказаний, так и допускаемых хирургами технических ошибок, из которых наиболее значимыми являются точность наклона опиленной мыщелка большеберцовой кости кзади, недостижение максимально возможной площади

⁸ The New Zealand Joint Registry Twenty-One Years Report (January 1999 - December 2019): 100-118. Режим доступа: https://nzoa.org.nz/sites/default/files/DH8426_NZJR_2020_Report_v5_30Sep.pdf], [Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry (AO-ANJRR). Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty: 2020 Annual Report, Adelaide; AOA, 2020: 229-253. <https://aoanjrr.sahmri.com/documents/10180/689619/Hip%2C+Knee+%26+Shoulder+Arthroplasty+New/6a07a3b8-8767-06cf-9069-d165dc9baca7>].

⁹ National Joint Registry. 10th Annual Report of the National Joint Registry for England, Wales and Northern Ireland. National Joint Registry.

покрытия большеберцовым компонентом соответствующего мыщелка, изменение уровня суставной линии и гиперкоррекция оси конечности, приводящая к прогрессированию артроза в соседнем отделе бедренно-большеберцового сочленения [49, 50].

Меньшие технические трудности при выполнении ревизионных вмешательств после ОМЭП, включающие возможность использования стандартной системы для первичного ТЭП, понижают порог принятия решения о реэндопротезировании: по данным национального регистра Новой Зеландии, при наличии равнозначного плохого функционального результата повторной операции подвергаются 60% пациентов после ОМЭП и только 10% — после ТЭП [51]. По данным того же регистра, недифференцированный болевой синдром является причиной более половины ревизионных операций в первые два года после ОМЭП.¹⁰ Известно, что при отсутствии механических или иных причин боль спонтанно купируется, как правило, в течение первого, реже — второго года после операции. При этом поспешная конверсия в ТЭП, особенно если этому нет механического объяснения, зачастую не только не избавляет пациента от боли, но и приводит к развитию хронического постхирургического болевого синдрома [52].

Таким образом, частота ревизионных вмешательств не должна использоваться изолированно для сравнения ОМЭП и ТЭП, а информация, содержащаяся в отчетах национальных регистров, необходимо аргументированно оценивать.

После ОМЭП существует потенциальный риск прогрессирования артроза в незамещенных отделах коленного сустава, в связи с чем ряд хирургов стараются отбирать только таких пациентов, у которых они находятся в идеальном состоянии. У ряда из них в целевом отделе сустава еще не развился полнослойный износ хряща на сочленяющихся поверхностях, и в этой ситуации исходы как частичной, так и тотальной артропластики зачастую неоптимальны [53, 54, 55]. Кроме того, чрезмерное неоправданное сужение показаний к ОМЭП приводит к малому количеству операций, что, как обсуждалось выше, отрицательно сказывается на частоте ревизионных операций [56].

Завершая обсуждение результатов исследования, следует подчеркнуть, что в опубликованных в 2020 г. рекомендациях Министерства здравоохранения Великобритании (NICE), посвященных первичному эндопротезированию крупных суставов, с одной стороны, сделан акцент на то, что пациентам с изолированным медиальным гонартрозом специалисты должны рекомендовать не

только тотальную, но и частичную артропластику исходя из индивидуальной оценки показаний, противопоказаний, потенциальных преимуществ и недостатков, а с другой стороны, — что все ортопедические отделения, занимающиеся эндопротезированием коленного сустава, должны выполнять не только тотальную, но и частичную артропластику.

Заключение

Каждый второй ортопед (54%), регулярно выполняющий эндопротезирование коленного сустава в крупном отечественном ортопедическом центре, игнорирует частичную артропластику как метод хирургического лечения больных гонартрозом и остеонекрозом, не считая данное оперативное лечение более рациональным, чем тотальная артропластика, несмотря на данные доказательной медицины. Специалисты, использующие ОМЭП в своей практике, наиболее существенными преимуществами метода считают достаточный объем движений в суставе ($p = 0,05$), достижение феномена «забытого колена» ($p < 0,01$), а также меньшую частоту и тяжесть послеоперационных осложнений ($p < 0,01$).

Литература [References]

1. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Федоров Р.Э. Современные представления об одномышечковом эндопротезировании в структуре хирургических методов лечения больных гонартрозом (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2012;(1):113-120. doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-138-144. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Phedorov R.E. [Recent view at unicompartmental knee arthroplasty among other surgical approaches to patients with knee osteoarthritis (review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(1):113-120. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-138-144.
2. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Федоров Р.Э. Сравнительная оценка среднесрочных функциональных исходов одномышечкового и тотального эндопротезирования коленного сустава с использованием различных балльных систем. *Травматология и ортопедия России*. 2012;(3):12-20. doi: 10.21823/2311-2905-2012--3-12-20. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Phedorov R.E. [Evaluation of midterm functional results after total and unicompartmental knee arthroplasty with different scoring systems]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(3):12-20. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2012--3-12-20.
3. Nice guideline «Joint replacement primary: hip, knee and shoulder». 2020. Available from: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng157>.
4. Violate B., Becker R., Kort N. EKA's Survey Involves 1,000 European Knee Surgeons ESSKA Newsletter, May 2016:28. Available from: https://cdn.ymaws.com/www.esska.org/resource/resmgr/docs/newsletters/final_full_version/newsletter2016-05.pdf

¹⁰ New Zealand Orthopaedic Association. The New Zealand Joint Registry. Ten year report: January 1999 – December 2008. Режим доступа: <http://www.cdhb.govt.nz/njr/reports/A2D65CA3.pdf>.

5. Arliani G.G., Júnior J.A., Angelini F.B., Ferlin F., Hernandez A.C., Astur Dda C., Cohen M. Unicompartamental knee arthroplasty: current perspectives and trends in Brazil. *Rev Bras Ortop.* 2015;47(6):724-729. doi: 10.1016/S2255-4971(15)30029-X.
6. Willis-Owen C.A., Brust K., Alsop H., Miraldo M., Cobb J.P. Unicompartmental knee arthroplasty in the UK National Health Service: an analysis of candidacy, outcome and cost efficacy. *Knee.* 2009;16(6):473-478. doi: 10.1016/j.knee.2009.04.006.
7. Liddle A.D., Judge A., Pandit H., Murray D.W. Adverse outcomes after total and unicompartmental knee replacement in 101,330 matched patients: a study of data from the National Joint Registry for England and Wales. *Lancet.* 2014;384(9952):1437-1445. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60419-0.
8. Kozinn S.C., Scott R. Unicompartmental knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71(1):145-150.
9. Becher C., Beckmann J., von Eisenhart-Rothe R., Hirschmann M., Holz J., Franz A. et al. Unicompartmental Tibiofemoral Arthroplasty - Opinions of the Members of the German Knee Society (DKG) and the German Professional Association of Orthopaedic and Trauma Specialists (BVOU). *Z Orthop Unfall.* 2021;159(1):47-53. (English, German). doi: 10.1055/a-1015-6957.
10. Surgeon opinions differ on UKA indications and revision rates compared to TKA. *Orthopaedics Today.* 2015. Available from: <https://www.healio.com/orthopedics/knee/news/print/orthopaedics-today-europe/%7B7274af22c-e7a4-4193-81bf-c729dcca55dd%7D/surgeon-opinions-differ-on-uka-indications-and-revision-rates-compared-to-tka?page=3>.
11. Murray D.W., Pandit H., Weston-Simons J.S., Jenkins C., Gill H.S., Lombardi A.V. et al. Does body mass index affect the outcome of unicompartmental knee replacement? *Knee.* 2013;20(6):461-465. doi: 10.1016/j.knee.2012.09.017.
12. Lum Z.C., Crawford D.A., Lombardi A.V. Jr., Hurst J.M., Morris M.J., Adams J.B., Berend K.R. Early comparative outcomes of unicompartmental and total knee arthroplasty in severely obese patients. *Knee.* 2018;25(1):161-166. doi: 10.1016/j.knee.2017.10.006.
13. W-Dahl A., Robertsson O., Lidgren L. Surgery for knee osteoarthritis in younger patients. *Acta Orthop.* 2010;81(2):161-164. doi: 10.3109/17453670903413186.
14. Wiik A.V., Manning V., Strachan R.K., Amis A.A., Cobb J.P. Unicompartmental knee arthroplasty enables near normal gait at higher speeds, unlike total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2013;28(9 Suppl):176-178. doi: 10.1016/j.arth.2013.07.036.
15. Hopper G.P., Leach W.J. Participation in sporting activities following knee replacement: total versus unicompartmental. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(10):973-979. doi: 10.1007/s00167-008-0596-9.
16. Pandit H., Jenkins C., Gill H.S., Barker K., Dodd C.A., Murray D.W. Minimally invasive Oxford phase 3 unicompartmental knee replacement: results of 1000 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(2):198-204. doi: 10.1302/0301-620X.93B2.25767.
17. Walker T., Streit J., Gotterbarm T., Bruckner T., Merle C., Streit M.R. Sports, Physical Activity and Patient-Reported Outcomes After Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty in Young Patients. *J Arthroplasty.* 2015;30(11):1911-1916. doi: 10.1016/j.arth.2015.05.031.
18. Greco N.J., Lombardi A.V. Jr., Price A.J., Berend M.E., Berend K.R. Medial Mobile-Bearing Unicompartmental Knee Arthroplasty in Young Patients Aged Less Than or Equal to 50 Years. *J Arthroplasty.* 2018;33(8):2435-2439. doi: 10.1016/j.arth.2018.03.069.
19. Witjes S., Gouttebarge V., Kuijer P.P., van Geenen R.C., Poolman R.W., Kerkhoffs G.M. Return to Sports and Physical Activity After Total and Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2016;46(2):269-292. doi: 10.1007/s40279-015-0421-9.
20. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Федоров Р.Э. Причины повторных хирургических вмешательств после одно-мышечкового эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2013;(1):12-18. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fedorov R.E. [Causes of revision surgery after unicompartmental knee arthroplasty]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(1):12-18. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2013--1-12-18.
21. Beard D.J., Pandit H., Ostlere S., Jenkins C., Dodd C.A., Murray D.W. Pre-operative clinical and radiological assessment of the patellofemoral joint in unicompartmental knee replacement and its influence on outcome. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(12):1602-1607. doi: 10.1302/0301-620X.89B12.19260.
22. Berend K.R., Lombardi A.V. Jr., Morris M.J., Hurst J.M., Kavolus J.J. Does preoperative patellofemoral joint state affect medial unicompartmental arthroplasty survival? *Orthopedics.* 2011;34(9):e494-496. doi: 10.3928/01477447-20110714-39.
23. Kang S.N., Smith T.O., Sprenger De Rover W.B., Walton N.P. Pre-operative patellofemoral degenerative changes do not affect the outcome after medial Oxford unicompartmental knee replacement: a report from an independent centre. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(4):476-8. doi: 10.1302/0301-620X.93B4.25562.
24. Beard D.J., Pandit H., Gill H.S., Hollinghurst D., Dodd C.A., Murray D.W. The influence of the presence and severity of pre-existing patellofemoral degenerative changes on the outcome of the Oxford medial unicompartmental knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(12):1597-1601. doi: 10.1302/0301-620X.89B12.19259.
25. Hernigou P., Pascale W., Pascale V., Homma Y., Poignard A. Does primary or secondary chondrocalcinosis influence long-term survivorship of unicompartmental arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(7):1973-1979. doi: 10.1007/s11999-011-2211-5.
26. Kumar V., Pandit H.G., Liddle A.D., Borrer W., Jenkins C., Mellon S.J. et al. Comparison of outcomes after UKA in patients with and without chondrocalcinosis: a matched cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(1):319-324. doi: 10.1007/s00167-015-3578-8.
27. Suero E.M., Citak M., Cross M.B., Bosscher M.R., Ranawat A.S., Pearle A.D. Effects of tibial slope changes in the stability of fixed bearing medial unicompartmental arthroplasty in anterior cruciate ligament deficient knees. *Knee.* 2012;19(4):365-369. doi: 10.1016/j.knee.2011.07.004.
28. Boissonneault A., Pandit H., Pegg E., Jenkins C., Gill H.S., Dodd C.A. et al. No difference in survivorship after unicompartmental knee arthroplasty with or without an intact anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(11):2480-2486. doi: 10.1007/s00167-012-2101-8.
29. Kendrick B.J., Rout R., Bottomley N.J., Pandit H., Gill H.S., Price A.J. et al. The implications of damage to the lateral femoral condyle on medial unicompartmental knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(3):374-379. doi: 10.1302/0301-620X.92B3.23561.

30. Goodfellow J.W., O'Connor J.J., Murray D.W. A critique of revision rate as an outcome measure: re-interpretation of knee joint registry data. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(12):1628-1631. doi: 10.1302/0301-620X.92B12.25193.
31. Beard D.J., Davies L.J., Cook J.A., MacLennan G., Price A., Kent S. et al. Total versus partial knee replacement in patients with medial compartment knee osteoarthritis: the TOPKAT RCT. *Health Technol Assess.* 2020;24(20): 1-98. doi: 10.3310/hta24200.
32. Siman H., Kamath A.F., Carrillo N., Harmsen W.S., Pagnano M.W., Sierra R.J. Unicompartmental Knee Arthroplasty vs Total Knee Arthroplasty for Medial Compartment Arthritis in Patients Older Than 75 Years: Comparable Reoperation, Revision, and Complication Rates. *J Arthroplasty.* 2017;32(6):1792-1797. doi: 10.1016/j.arth.2017.01.020.
33. Lum Z.C., Lombardi A.V., Hurst J.M., Morris M.J., Adams J.B., Berend K.R. Early outcomes of twin-peg mobile-bearing unicompartmental knee arthroplasty compared with primary total knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2016;98-B(10 Supple B):28-33. doi: 10.1302/0301-620X.98B10.BJJ-2016-0414.R1.
34. Horikawa A., Miyakoshi N., Shimada Y., Kodama H. Comparison of clinical outcomes between total knee arthroplasty and unicompartmental knee arthroplasty for osteoarthritis of the knee: a retrospective analysis of preoperative and postoperative results. *J Orthop Surg Res.* 2015;10:168. doi: 10.1186/s13018-015-0309-2.
35. Lyons M.C., MacDonald S.J., Somerville L.E., Naudie D.D., McCalden R.W. Unicompartmental versus total knee arthroplasty database analysis: is there a winner? *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(1):84-90. doi: 10.1007/s11999-011-2144-z.
36. Zuiderbaan H.A., van der List J.P., Khamaisy S., Nawabi D.H., Thein R., Ishmael C. et al. Unicompartmental knee arthroplasty versus total knee arthroplasty: Which type of artificial joint do patients forget? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(3):681-686. doi: 10.1007/s00167-015-3868-1.
37. Liddle A.D., Judge A., Pandit H., Murray D.W. Adverse outcomes after total and unicompartmental knee replacement in 101,330 matched patients: a study of data from the National Joint Registry for England and Wales. *Lancet.* 2014;384(9952):1437-1445. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60419-0.
38. Burn E., Liddle A.D., Hamilton T.W., Judge A., Pandit H.G., Murray D.W., Pinedo-Villanueva R. Cost-effectiveness of unicompartmental compared with total knee replacement: a population-based study using data from the National Joint Registry for England and Wales. *BMJ Open.* 2018;8(4):e020977. doi: 10.1136/bmjopen-2017-020977.
39. Mohammad H.R., Strickland L., Hamilton T.W., Murray D.W. Long-term outcomes of over 8,000 medial Oxford Phase 3 Unicompartmental Knees—a systematic review. *Acta Orthop.* 2018;89(1):101-107. doi: 10.1080/17453674.2017.1367577.
40. Parratte S, Ollivier M, Lunebourg A, Abdel MP, Argenson JN. Long-term results of compartmental arthroplasties of the knee: Long term results of partial knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2015;97-B(10 Suppl A):9-15. doi: 10.1302/0301-620X.97B10.36426.
41. Faour-Martín O., Valverde-García J.A., Martín-Ferrero M.A., Vega-Castrillo A., de la Red Gallego M.A., Suárez de Puga C.C., Amigo-Liñares L. Oxford phase 3 unicompartmental knee arthroplasty through a minimally invasive approach: long-term results. *Int Orthop.* 2013;37(5):833-838. doi: 10.1007/s00264-013-1830-8.
42. Yoshida K., Tada M., Yoshida H., Takei S., Fukuoka S., Nakamura H. Oxford phase 3 unicompartmental knee arthroplasty in Japan—clinical results in greater than one thousand cases over ten years. *J Arthroplasty.* 2013;28 (9 Suppl):168-171. doi: 10.1016/j.arth.2013.08.019.
43. Kim K.T., Lee S., Kim J.H., Hong S.W., Jung W.S., Shin W.S. The Survivorship and Clinical Results of Minimally Invasive Unicompartmental Knee Arthroplasty at 10-Year Follow-up. *Clin Orthop Surg.* 2015;7(2):199-206. doi: 10.4055/cios.2015.7.2.199.
44. Emerson R.H., Alnachoukati O., Barrington J., Ennin K. The results of Oxford unicompartmental knee arthroplasty in the United States: a mean ten-year survival analysis. *Bone Joint J.* 2016;98-B(10 Supple B): 34-40. doi: 10.1302/0301-620X.98B10.BJJ-2016-0480.R1.
45. Liddle A.D., Pandit H., Judge A., Murray D.W. Optimal usage of unicompartmental knee arthroplasty: a study of 41,986 cases from the National Joint Registry for England and Wales. *Bone Joint J.* 2015;97-B(11):1506-1511. doi: 10.1302/0301-620X.97B11.35551.
46. Liddle A.D., Pandit H., Judge A., Murray D.W. Effect of Surgical Caseload on Revision Rate Following Total and Unicompartmental Knee Replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(1):1-8. doi: 10.2106/JBJS.N.00487.
47. Koskinen E., Eskelinen A., Paavolainen P., Pulkkinen P., Remes V. Comparison of survival and cost-effectiveness between unicompartmental arthroplasty and total knee arthroplasty in patients with primary osteoarthritis: a follow-up study of 50,493 knee replacements from the Finnish Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 2008;79(4):499-507. doi: 10.1080/17453670710015490.
48. Hartnett N.I., Tregonning R.J.A., Rothwell A., Hobbs T. The early failure of the Oxford Phase 3 unicompartmental knee arthroplasty: an audit of revisions: the New Zealand experience. *J Bone Joint Surg Br.* 2006; 88-B(Suppl II):318.
49. Epinette J.A., Brunschweiler B., Mertl P., Mole D., Cazenave A.; French Society for Hip and Knee. Unicompartmental knee arthroplasty modes of failure: wear is not the main reason for failure: a multicentre study of 418 failed knees. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(6 Suppl):S124-130. doi: 10.1016/j.otsr.2012.07.002.
50. Pandit H., Jenkins C., Gill H.S., Barker K., Dodd C.A., Murray D.W. Minimally invasive Oxford phase 3 unicompartmental knee replacement: results of 1000 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(2):198-204. doi: 10.1302/0301-620X.93B2.25767.
51. Goodfellow J.W., O'Connor J.J., Murray D.W. A critique of revision rate as an outcome measure: re-interpretation of knee joint registry data. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(12):1628-31. doi: 10.1302/0301-620X.92B12.25193.
52. Goodfellow J., O'Connor J., Dodd C., Murray D. Unicompartmental arthroplasty with the Oxford knee. Oxford: Oxford University Press; 2006.
53. Niinimäki T.T., Murray D.W., Partanen J., Pajala A., Leppilähti J.I. Unicompartmental knee arthroplasties implanted for osteoarthritis with partial loss of joint space have high re-operation rates. *Knee.* 2011;18(6):432-435. doi: 10.1016/j.knee.2010.08.004.
54. Pandit H., Gulati A., Jenkins C., Barker K., Price A.J., Dodd C.A., Murray D.W. Unicompartmental knee replacement for patients with partial thickness cartilage

- loss in the affected compartment. *Knee*. 2011;18(3):168-171. doi: 10.1016/j.knee.2010.05.003.
55. Hamilton T.W., Pandit H.G., Inabathula A., Ostlere S.J., Jenkins C., Mellon S.J. et al. Unsatisfactory outcomes following unicompartmental knee arthroplasty in patients with partial thickness cartilage loss: a medium-term follow-up. *Bone Joint J*. 2017;99-B(4):475-482. doi: 10.1302/0301-620X.99B4.BJJ-2016-1061.R1.
56. Murray D.W., Liddle A.D., Dodd C.A., Pandit H. Unicompartmental knee arthroplasty: is the glass half full or half empty? *Bone Joint J*. 2015;97-B(10 Suppl A): 3-8. doi: 10.1302/0301-620X.97B10.36542.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Филь Алексей Сергеевич — канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 17, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: filalekse@yandex.ru
<https://orcid.org/000-0002-8994-0984>

Антипов Александр Павлович — врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 4, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: a.p.antipov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9004-5952>

Куляба Тарас Андреевич — д-р мед. наук, заведующий отделением патологии коленного сустава, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: taraskuliaba@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3175-4756>

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ведущий научный сотрудник отдела патологии коленного сустава, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 17, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: drkornilov@hotmail.com;
<https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>

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.

AUTHORS' INFORMATION:

Alexey S. Fil — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: filalekse@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8994-0984>

Alexandr P. Antipov — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: a.p.antipov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9004-5952>

Taras A. Kulyaba — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: taraskuliaba@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3175-4756>

Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia
e-mail: drkornilov@hotmail.com;
<https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>



“Unexpected” Infections in Revision Arthroplasty for Aseptic Loosening

Nikolay S. Nikolaev^{1,2}, Nadezhda N. Pchelova¹, Elena V. Preobrazhenskaya¹,
Valentina V. Nazarova¹, Natal'ya Yu. Dobrovol'skaya¹

¹ Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary), Cheboksary, Russia

² Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia

Abstract

Background. Data from the national registers of arthroplasty showed that about 12% of hip and knee arthroplasty undergo revision within 10 years after the primary surgery. The leading cause of hip revisions is aseptic loosening of components, knee joint — periprosthetic infection (PPI). Some of the infectious complications, including those related to mechanical causes, remain out of sight. **The aim of the study** was to identify the frequency of «unexpected» infections during revision knee and hip arthroplasty performed for aseptic complications of any etiology. **Materials and Methods.** 839 cases of revision arthroplasty of knee and hip joints were analyzed, including 485 aseptic revisions in 450 patients. Clinical, X-ray, laboratory (complete blood count and comprehensive metabolic panel, coagulation panel) methods, synovial fluid analysis and microbiological examination of punctures, including intraoperative ones, were used. The ICM and EBJIS (European Bone and Joint Infections Society) consensus recommendations were used as criteria for assessing the presence of infection. **Results.** The average age of patients at the time of the revision was 61.7 years. The hip joint prevailed (59.4%), knee joint — 40.6%. The growth of microorganisms in the intraoperative biomaterial was detected in 2.08% of observations: in 10 out of 287 patients after aseptic revision of the hip joints and in none of the 198 revisions of the knee joints. In 8 out of 10 cases, the causative agents were coagulase-negative staphylococci, including 6 — MRSE; in two cases, anaerobic bacteria. All revisions were carried out by a one-stage method. Patients with detected PPI underwent systemic antibacterial therapy. At the stage of catamnesis, reinfection was assumed in one of the 10 identified cases of PPI, the patient did not show up for revision. In control 63% of the group of the other (aseptic) 470 patients, PPI developed in 4 cases, two-stage revisions were carried out. **Conclusions.** The frequency of infections accidentally detected during aseptic revisions of large joints was 2.08%. Three-time examination of joint punctures, including intraoperative, provides additional opportunities for the diagnosis of PPI during aseptic revision, and also allows you to choose the optimal stage of revision treatment. The experience gained makes it possible in certain cases to perform one-stage revision in the treatment of PPI.

Keywords: arthroplasty, revision arthroplasty, aseptic revision, periprosthetic infection, joint puncture, microbiological analysis.

Funding: no funding or sponsorship was received for this study.

 **Cite as:** Nikolaev N.S., Pchelova N.N., Preobrazhenskaya E.V., Nazarova V.V., Dobrovol'skaya N.Yu. [“Unexpected” Infections in Revision Arthroplasty for Aseptic Loosening]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):56-70. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-56-70>.

 Nadezhda N. Pchelova; e-mail: nadyapchelova@mail.ru

Received: 15.07.2021. Accepted for publication: 23.09.2021.



«Неожиданные» инфекции при асептических ревизиях

Н.С. Николаев^{1,2}, Н.Н. Пчелова¹, Е.В. Преображенская¹, В.В. Назарова¹,
Н.Ю. Добровольская¹

¹ ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары),
г. Чебоксары, Россия

² ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

Реферат

Актуальность. Данные мировых регистров артропластики суставов показали, что около 12% эндопротезов тазобедренного и коленного суставов подвергаются ревизионным вмешательствам в течение 10 лет после первичной операции. Лидирующая причина ревизий тазобедренного сустава — асептическое расшатывание компонентов, коленного — перипротезная инфекция (ППИ). Часть инфекционных осложнений, в т.ч. связанных с механическими причинами, остается вне поля зрения врачей. **Целью работы** является выявление частоты «неожиданных» инфекций при ревизионном эндопротезировании коленных и тазобедренных суставов, выполненном по поводу асептических осложнений любой этиологии. **Материал и методы.** Проанализировано 839 случаев ревизионного эндопротезирования коленного (КС) и тазобедренного (ТБС) суставов, в том числе 485 асептических ревизий у 450 пациентов. Применялись клинический, рентгенологический, лабораторный (общий и биохимический анализы крови, коагулограмма) методы, анализ синовиальной жидкости и микробиологическое исследование пунктатов, в т.ч. интраоперационных. В качестве критериев оценки наличия инфекции использовали рекомендации консенсуса ICM и EBJIS (Европейского общества по инфекциям костей и суставов). **Результаты.** Средний возраст пациентов на момент ревизии составил 61,7 года. На ТБС выполнено 59,4% ревизионных операций, на КС — 40,6%. Рост микроорганизмов в интраоперационном биоматериале обнаружен в 2,08% наблюдений: у 10 из 287 пациентов после асептической ревизии тазобедренных суставов и ни в одном случае из 198 ревизий коленных суставов. В 8 из 10 случаев возбудителями были коагулазо-негативные стафилококки, в том числе в 6 — MRSE; в двух случаях — анаэробные бактерии. Все ревизии проведены одноэтапным методом. Пациентам с обнаруженной ППИ проведена системная антибактериальная терапия. На этапе катамнеза в одном из 10 выявленных случаев ППИ предполагалась реинфекция, пациент на ревизию не явился. При контроле 63% из группы остальных (асептических) 470 пациентов в 4 случаях развилась ППИ, проведены двухэтапные ревизии. **Заключение.** Частота инфекций, случайно обнаруженных при асептических ревизиях крупных суставов, составила в 2,08%. Трехкратное исследование пунктатов сустава, в т.ч. интраоперационных, предоставляет дополнительные возможности диагностики ППИ при асептической ревизии, а также позволяет избрать оптимальную этапность ревизионного лечения. Полученный опыт позволяет в определенных случаях при лечении ППИ выполнять одноэтапное ревизионное эндопротезирование.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование, перипротезная инфекция, асептические ревизии, пункция сустава, микробиологическое исследование.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Николаев Н.С., Пчелова Н.Н., Преображенская Е.В., Назарова В.В., Добровольская Н.Ю. «Неожиданные» инфекции при асептических ревизиях. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):56-70. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-56-70>.

Пчелова Надежда Николаевна; e-mail: nadyapchelova@mail.ru

Рукопись поступила: 15.07.2021. Принята в печать: 23.09.2021.

Background

The increase in the number of primary arthroplasties in recent years has led to a significant increase in revision interventions worldwide [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Data from the national arthroplasty register (AR) showed that about 12% of hip and knee endoprostheses undergo revision within 10 years after the initial surgery [7, 8, 9].

The most common cause of revision total hip arthroplasty (THA) is aseptic loosening of components — 34-94% of cases. This is followed by deep infection, recurrent dislocations, mechanical destruction of implants, periprosthetic fractures [1]. Thus, the most common reason for revision after THA in the period up to 1.7 years is periprosthetic joint infection (PJI), while later, aseptic instability and wear of the endoprosthesis components (wear of the insert) prevail among the indications for revision THA [10].

For the knee, the most common cause of revision is infection (36.1%), followed by aseptic loosening (21.9%) and periprosthetic fracture (13.7%) [11].

V.I. Roberts et al. report that PJI is the second most common cause of implant failure after aseptic loosening of endoprosthesis components [7].

However, infection rates are probably actually underestimated, since many cases of suspected aseptic loosening of the endoprosthesis can be caused by an unrecognized infection [7, 10]. It is often difficult to determine the exact cause of functional instability (septic or aseptic) in such patients [12].

The main problem of revision arthroplasty is the lack of a reliable and valid pre- and intraoperative diagnostic tool with 100% specificity and 100% sensitivity in the diagnosis or exclusion of PJI [13,14]. The available diagnostic search methods are not informative enough, which leads to delayed diagnosis, and the diversity of views on the surgical treatment of PJI indicates the relevance of a unified approach to the diagnosis and treatment of this pathology [15]. Along with the annual increase in the number of revision surgery, there is also a growing need to develop a technique for differential diagnosis between aseptic loosening of the implant and instability with the addition of microbial agents.

Currently, various criteria and algorithms are used for the diagnosis of PJI, including those developed at the International Consensus Meeting in 2013 and then at the Second International Consensus Meeting on Musculoskeletal Infection (International Consensus Meeting — ICM, 2018) [16, 17], as well as criteria and algorithms proposed by the The European Bone and Joint Infection Society — EBJIS [18]. However, in some cases, PJI can be caused by low-virulent microorganisms, for example, *Propionibacterium acnes*, when the listed criteria are unacceptable [8, 12, 14, 18, 19, 20].

In some studies were mentioned patients in whom the cause of aseptic revision arthroplasty may have

been PJI [8, 14, 19, 21, 22]. Not every case of PJI meets the criteria described above. In addition, any identified mechanical causes may be combined with a chronic infection, which must be taken into account during the examination [19].

Currently, there is no absolute test for the diagnosis of PJI, which forces clinicians to rely on a combination of studies of synovial fluid and serological markers, which are an equally important in diagnostic [23]. Timely and accurate diagnosis of PJI is crucial for planning appropriate treatment tactics. It is extremely important to exclude infection as a possible etiological factor in the preoperative period, since the tactics of surgical treatment vary depending on the causes of the revision. Some orthopedic surgeons prefer one-stage revision in the treatment of late PJI [24, 25], others prefer two-stage revision arthroplasty [26, 27, 28].

The aim of the study was to identify the frequency of "unexpected" infections during revision total arthroplasty of the knee and hip joints performed for aseptic complications of any etiology.

Materials and methods

We conducted a retrospective continuous single-center study of all cases of aseptic revision total arthroplasty of knee and hip joints performed at the Federal State Budgetary Institution "Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics" of the Ministry of Health of Russia (Cheboksary) (hereinafter referred to as the Center) in 2017–2019. The data of electronic medical records of patients in the medical information system (MIS) are analyzed. Informed consent to personal data processing was obtained from all patients.

Previous operations of total knee arthroplasty (TKA) and THA were performed in the conditions of the Center, also in other medical organizations of the Russian Federation and abroad. All aseptic revisions at the Center were carried out by a one-stage method. It should be noted that when PJI is detected, the Center mainly uses two-stage revision (removal of all infected components, spacer implantation, antibiotic therapy, the second stage of revision).

The main criterion for the presence of infection in the joint in the case of revision for a complication of presumably aseptic etiology were the positive results of bacteriological examination of intraoperative samples — the growth of identical microorganisms in two or more samples when detecting low-virulent microorganisms; in one sample — when detecting high-virulent pathogens.

The diagnostic algorithm included measures to identify the infectious process based on the complex application of clinical, laboratory and instrumental tests. Before hospitalization, patients were recommended to perform X-rays, CT and ultrasound exami-

nation of the joints (according to indications). Upon admission to the hospital, anamnesis data were studied in detail, clinical examination, physical examination were performed, local status was described, X-ray and laboratory tests were performed.

Laboratory screening included a study of the total blood count with erythrocyte sedimentation rate (ESR), a biochemical blood test with the determination of C-reactive protein (CRP), a coagulogram with D-dimer; synovial fluid analysis with the count of leukocytes and the percentage of polymorphonuclear neutrophils.

The ESR study was performed from venous blood using the Westergren method using an automatic Vital Mix-Rate X100 analyzer and MONOSED test tubes (Vital Diagnostics, Italy). CRP and D-dimer were measured in blood serum/plasma by immunoturbidimetric method.

Before the revision surgery, patients underwent joint punctures, with at least one of them in the Center (the total number of required punctures is usually three). Aspiration of synovial fluid from knee joint was performed under aseptic conditions without the use of local anesthetics, from hip joint — with the use of anesthetics and with ultrasound navigation. In the future, the count of the leukocytes number, leukocyte formula and microbiological examination of the punctate were carried out.

The study was carried out even if the volume of the aspirate received was less than 1 ml. The samples had the form of a non-complete punctate or were hemorrhagic in nature with additional notes "hemorrhagic sample", "flushing".

The study of synovial fluid included the counting of nucleated cellular elements and the study of a Romanovsky–Giemsa stained smear in order to determine the proportion of neutrophilic leukocytes. With a small amount of material, a binocular microscope and plastic slide-tablet cameras were used to count the cellular elements of the synovial fluid. To count the cellular elements in biological fluids, they were examined in 20-fold dilution with isotonic or hypotonic sodium solution. If there was enough synovial fluid and it did not contain foreign impurities (wear particles), the SYSMEX XN-1000 series hematological analyzer was used in automatic analysis mode; the aspirate was cultured in vials of the BacT/ALERT3D bacanalyzer. In case of insufficient punctate volume, culture was carried out in a routine way — in broths prepared in the laboratory with culturing on nutrient media: columbian, chocolate, Schaedler agar.

During the surgery, aspirate was taken from the joint cavity and tissue biopsies. In 100% of cases of implant removal, they were examined. Aspiration (if the joint was not dry) was performed before dissection the joint capsule with a syringe for 5 minutes. The intraoperative punctate was delivered to the labora-

tory for leukocyte count. The leukoformula was analyzed only at elevated leukocyte levels. The result was reported to the operating room by phone in 10–15 minutes.

Intraoperatively, 4–6 tissue biopsies were taken from at least 4 different points, as well as joint fluid (if available). To isolate microorganisms from microbial biofilms, the removed endoprosthesis components were processed in a BRANSON 8510 ultrasound machine (USA) for 5 minutes at a frequency of 40 ± 2 kHz, followed by culturing of flushes on nutrient media. On average, 7 samples of the material were taken intraoperatively. All cultures were incubated up to 14 days, creating the necessary conditions for cultivation. The negative result was verified on the 7th and 14th days, positive — as the culture grows. When the growth of microorganisms was detected, the identification of pathogens with the determination of sensitivity was performed on an automatic bacteriological analyzer Vitec 2-compact (Bio Merieux, France).

Histological examination of joint tissues also allows to reveal the picture of nonspecific inflammation with the presence of neutrophil granulocytes, however, this study is not carried out at the Center. The main ("big") clinical and laboratory signs of PJI were considered to be two positive results of culturing with identical microorganisms. The level of CRP in blood plasma is more than 10 mg/l; ESR >30 mm/hour; D-dimer >860 ng/ml, an increase in the level of leukocytes in synovial fluid >2000 cells/ml, an increased percentage of polymorphonuclear neutrophils >70% were regarded as additional ("small") diagnostic signs of PJI [18, 29].

The study was conducted in three stages: at the 1st stage — preliminary selection of all cases of revision in the MIS with the exception of septic revisions (including one-stage and both stages of two-stage) and re-revisions; at the 2nd stage — sorting of observations cases on the affected joint with the exception of cases of revisions conducted on the 2nd-7th day after the primary arthroplasty during one hospitalization, as well as cases when microbiological examination of intraoperative materials was not carried out; at the 3rd stage — analysis of the data obtained and their statistical processing.

A total of 839 revisions were carried out during the study period (Fig. 1).

At the 1st stage, all cases of infection or suspicion of it detected before or during the surgery were excluded from the study ($n = 354$). In 120 observations at the first stage of the two-stage revision, 56 (46.7%) cases were initially characterized by "large" signs of PJI (the presence of a fistula — 29 and/or two positive cultures — 27 cases). In 33 (27.5%) cases there were "small" signs. In the remaining 31 cases (25.8%), it was necessary to confirm the PJI by performing additional punctures. During the third puncture, the growth of

microorganisms was detected in 8 cases (6.7%). In two cases, with three negative preoperative punctures against the background of cytosis detected during the surgery, the growth of the pathogen in the intraoperative material was detected (1.7%). Along with this, in 5 cases (12.5%), positive punctures received before surgery were not confirmed by intraoperative culturing; in 16 cases, all punctures performed, including intraoperative ones, were culture-negative (13.3%), however, all described cases of PJI were confirmed clinically and laboratory and excluded from our study.

At the 2nd stage, 5 cases of revisions were excluded from the study. The remaining cases of aseptic revisions (n = 480) performed by one-stage method were distributed by types of non-infectious complications and analyzed in accordance with the evaluation criteria.

Demographic data (age, gender of patients and the affected joint); the time interval between primary arthroplasty or the revision/re-revision stage and the last revision were analyzed; the reasons for the revision; comparative data of biomaterials microbiological studies; the results of preoperative synovial fluid

examination were evaluated. The clinical outcome in the medium term in patients with positive microbiological culturing was evaluated actively (by phone); the results of the surgery in other patients – as they applied to the Center at the stage of catamnesis.

Statistical analysis

Statistical processing of the obtained data was carried out using the analysis package of the Microsoft Excel 2007 program. The correspondence of the sample values to the normal distribution in MS Excel was confirmed graphically, which allowed reflecting the results in the form of arithmetic mean (M) and standard error (m), and in the absence of normality – minimum, maximum, median, mode. The Graph pad program was used to evaluate the statistical significance of differences in the frequency of deviations of laboratory parameters from the threshold values during THA and TKA. To assess the statistical significance of the frequency differences in the groups, an accurate Fisher test was used – it was calculated using the Graf Pad program. The differences were considered statistically significant at p<0.05.

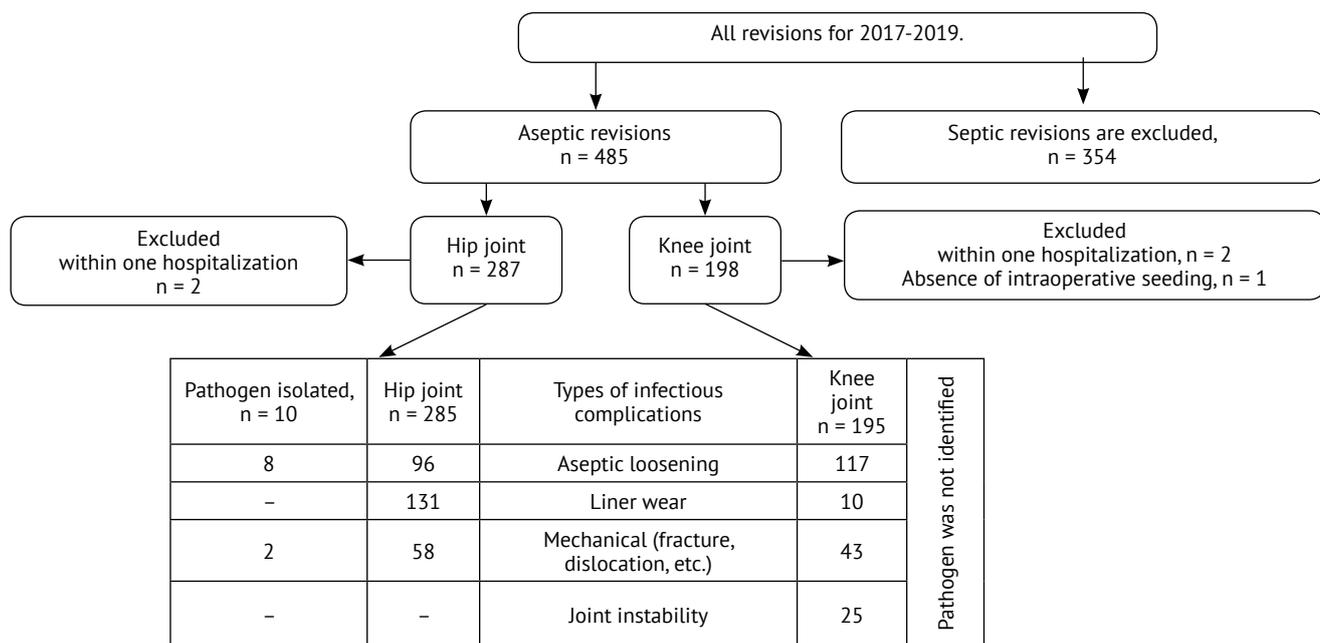


Fig. 1. Study design flowchart

Results

The average age of patients at the time of the revision was 61.7 years (CI = 95%; SD = 10.1), among them there were 308 women (64.2%), 172 men (35.8%). In the study group, the failed THA prevailed (59.4%), TKA — 40.6%.

The sample size was 450 patients, the volume of studies — 480 revisions (including 17 repeated revisions on one joint, 13 bilateral surgeries in the same patient). There were no clinical signs of infection before surgery in all patients.

After primary arthroplasty, revisions were carried out in 447 cases (hip joint = 264 and knee joint = 183), including 14 (7.2%) cases — after unilateral knee arthroplasty. In 33 cases out of 480 (6.9%) patients had previously undergone revision surgery (including outside the study period).

In the structure of non-infectious complications that caused the revision, insert wear was the leader in the hip joint group (46%), aseptic instability in the knee joint group (60%).

The average period from the moment of surgery to the present revision was 6.4 years (SD = 3.8; Me = 6.8; Mo = 9.2; 0.1–19.3) The time interval from the previous surgery to current revision was 4.1 years for knee joint (SD = 2.7; Me = 3.9; Mo = 3.0; 0.1–15.0), for hip joint — 8.1 years (SD = 3.6; Me = 8.6; Mo = 9.2; 0.1–19.3).

The obtained results of the blood test revealed a significant number of inflammation biomarkers deviations from the threshold values (Table 1).

The frequency of deviations from the threshold values in patients with aseptic revision of knee joint was 12.7% for CRP, 37.9% for D-dimer and 11.2% for ESR; with aseptic revision of hip joint: 17.9% for CRP, 41.8% for D-dimer and 11% for ESR.

The relationship between the frequency of detected deviations of laboratory parameters in patients with aseptic revision of knee joint and hip joint was not statistically significant: for CRP — $p = 0.2067$, for D-dimer — $p = 0.4324$ and for ESR — $p = 1.0$.

The analysis of synovial fluid with the count of leukocytes and the percentage of polymorphonuclear neutrophils in the pre- and intraoperative periods showed a predominance in the frequency of three-time punctate examination.

Punctates of 91.2% of patients were examined at the preoperative period, 76.8% intraoperatively. The positive results of preoperative punctations performed at the place of residence in 6 cases did not coincide with the results obtained at the Center and were recognized as false positive.

Punctates of 91.2% of patients were examined at the preoperative period, 76.8% intraoperatively. The positive results of preoperative punctations per-

formed at the place of residence in 6 cases did not coincide with the results obtained at the Center and were recognized as false positive.

Aspirate sampling with different time intervals was performed three times in 67.7% of cases, twice in 13.1% and once in 10.4%. At the outpatient stage, punctates of 8.75% of patients with mechanical complications (dislocation or periprosthetic fracture) detected by X-ray method were not examined. Subsequently, in some of these patients, the punctate was obtained intraoperatively. At the same time, 4.9% of the total number of patients ($n = 480$) were not punctated either before or during surgery.

The studied group of patients underwent 804 joint punctures (hip joint + knee joint) in the polyclinic of the Center. Of these, 32.6% of the results showed the presence of hemorrhagic contents in the punctate, which may be due to both the presence of blood in the joint cavity and traumatization of the vessel during the manipulation. 13.9% of the studies were possible only by diluting the punctate with saline (“dry” joint). At the same time, a difference in the quality of the received punctates was revealed, probably related to the complexity of taking biomaterial due to anatomical features of approach to the joint. 26.8% of knee joint punctates (95 out of 354) and 44.9% of hip joint punctates (202 out of 450) did not meet the requirements of cytological examination.

The results of bacteriological examination of synovial fluid before surgery in all patients (hip joint and knee joint) were negative, while some laboratory parameters did not allow to completely exclude PJI.

Out of 480 cases of aseptic revision, “unexpected” positive intraoperative cultures were found in 10 cases, which amounted to 2.08% of the total number of studies conducted (Table 2).

A positive result with identical sensitivity was obtained in two or more samples. The specific structure of the selected intraoperative cultures with the proposed aseptic revisions is shown in Figure 2.

In 8 out of 10 cases, the causative agents were coagulase-negative staphylococci, 6 out of 8 cases were MRSE pathogens. In two cases, anaerobic bacteria (*Propionibacterium granulosum* and *Parvimonas micra*) were the causative agents of infection.

Since the laboratory picture is diverse and ambiguous and does not make it possible to reliably judge the presence of infection, we could confirm the infection only on the basis of the results of bacteriological culturing (Table 3).

The growth of the pathogen from the removed components was detected in all 10 patients. The aspirate was not taken in four cases (“dry” joint); in one case out of 6 others, the absence of growth of microorganisms in the punctate was noted in the presence of growth from the removed components of the endoprosthesis.

Table 1
Deviations of laboratory parameters from accepted threshold criteria

Year	Knee joint						Hip joint										
	CRP			D-dimer			ESR			D-dimer			ESR				
	Parameter			Parameter			Parameter			Parameter			Parameter				
	Measurements, n	Deviations, absolute number	Percentage of deviations	Measurements, n	Deviations, n	Percentage of deviations	Measurements, n	Deviations, absolute number	Percentage of deviations	Measurements, n	Deviations, absolute number	Percentage of deviations	Measurements, n	Deviations, n	Percentage of deviations		
2017	50	7	14,0	56	22	39,3	60	6	10,0	9	16,4	73	22	30,1	76	7	9,2
2018	61	8	13,1	63	27	42,9	65	9	13,8	18	19,4	103	43	41,7	109	8	7,3
2019	54	6	11,1	63	20	31,7	63	6	9,5	14	17,3	87	45	51,7	87	15	17,2
Total	165	21	12,7	182	69	37,9	188	21	11,2	41	17,9	263	110	41,8	272	30	11,0

* ICM, 2018.

Table 2
The number of positive results of microbiological studies of intraoperative biomaterials

Year	Knee	Positive	Hip	Positive	Total
2017	60	0	82	2	142
2018	70	0	114	3	184
2019	65	0	91	6	156
Total	195	0	285	10	480

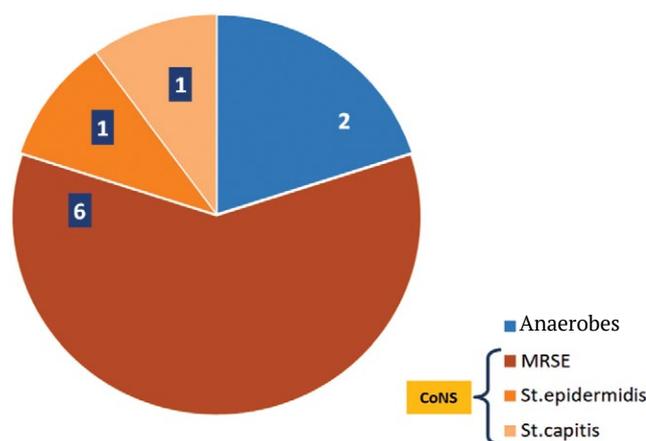


Fig. 2. Species structure of isolated microorganisms (number of results)

Table 3

Results of studies of patients with "unexpected" infections

No of patient	Age, years	The time period from the initial surgery to the present, years	ESR, mm/h	CRP, mg/l	D-dimer, ng/ml	Cytosis № 1 Cells in 1 µl	Cytosis № 2 Cells in 1 µl	Cytosis № 3 Cells in 1 µl	Intraoperative cytos, PMN%	Number of positive samples (number of samples taken)
1	64	5,6	17	8,4	834	No**	No**	413	Not taken	6 (8)
2	63	13	36	22,4	278	No**	No**	980	35*	4 (8)
3	39	0,5	19	5,5	1060	15*	11	10*	80*	2 (5)
4	65	3,75	30	16,7	2250	No**	No**	0	2500 (88)	5 (7)
5	61	3,75	18	16	1258	20*	0	11	Not taken	5 (7)
6	58	0,75	17	8,4	812	No**	Her**	80*	1400 (72)	4 (7)
7	45	6,08	21	7,2	1293	No**	Her**	1100	Not taken	5 (5)
8	50	0,75	25	9,7	955	No**	30	22*	7250 (95)	6 (7)
9	42	5,0	13	9,4	843	Not taken	25	710	Not taken	6 (7)
10	59	3,83	28	12,7	1039	50*	650*	525*	13750 (97)	4 (5)

* - hemorrhagic nature of the punctate; ** - synovial fluid analysis was performed at the place of residence.

In 9 out of 10 patients, the infection was detected after the primary arthroplasty, in one — after the revision arthroplasty. In all cases, the infection was regarded as late chronic (the earliest occurred 6 months after the arthroplasty). In one patient, both markers of PJI were elevated; in 6 cases, both indicators (CRP and ESR) were below the threshold values. Isolated increase in CRP was noted in 4 cases. The reason for the revision in 8 out of 10 cases was the aseptic loosening of the endoprosthesis components. In 2 cases, there was a mechanical cause of the revision — migration of the acetabulum component with protrusion into the pelvis — and a periprosthetic fracture consolidated by the time of surgery.

All patients were prescribed systemic antibacterial therapy: intravenously during inpatient treatment and then, after discharge, orally for 10–12 weeks. The replacement of the drug, taking into account the sensitivity of the microorganism in the early postoperative period, was carried out on the 2nd–6th day after the surgery, as the result of microbiological examination was obtained.

Since an aseptic revision was supposed, only unstable components of hip joint were replaced in some patients (in 3 patients — the acetabulum component, in one — the femoral component), in other cases both components were replaced.

At the stage of catamnesis, following the results of an active telephone call of patients with positive culture, one of 10 patients had a problem in the joint: 7 months after the surgery, periodic pain appeared in the joint, after another 10 months (after the COVID-19), the pain intensified, the temperature began to rise periodically, which, based on the patient's complaints, can presumably be regarded as PJI. Revision was not carried out due to the patient's failure to appear for hospitalization. Two patients noted periodic joint pain during weather changes or after prolonged activity, the remaining 7 patients did not make any special complaints. All patients noted a decrease in pain syndrome in the postoperative period compared to the result of the previous surgery, and were satisfied with the surgery.

In 470 patients with negative culture, 63% of patients showed up for a follow-up examination a year after the revision, including four patients with typical PJI complaints: two with Knee joint endoprosthesis (5 months and 2 years 10 months after the previous surgery), two with hip joint endoprosthesis (a year and 3 years, respectively). In each of them, the infection was confirmed clinically and laboratory at the preoperative and intraoperative stages. Four patients, which accounted for 1.4% of those who showed up for a control examination, underwent a two-stage revision arthroplasty.

Discussion

Despite all diagnostic efforts, in many patients, the PJI remains unrecognized until the moment of revision [21]. According to the classification of D.T. Tsukayama et al., unexpected infection — “positive intraoperative culture” — belongs to the fourth type of the surgery area deep infection [30].

The most common complaint in these patients is joint pain, while there is no consensus on the systematic screening of infection with aseptic revision joint replacement. According to number of authors, each case with pain syndrome in the area of THA, especially during the first 2–3 years after surgery, should be considered as a potential infectious complication, up to evidence to the contrary [12, 31].

The study showed that in preparation for aseptic revision and their performing, some of the PJI that were not detected by available methods remained out of sight. In the presence of mechanical complications, surgeons ignored performing diagnostic joints punctures, since the cause of the complication and the reason for the revision were not in doubt. The successful results of preoperative studies also testified in favor of the absence of an infectious process. Meanwhile, we have identified a certain part of the “unexpected” infections associated with mechanical complications.

In our opinion, in order to exclude PJI in any revision, there are indications for the study of serum markers of inflammation and the analysis of aspirate from the joint cavity. In PJI caused by highly virulent pathogens, inflammatory markers such as ESR and CRP are usually elevated; in the case of chronic (low-symptom) infection, changes in these indicators are less common, and their level has secondary importance [12, 32].

It is known that normal blood counts do not exclude the presence of infection (which was the case in our study), and deviations in their level are nonspecific for PJI and may be manifestations of an infectious process of any localization or other concomitant pathological process. With a simultaneous increase in the level of ESR and CRP, the combined sensitivity of the latter increases to 96%, but the specificity remains low [23]. If both indicators are negative, then this corresponds to a high negative prognostic value, but does not completely exclude infection [12, 33]. In our study, CRP was above the threshold values in 11.1–19.4% of all cases; among “unexpected” infections — in 6 out of 10 cases it was below the threshold values with confirmed PJI.

Despite the fact that the Second ICM included the D-dimer as a secondary criterion (“small” marker) for PJI, its diagnostic role deserves further study. For the diagnosis of PJI, the D-dimer level has the same or less significant importance than CRP and ESR. According to colleagues, the frequency of false positive results

may be 46%, the frequency of false negative results — 17%; at the same time, sensitivity and specificity may remain relatively high. Causes contributing to an increase in D-dimer values in patients with aseptic loosening: thrombotic disorders, inflammatory diseases, postoperative conditions, oncological diseases, infections, injuries, hemorrhages and even coronavirus disease (COVID-19). The D-dimer is mainly a marker of systemic fibrinolysis and fibrin turnover, so its values can potentially be influenced by many factors: age, gender, body mass index, concomitant cardiovascular diseases requiring treatment with anticoagulants [34]. The high proportion of D-dimer values deviations from the norm in our study (41.8%) can be explained by the lack of information about concomitant diseases of patients that could have a significant impact on D-dimer values.

Preoperative aspiration of synovial fluid as an invasive procedure is not mandatory for the study, it is usually performed in patients with suspected PJI, which corresponds to the routine clinical practice in some medical organizations. Bacteriological examination makes it possible to determine the antibacterial sensitivity of the microorganism, which is of extremely high value for determining the tactics of further treatment [21]. With the standard approach, the examination of the punctate in the preoperative period is not always carried out in most medical organizations [8, 21]. We assume that the aspirate analysis should be performed in all patients regardless of the level of serum markers of inflammation.

When puncturing the cavity around the prosthesis, it is not always possible to isolate the causative agent of PJI. It is known that many microorganisms that cause PJI are capable of forming biofilms, which sometimes does not allow isolating the infecting agent by traditional cultural methods [12, 35]. If there is suspicion of PJI, and the aspirate study gave a negative result, for example, with *Punctio sicca*, an open diagnostic biopsy can be used — a more reliable method compared to the aspirate study both in sensitivity (82% vs. 64%) and specificity (98% vs. 96%) [36]. If PJI is suspected, the need for an additional invasive procedure should always be assessed.

With a wide coverage of patients with punctures before aseptic revision, it is not always possible to obtain a sufficient amount of punctate for examination, which is characteristic of the aseptic process. With the existing different approaches of ICM and EBJIS to the collection of synovial fluid, in our case, 13.9% of the studies were possible only by diluting the punctate with saline solution (according to EBJIS). If possible, the punctate should not contain blood inclusions, because this can mimic leukocytosis [37, 38]. In our case, more than 30% of the received punctures were hemorrhagic.

With significant dilution of synovial fluid with saline solution, significant dilution of cell mass can distort the results of laboratory studies; it is recommended to exclude these low-quality samples from future diagnostic studies, since an artificial decrease in the sensitivity of the test will be observed [23, 38]. On the contrary, hemorrhagic impurities can simulate false leukocytosis. Nevertheless, we used dilute and hemorrhagic samples for diagnosis as accessory with appropriate comments for clinicians to maintain infectious alertness.

The study of the punctate gives us two diagnostic criteria at once to help us: bacteriological culture and analysis of aspirate with cell differentiation. In our study, preoperative examination of synovial fluid showed the absence of pathogens growth and cytositis during a three-time preoperative examination of the joint punctate, which in 97.9% of cases coincided with negative results of the intraoperative materials study, which indicates the high efficiency of the proposed examination algorithm. However, it should be kept in mind that it is not necessary to rely entirely on the result of cytositis, since the accepted cytositis thresholds are unacceptable for hemorrhagic samples for 6 weeks from the day of surgery, as well as for systemic diseases, dislocation and fracture [18].

According to G.A. Kukovenko et al., three-time examination makes it possible to correctly diagnose and isolate the causative agent of deep PJI [39]. Our analysis of the punctate microbiological examination results showed that with an increase in their multiplicity, the number of positive results increases. This conclusion is confirmed by the fact that during the third puncture in patients with septic process, the growth of microorganisms was detected in another 6.7% of cases. If a three-time study had not been conducted, then this part of the cases would have been recognized as aseptic and would subsequently have been qualified as septic already during the revision and in the postoperative period.

For clinicians, preoperative data has great importance in choosing surgical tactics — in our case, they did not cause suspicion. At the same time, cytositis detected intraoperatively in three patients (>2000 cells/μl) in combination with other complications (mechanical, somatic) did not contribute to infectious alertness, and this could affect the change in the course (staging) of the surgery. We identified “unexpected” infections only in the postoperative period, after bacteriological examination of intraoperative materials.

According to the literature, the prevalence of “unexpected” positive intraoperative culture ranges from 4% to 38%, which may be due to differences in preoperative diagnosis, features of the cases selection of aseptic revisions, the number of culture samples taken, as well as be associated with possible contami-

nation of biomaterial, insufficient sample size [8]. The average prevalence of “unexpected” infection among the patients included in this review was 10.5% [8]. The gap between our result (2.08%) and the literature data may be due to the short follow-up period of patients in this study (3 years), as well as different approaches to the frequency of preoperative and intraoperative joint punctures in non-infectious complications after arthroplasty.

Some of authors consider “unexpected” infections mainly in the context of aseptic loosening of components. In our study, the proportion of “unexpected” infections in the structure of aseptic loosening was only 3.75% compared to 10.0% in G. Renard et al [19].

According to the literature data, “unexpected” infections are almost twice as often detected in hip joint than in knee joint [8]. All the cases we identified concerned THA, which is explained, as we believe, by the difficulty of obtaining synovial fluid from hip joint.

In the studies of colleagues, it is noted that the most common microorganisms in “unexpected” infections are coagulase-negative staphylococci, in second place is *Propionibacterium*; virulent organisms such as *Staphylococcus aureus* and enterococci are less common [14]. Our results confirm these conclusions: methicillin-resistant *Staphylococcus epidermidis* — MRSE was the leader in the microbial landscape.

The use of molecular biological methods such as polymerase chain reaction (PCR) for the diagnosis of PJI has been well studied [8, 12, 40, 41, 423] and it would contribute, on the one hand, to the additional detection of microorganisms. On the other hand, these methods are very sensitive to contamination [21]. In addition, most of them as test kits are not available to many medical organizations and therefore are still far from routine use in everyday clinical practice.

Measurement of alpha-defensin in synovial fluid is used as a supplement to existing tests for the diagnosis of PJI as the most specific preoperative test [14, 18]. Its use also has its limitations — false positive results are possible in cases of hemorrhagic or dilute sample, with metallosis. This test is used in daily clinical practice in our Center to a limited extent in doubtful cases due to its high cost.

The tactics of further revision depends on the verification of the etiological factor of the complication that led to the aseptic revision — whether it should be carried out by a one-stage method or in two stages. When there is no data for the infectious process before surgery, and pathogens difficult to eradicate are isolated from intraoperative material, for which the choice of active antimicrobials is limited, one-stage replacement of the endoprosthesis can lead to subsequent relapses and repeated revisions.

Currently, one-stage revision arthroplasty is used only to a limited extent in the treatment of PJI, de-

spite the obvious economic benefits in comparison with two-stage revisions. Both approaches have their pros and cons.

There is an opinion that one-stage revision in patients with PJI reduces total intraoperative blood loss, negative impact on concomitant diseases and the mortality rate of patients, not inferior to the results of two-stage treatment in terms of infection suppression [41]. It is fundamentally important to completely remove all the components of the endoprosthesis and remaining bone cement if it presents [12]. The absolute advantage of this surgery is the simultaneous relief of infection and the rapid restoration of lost limb function, as well as a single course of antibiotic therapy [41].

However, compared with two-stage revisions, one-stage has a number of limitations of use in conditions of polymicrobial infection, immunosuppression, significant defects in the bone and soft tissues of the affected joint [43]. At the same time, it is believed that two-stage revision in chronic (low-symptomatic) PJI has a high success rate compared to a one-stage revision: the risk of reinfection is 33.9% higher than with a two-stage revision [12].

The tactics of joint punctures practiced in the Center in the preoperative period with any upcoming revision allows you to immediately differentiate obvious PJI. Our additional studies make it possible to detect “unexpected” infections at the level of 2.08% of all aseptic revisions, which is significantly less than the data of the world literature — 4–38% [8].

Timely chosen treatment tactics in the identified cases (the appointment of antibacterial therapy in the postoperative period after one-stage revisions and at the outpatient stage, taking into account the sensitivity of the isolated microorganism) allowed to achieve a good treatment result in 9 out of 10 patients.

Valuable information for diagnosis was added by the examination of the aspirate from the joint. The analysis of the studied publications showed that foreign colleagues did not perform triple punctures en masse, which explains the higher rate of detection of “unexpected” infections during aseptic revisions in the postoperative period. The tactic of three-time punctate studies used by us logically increases the proportion of detected infection in the preoperative period, which allows us to attribute these cases to PJI and apply appropriate surgical treatment tactics to them. We assume that this is the reason for the differences in the frequency of detection of “unexpected” PJI in our study and in the literature.

The maximum coverage of patients with joint punctures (from one to three) before aseptic revisions, and especially during their implementation with mandatory cytological and microbiological studies of the punctate, allowed us to choose the optimal

stage of surgical treatment of patients and reduce the risk of relapses.

According to our data, 9 out of 10 patients with “unexpected” infections in the medium term (more than one year) had a favorable outcome of surgical treatment.

Study limitations

The results of the study could be affected by incomplete data of laboratory and bacteriological studies in some patients at the pre- and intraoperative stages (lack of research results, non-compliance with the frequency of their conduct), non-attendance of some patients for a follow-up examination. It should be noted that we included low-quality punctates (synovial fluid) in the data processing, which is also a limitation of the study, since it indicates that in 43.9% of cases it is not possible to obtain biological material that meets the requirements for cytological examination. This significantly reduces the diagnostic capabilities of cytological examination of the punctate. The program of our research differs from the methodological approaches of other authors, which requires an additional multicenter or meta-study on this problem according to a single protocol.

Conclusions

The detection of infection where it was not supposed to be and its identification make it possible to prescribe a rational course of antibacterial therapy after one-stage revisions. Successful results of treatment of patients with “unexpected” infections in 90% of cases make it possible to use this approach in planning of revision interventions. The experience gained allows us to use one-stage revision in certain cases in the treatment of PJI.

Ethical expertise

The study was carried out in accordance with the ethical principles of the Helsinki Declaration (World Medical Association Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013), “Rules of Clinical Practice in the Russian Federation” (Order of the Ministry of Health of Russia dated 06/19/2003 No. 266).

Informed consent

The patients gave written informed consent to participate in the study and publish its results.

References

1. 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.
2. Nikolaev N.S., Malyuchenko L.I., Preobrazhenskaya E.V., Karpukhin A.S., Yakovlev V.V., Maksimov A.L. [The use of individual components of the acetabulum in hip arthroplasty in posttraumatic coxarthrosis]. *Genij Ortopedii*. 2019;25(2):207-213. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-207-213.
3. Fevang B.T., Lie S.A., Havelin L.I., Engesaeter L.B., Furnes O. Improved results of primary total hip replacement. *Acta Orthop*. 2010;81(6):649-659. doi: 10.3109/17453674.2010.537807.
4. Kowalik T.D., DeHart M., Gehling H., Gehling P., Schabel K., Duwelius P., Mirza A. The Epidemiology of Primary and Revision Total Hip Arthroplasty in Teaching and Nonteaching Hospitals in the United States. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016;24(6):393-398. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00596.
5. Patel A, Pavlou G, Mújica-Mota RE, Toms AD. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the National Joint Registry dataset. *Bone Joint J*. 2015;97-B(8):1076-1081. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170.
6. Bardou-Jacquet J., Souillac V., Mouton A., Chauveaux D. Primary aseptic revision of the femoral component of a cemented total hip arthroplasty using a cemented technique without bone graft. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95(4):243-248. doi: 10.1016/j.otsr.2009.04.007.
7. Roberts V.I., Esler C.N., Harper W.M. A 15-year follow-up study of 4606 primary total knee replacements. *J Bone Joint Surg Br*. 2007;89(11):1452-1456. doi: 10.1302/0301-620X.89B11.19783.
8. Purudappa P.P., Sharma O.P., Priyavadana S., Sambandam S., Villafuerte J.A. Unexpected positive intraoperative cultures (UPIC) in revision Hip and knee arthroplasty- A review of the literature. *J Orthop*. 2019;17:1-6. doi: 10.1016/j.jor.2019.06.028.
9. Labek G., Thaler M., Janda W., Agreiter M., Stöckl B. Revision rates after total joint replacement: cumulative results from worldwide joint register datasets. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(3):293-297. doi: 10.1302/0301-620X.93B3.25467.
10. Prokhorenko V.M., Azizov M.Zh., Shakirov Kh.Kh. [Revision hip arthroplasty: a case-control study]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2016;6; Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25677>. (In Russian).
11. Postler A., Lützner C., Beyer F., Tille E., Lützner J. Analysis of Total Knee Arthroplasty revision causes. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19(1):55. doi: 10.1186/s12891-018-1977-y.

12. Winkler T., Trampuz A., Renz N., Perka C., Bozhkova S.A. [Classification and algorithm for diagnosis and treatment of hip prosthesis 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.
13. Sereda A.P., Kavalersky G.M., Murylev V.Yu., Rukin Ya.A. [Periprosthetic infection diagnosis. Part 1: serology]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(4):115-126. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-4-4-14.
14. Anagnostakos K., Thiery A., Meyer C., Sahar I. Positive Microbiological Findings at the Site of Presumed Aseptic Revision Arthroplasty Surgery of the Hip and Knee Joint: Is a Surgical Revision Always Necessary? *Biomed Res Int*. 2020;2020:2162136. doi: 10.1155/2020/2162136.
15. Kapadia B.H., Berg R.A., Daley J.A., Fritz J., Bhavane A., Mont M.A. Periprosthetic joint infection. *Lancet*. 2016;387(10016):386-394. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61798-0.
16. Parvizi J., Fassihi S.C., Enayatollahi M.A. Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection Following Hip and Knee Arthroplasty. *Orthop Clin North Am*. 2016;47(3):505-515. doi: 10.1016/j.ocl.2016.03.001.
17. Parvizi J., Tan T.L., Goswami K., Higuera C., Della Valle C., Chen A.F., Shohat N. 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.
18. Renz N., Yermak K., Perka C., Trampuz A. Alpha Defensin Lateral Flow Test for Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection: Not a Screening but a Confirmatory Test. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(9):742-750. doi: 10.2106/JBJS.17.01005.
19. Renard G., Laffosse J.M., Tibbo M., Lucena T., Cavaignac E., Rouvillain J.L. et al. Periprosthetic joint infection in aseptic total hip arthroplasty revision. *Int Orthop*. 2020;44(4):735-741. doi: 10.1007/s00264-019-04366-2.
20. Shpinyak S.P., Babushkina I.V., Maksyushina T.D., Galashina E.A., Chibrikova Yu.A., Bondarenko A.S., Norkin I.A. [The methods of deep periprosthetic infection diagnostics in the area of knee joint (Review)]. *Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2018;14(3):607-610. (In Russian).
21. Moojen D.J., van Hellemond G., Vogely H.C., Burger B.J., Walenkamp G.H., Tulp N.J. et al. Incidence of low-grade infection in aseptic loosening of total hip arthroplasty. *Acta Orthop*. 2010;81(6):667-673. doi: 10.3109/17453674.2010.525201.
22. Ribera A., Morata L., Moranas J., Agulló J.L., Martínez J.C., López Y. et al. Clinical and microbiological findings in prosthetic joint replacement due to aseptic loosening. *J Infect*. 2014;69(3):235-243. doi: 10.1016/j.jinf.2014.05.003.
23. Figueiredo A., Ferreira R., Alegre C., Judas F., Fonseca F. Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection: from Novel Synovial Fluid Biomarkers to Identification of the Etiological Agent. *Nov Tech Arthritis Bone Res*. 2018;2(4):555594. doi: 10.19080/NTAB.2018.02.555595.
24. Zahar A., Webb J., Gehrke T., Kendoff D. One-stage exchange for prosthetic joint infection of the hip. *Hip Int*. 2015;25(4):301-307. doi: 10.5301/hipint.5000264.
25. Zeller V., Lhotellier L., Marmor S., Leclerc Ph., Krain A., Graff W. et al. One-stage exchange arthroplasty for chronic periprosthetic hip infection: results of a large prospective cohort study. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(1):e1. doi: 10.2106/JBJS.L.01451.
26. Anagnostakos K., Fink B. Antibiotic-loaded cement spacers – lessons learned from the past 20 years. *Expert Rev Med Devices*. 2018;15(3):231-245. doi: 10.1080/17434440.2018.1435270.
27. Janz V., Bartek B., Wassilew G.I., Stuhler M., Perka C.F., Winkler T. Validation of Synovial Aspiration in Girdlestone Hips for Detection of Infection Persistence in Patients Undergoing 2-Stage Revision Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2016;31(3):684-687. doi: 10.1016/j.arth.2015.09.053.
28. Nikolaev N.S., Lyubimova L.V., Pchelova N.N., Preobrazhenskaya E.V., Alekseeva A.V. [Treatment of Periprosthetic Infection with Silver-Doped Implants Based on Two-Dimensionally Ordered Linear Chain Carbon]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(4):98-108. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-98-108. (In Russian).
29. 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.
30. 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.
31. Zimmerli W. Infection and musculoskeletal conditions: Prosthetic-joint-associated infections. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2006;20(6):1045-1063. doi: 10.1016/j.berh.2006.08.003.
32. Corvec S., Portillo M.E., Pasticci B.M., Borens O., Trampuz A. Epidemiology and new developments in the diagnosis of prosthetic joint infection. *Int J Artif Organs*. 2012;35(10):923-934. doi: 10.5301/ijao.5000168.
33. Trampuz A., Perka C., Borens O. Gelenkprotheseninfektion: Neue Entwicklungen in der Diagnostik und Therapie [Prosthetic joint infection: new developments in diagnosis and treatment]. *Dtsch Med Wochenschr*. 2013;138(31-32):1571-1573. doi: 10.1055/s-0033-1343280. (In German).
34. Balato G., De Franco C., Balboni F., De Matteo V., Ascione T., Baldini A. et al. The role of D-dimer in periprosthetic joint infection: a systematic review and meta-analysis. *Diagnosis (Berl)*. 2021. doi: 10.1515/dx-2021-0032. Online ahead of print.
35. Frommelt L. Gelenkpunktat und Erregernachweis bei periprosthetischer Infektion [Aspiration of joint fluid for detection of the pathogen in periprosthetic infection]. *Orthopade*. 2008;37(10):1027-1034. doi: 10.1007/s00132-008-1345-y. (In German).

36. 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.
37. Ghanem E., Houssock C., Pulido L., Han S., Jaber F.M., Parvizi J. Determining «true» leukocytosis in bloody joint aspiration. *J Arthroplasty.* 2008;23(2):182-187. doi: 10.1016/j.arth.2007.08.016.
38. Deirmengian C., Feeley S., Kazarian G.S., Kardos K. Synovial Fluid Aspirates Diluted with Saline or Blood Reduce the Sensitivity of Traditional and Contemporary Synovial Fluid Biomarkers. *Clin Orthop Relat Res.* 2020 Aug;478(8):1805-1813. doi: 10.1097/CORR.0000000000001188.
39. Kukovenko G.A., Elizarov P.M., Alekseev S.S., Sorokina G.L., Ivanenko L.R., Erokhin N.E. et al. Importance of the Algorithm for Diagnosis of Late Deep Periprosthetic Hip Infection. *Traumatalogiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(4):75-87. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-75-87. (In Russian).
40. Kobayashi N., Procop G.W., Krebs V., Kobayashi H., Bauer T.W. Molecular identification of bacteria from aseptically loose implants. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(7):1716-1725. doi: 10.1007/s11999-008-0263-y.
41. Ermakov A.M., Klyushin N.M., Ababkov Yu.V., Tryapichnikov A.S., Koyushkov A.N. [One-stage revision arthroplasty in the treatment of periprosthetic hip joint infection]. *Genij Ortopedii.* 2019;25(2):172-179. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-172-179. (In Russian).
42. Dobrovol'skaya N.Yu., Prishchepa N.P., Preobrazhenskaya E.V., Pchelova N.N. [PCR research as an auxiliary method for diagnostics of periprosthetic infection after endostredition of joints (clinical case)]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika* [Clinical Laboratory Diagnostics]. 2020;65(5):332-336. doi: 10.18821/0869-2084-2020-65-5-332-336. (In Russian).
43. Ilchmann T., Zimmerli W., Ochsner P.E., Kessler B., Zwicky L., Graber P. et al. One-stage revision of infected hip arthroplasty: outcome of 39 consecutive hips. *Int Orthop.* 2016;40(5):913-918. doi: 10.1007/s00264-015-2833-4.

AUTHORS' INFORMATION:

Nikolay S. Nikolaev — Dr. Sci. (Med.), Professor, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary); Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia
e-mail: nikolaevns@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1560-470X>

Nadezhda N. Pchelova — Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary), Cheboksary, Russia
e-mail: nadyapchelova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9507-9118>

Elena V. Preobrazhenskaya — Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary), Cheboksary, Russia
e-mail: alenka_22@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3556-145X>

Valentina V. Nazarova — Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary), Cheboksary, Russia
e-mail: fc@orthoscheb.com
<https://orcid.org/0000-0002-8872-4040>

Natal'ya Yu. Dobrovol'skaya — Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary), Cheboksary, Russia
e-mail: medlab67@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8786-4316>

Authors' contribution:

Nikolaev N.S. — study concept, manuscript editing, final version of the article approval.

Pchelova N.N. — study design, data analysis, text writing.

Preobrazhenskaya E.V. — data analysis, graphic design, text writing.

Nazarova V.V. — collection of material, analysis, interpretation of data.

Dobrovolskaya N.Yu. — collection of material.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Conflict of interest:

The authors declare that there is no conflict of interest.



Клинико-генетические и ортопедические характеристики дисплазии Дебукуа

Т.В. Маркова¹, В.М. Кенис^{2,3}, Е.В. Мельченко², П.А. Спарбер¹, М.С. Петухова¹,
 И.О. Бычков¹, Т.С. Нагорнова¹, О.Л. Шатохина¹, Е.Л. Дадали¹

¹ ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», г. Москва, Россия

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. Дисплазия Дебукуа — редкий вариант системной скелетной дисплазии с аутосомно-рецессивным типом наследования, который включен в группу множественных вывихов суставов. Заболевание обусловлено мутациями в генах *CANT1* и *XYLTI*, белковые продукты которых участвуют в ферментативном катализе протеогликанов, играющих важную роль в энхондральной оссификации. Полиморфизм клинико-рентгенологических характеристик и генетическая гетерогенность дисплазии Дебукуа обуславливают необходимость описания фенотипических особенностей пациентов с различными типами мутаций в генах, что будет способствовать оптимизации его диагностики. **Цель исследования** — описать клинико-рентгенологические характеристики трех российских больных с дисплазией Дебукуа типов 1 и 2 с выраженными ортопедическими проявлениями, обусловленными мутациями в генах *CANT1* и *XYLTI*. **Материал и методы.** Представлено описание клинических и рентгенологических характеристик трех пробандов с дисплазией Дебукуа. Проведен генеалогический, клинический, рентгенологический и молекулярно-генетический анализ трех неродственных российских пациентов в возрасте от 2 до 8 лет. Молекулярно-генетический анализ осуществлялся с помощью секвенирования клинического экзона нового поколения и метил-чувствительной ПЦР. **Результаты.** У двух пациентов диагностирован тип 1 заболевания, обусловленный ранее описанной мутацией в гене *CANT1*: с.898C>T (p.Arg300Cys) в гомозиготном состоянии, а у одного — тип 2, обусловленный мутациями в гене *XYLTI*. Одна мутация в этом гене: с.1651C>T (p.Arg551Cys) в гетерозиготном состоянии обнаружена при проведении секвенирования экзона, а вторая мутация (экспансия GGC повторов в промоторной области гена) выявлена в результате анализа метилирования первого экзона гена методом метил-чувствительной ПЦР. Основными клиническими признаками заболевания были микромелический нанизм, гипермобильность в суставах и специфические лицевые дизморфии, а при рентгенологическом исследовании — конфигурация головки бедренной кости по типу «разводного ключа», дополнительный центр оссификации второй пястной кости, опережение костного возраста и множественные вывихи в суставах. У наблюдаемых нами пациентов отмечен ряд внескелетных проявлений в виде врожденной глаукомы, обструктивных бронхитов, гипоплазии почек, врожденного порока сердца. **Заключение.** Генетическая гетерогенность и наличие полиморфизма клинических проявлений позволяют рассматривать секвенирование клинического экзона в качестве оптимального метода диагностики дисплазии Дебукуа типов 1 и 2. Анализ данных литературы и полученные нами результаты молекулярно-генетического исследования свидетельствуют о возможности наличия экспансии GGC повтора в гене *XYLTI* у больных с клиническими проявлениями дисплазии Дебукуа типа 2.

Ключевые слова: дисплазия Дебукуа, ген *CANT1*, ген *XYLTI*, секвенирование экзона, экспансия GGC повтора.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Маркова Т.В., Кенис В.М., Мельченко Е.В., Спарбер П.А., Петухова М.С., Бычков И.О., Нагорнова Т.С., Шатохина О.Л., Дадали Е.Л. Клинико-генетические и ортопедические характеристики дисплазии Дебукуа. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):71-83. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-71-83>.

Cite as: Markova T.V., Kenis V.M., Melchenko E.V., Sparber P.A., Petukhova M.S., Bychkov I.O., Nagornova T.S., Shatokhina O.L., Dadali E.L. [Clinical, Genetic and Orthopedic Characteristics of Desbuquois Dysplasia]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):71-83. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-71-83>.

✉ Кенис Владимир Маркович / Vladimir M. Kenis; e-mail: kenis@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 19.07.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 30.08.2021.

© Маркова Т.В., Кенис В.М., Мельченко Е.В., Спарбер П.А., Петухова М.С., Бычков И.О., Нагорнова Т.С., Шатохина О.Л., Дадали Е.Л., 2021



Clinical, Genetic and Orthopedic Characteristics of Desbuquois Dysplasia

Tatyana V. Markova¹, Vladimir M. Kenis^{2,3}, Evgeniy V. Melchenko², Peter A. Sparber¹, Marina S. Petukhova¹, Igor O. Bychkov¹, Tatyana S. Nagornova¹, Olga L. Shatokhina¹, Elena L. Dadali¹

¹ Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia

² H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

³ Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Introduction. Desbuquois dysplasia is a rare skeletal dysplasia with an autosomal recessive inheritance, resembling to the group of multiple joint dislocations. The disease is caused by mutations in the CANT1 and XYLT1 genes, the protein products of which are involved in the degradation of proteoglycans, which play an important role in endochondral ossification. The polymorphism of clinical and radiological characteristics and the genetic heterogeneity of Desbuquois dysplasia necessitate the description of the phenotypic characteristics of patients with various types of mutations, which optimize diagnosis. **Objective** — description of the clinical and radiological characteristics of three Russian patients with Desbuquois dysplasia of types 1 and 2 with remarkable orthopedic manifestation, caused by mutations in the CANT1 and XYLT1 genes. **Materials and Methods.** Genealogical, clinical, radiographic and genetic data of three unrelated Russian patients aged 2 to 8 years was carried out. Genetic testing was carried out using clinical exome sequencing and methyl-sensitive PCR. **Results.** Two patients were diagnosed with type 1 disease due to a previously described homozygous mutation in the CANT1 gene: c.898C>T (p.Arg300Cys), and one — type 2 due to heterozygous mutations in the XYLT1 gene. One mutation: c.1651C>T (p.Arg551Cys) was detected during exome sequencing, and the second mutation: expansion of GGC repeats in the promoter region of the gene, revealed by methyl-sensitive PCR of the first exon of the gene. The main clinical signs of the disease were micromelic dwarfism, hypermobility in the joints and specific facial dysmorphisms, radiographic analysis revealed characteristic «monkey wrench» appearance of the proximal femur in all 3 patients, additional ossification center of the second metacarpal, advanced bone age and multiple dislocations in the joints. The patients also had extra-skeletal manifestations (congenital glaucoma, obstructive bronchitis, renal hypoplasia and congenital heart malformations). **Conclusion.** Genetic heterogeneity and the presence of polymorphism of clinical manifestations make it possible to consider sequencing of the clinical exome as the optimal method for diagnosing Desbuquois dysplasia types 1 and 2. Analysis of the literature and the results of our molecular genetic data indicate the possibility of expansion of the GGC repeat in the XYLT1 gene in patients with clinical manifestations of type 2 Desbuquois dysplasia.

Keywords: Desbuquois dysplasia, CANT1 gene, XYLT1 gene, exome sequencing, expansion of the GGC repeat.

Funding: state budgetary funding.

Введение

Дисплазия Дебукуа (ДД) — редкий вариант системной скелетной дисплазии с аутосомно-рецессивным типом наследования. Распространенность заболевания по предварительным оценкам составляет 1:1 000 000 человек [1]. Заболевание впервые описано G. Desbuquois с соавторами в 1966 г. у двух французских сестер с непропорциональной карликовостью, вывихами в суставах, глаукомой и умственной отсталостью [2]. В 1991 г. M. Le Merrer с соавторами предложили выделить ДД как отдельную нозологическую форму, предположив ее наличие у некоторых больных с множественными вывихами в суставах, у которых ранее диагности-

рован синдром Ларсена [3]. Согласно международной классификации генетических нарушений скелета, принятой в 2019 г., ДД относится к группе множественных вывихов в суставах [4].

Клинические проявления заболевания полиморфны. У всех больных наблюдается сочетание микромелического нанизма, специфических лицевых дизморфий и генерализованной гипермобильности суставов [5]. Рост взрослых больных в среднем составляет 114 см (-8,5 SD) [6]. Наряду с этим у ряда больных диагностируются врожденная глаукома, пороки сердца и почек, умеренно выраженный интеллектуальный дефицит, а также гипоплазия легких и деформация грудной клетки,

которые могут быть причиной раннего летального исхода [2, 7, 8, 9, 10]. Описаны также тяжелые случаи ДД с водянкой плода, приводившей к его внутриутробной гибели [8].

Типичными рентгенологическими признаками ДД являются укорочение длинных костей, конфигурация проксимального отдела бедренной кости по типу «разводного гаечного ключа» (короткая широкая шейка бедренной кости с медиальным метафизарным выступом и увеличением малого вертела) и выраженное опережение сроков оссификации костей запястья и предплюсны. В 2004 г. L. Faivre с соавторами выделили два типа ДД, основываясь на рентгенологических аномалиях кисти: тип 1 — наличие дополнительного центра окостенения, дистального по отношению ко второй пястной кости («экстрафаланга»), раздвоенная дистальная фаланга или дельта-фаланга большого пальца; тип 2 — отсутствие этих аномалий. Причем у больных с типичными изменениями кисти отмечалась более высокая частота вывихов крупных суставов и кифосколиоза [5]. Кроме того, в 2010 г. O.H. Kim с соавторами описали вариант ДД у пациентов из Японии и Кореи, который характеризуется короткими пястными костями и удлинненными фалангами без дополнительных центров окостенения [11].

Этиология ДД типа 1 впервые установлена С. Huber с соавторами в 2009 г., которые обнаружили мутацию в гене *CANT1* на хромосоме 17q25.3 у больных из 9 неродственных семей [7]. В 2011 г. J. Dai с соавторами, обследуя детей с вариантом Кима, показали, что он также обусловлен мутациями в гене *CANT1* [12]. Наличие второго генетического варианта ДД показал С. Vu с соавторами в 2014 г., которые обнаружили мутации в гене *XYL1*, локализованном в области хромосомы 16p12.3, у семи *CANT1*-негативных пациентов с клиническими и рентгенологическими проявлениями ДД [13].

Белковыми продуктами обоих генов являются ферменты — кальций-активированная нуклеотидаза-1 и ксилозилтрансфераза-1, которые осуществляют ферментативный катализ начальных этапов биосинтеза протеогликанов и играют важную роль в процессе энхондральной оссификации [13, 14, 15].

В последние годы предпринимаются попытки установления клинико-генетических корреляций у больных с различными мутациями, нарушающими функцию отдельных белковых доменов, однако до настоящего времени не получено достоверных данных об особенностях клинических проявлений у больных с различными типами и локализацией мутаций. Это обуславливает необходимость продолжения исследований, результаты которых будут способствовать совершенствованию представ-

лений о патогенезе заболевания и оптимизации его диагностики.

Цель работы — описать клинико-рентгенологические характеристики трех российских больных с дисплазией Дебукуа типов 1 и 2 с выраженными ортопедическими проявлениями, обусловленными мутациями в генах *CANT1* и *XYL1*.

Материал и методы

Материалом исследования послужили данные клинического, рентгенологического и генетического обследований трех российских пациентов (двух мальчиков и одной девочки) с ДД (ДД типа 1 имела место у мальчика и девочки, ДД типа 2 — у одного мальчика).

Для уточнения диагноза у больных использовался комплекс методов обследования: генеалогический анализ, клиническое обследование, рентгенография, оценка интеллектуального развития с использованием психологических тестов, секвенирование клинического экзона нового поколения.

Выделение геномной ДНК проводилось из лейкоцитов периферической крови с помощью набора реактивов Wizard Genomic DNA Purification Kit (Promega, США) по протоколу производителя. Для пробоподготовки использовали реактивы Illumina TruSeq DNA Exome. Секвенирование проведено на приборе Illumina NextSeq500 методом парно-концевого чтения (2×75 п.о.). Среднее покрытие полного экзона пациента составило ×98,5; количество таргетных областей с покрытием ≥×10 — 93,16%; равномерность покрытия (uniformity Pct >0,2*mean) — 83,4%. Для картирования полученных последовательностей на референсный геном hg19 использовали программное обеспечение BWA.

мРНК выделена из клеток крови пациента набором Total RNA Purification Plus Kit (Norgene, Canada). кДНК синтезирована с использованием ImProm-II™ Reverse Transcriptase (Promega, USA) и олиго (dT) праймеров. Фрагмент кДНК гена *XYL1*, включающий экзоны 7-9, амплифицирован с праймеров 5'-GCTTCCTGCTGAGTCCCTTCTT-3' и 5'-CCTGCGGCTTGAAGTCAATTGG-3'.

Бисульфитная конверсия ДНК выполнена набором EpiTect Bisulfite Kit (Qiagen) согласно протоколу производителя. Метил-чувствительная ПЦР выполнена с использованием праймеров, описанных ранее.

Результаты клинико-генетического обследования больных

Пробанд 1 — девочка, обследованная в возрасте 6 лет 5 мес. с целью уточнения диагноза по поводу жалоб родителей на отставание в росте, деформацию суставов и отсутствие самостоятельной ходьбы. Родители ребенка здоровы и не состоят в

кровном родстве, возраст матери на момент рождения ребенка — 25 лет, отца — 28 лет. Родилась от первой беременности, во время которой при проведении УЗИ плода в 22 и 30 нед. диагностировано укорочение длинных костей. Роды на сроке 39–40 нед. путем кесарева сечения в ягодичном предлежании. Вес при рождении 2330 г, длина — 40 см (-5 SD), окружность головы — 33 см, груди — 29,5 см. Оценка по шкале Апгар 6/8 баллов. С рождения у ребенка диагностирована церебральная ишемия 2-й степени, укорочение конечностей, вывихи в коленных и тазобедренных суставах, клинобрахидактилия кистей и стоп, врожденная глаукома, дизморфические черты лица (экзофтальм, вдавленное широкое переносье). При проведении ЭХО-КГ выявлено открытое овальное окно размером 2 мм и эктопические хорды левого желудочка. В возрасте 1 год и 7 мес. прооперирована по поводу врожденной глаукомы. С трехмесячного возраста у ребенка наблюдались рецидивирующие обструктивные бронхиты, обусловленные врожденным пороком развития бронхов, приводящие к развитию фиброателектазов легких и вторичной легочной гипертензии. В возрасте 5 лет 5 мес. после ротавирусной инфекции перенесла гемолитико-уремический синдром на фоне диспластической гипоплазии обеих почек. В возрасте 3 лет после падения произошел закрытый перелом в нижней трети правой большеберцовой кости. Раннее психомоторное развитие протекало с задержкой: голову начала держать

с 1,5 лет, сидеть с двух лет, самостоятельно не ходила, фразовая речь начала формироваться с 4-летнего возраста. При проведении исследования кариотипа и хромосомного микроматричного анализа хромосомного дисбаланса выявлено не было. Активность лизосомных ферментов и концентрация гликозаминогликанов были не изменены.

При осмотре ребенка в возрасте 6 лет 5 мес. рост составлял 79 см (-8 SD), масса тела — 9 кг. Отмечались дизморфические черты строения: круглое лицо, экзофтальм, серые склеры, синюшность, вдавленная переносица, широкий короткий нос, готическое небо, короткая шея. Психоречевое развитие соответствовало возрасту.

Нарушения со стороны опорно-двигательного аппарата включали низкий рост с множественными деформациями конечностей и позвоночника; аномалии позвоночника — тяжелый поясничный сколиоз, локальный кифоз в шейно-грудном отделе. Гипермобильность большинства суставов верхних конечностей сопровождалась сгибательной контрактурой левого локтевого сустава (вторичной по отношению к подвывиху). «Штыкообразная» деформация нижних конечностей вследствие вывиха костей голени препятствовала возможности самостоятельно стоять и ходить (рис. 1 а). Деформация стопы характеризовалась вальгусным отклонением заднего отдела и приведением ее переднего отдела, первый палец стопы короткий, с характерной вальгусной деформацией (рис. 1 б).



Рис. 1. Пробанд 1 — девочка, обследованная в возрасте 6 лет 5 мес.:

- а — внешний вид — низкий рост с множественными деформациями конечностей и позвоночника, деформация нижних конечностей вследствие вывиха костей голени препятствует возможности самостоятельно стоять и ходить;
- б — внешний вид стоп с приведением переднего отдела, первые пальцы стоп короткие, с характерной вальгусной деформацией

Fig. 1. Proband 1 — girl, 6 years 5 months of age:

- а — short stature with multiple deformities of the limbs and spine, deformation of the lower extremities due to bilateral knee dislocation hampers the ability to stand and walk independently;
- б — feet with adduction of the forefoot, the first toes are short, with characteristic valgus deformity

На рентгенограммах тазобедренных суставов обращают на себя внимание широкие и короткие шейки бедренных костей с типичной формой проксимального отдела бедренной кости в переднезадней проекции. Проксимальные зоны роста бедренной кости ориентированы горизонтально. Рентгенограммы коленных суставов выявили ротационные вывихи костей голени и вывих надколенника (рис. 2 а). На рентгенограммах позвоночника: выраженный правосторонний поясничный сколиоз (рис. 2 б). На рентгенограмме верхней конечности выявлены варусная деформация проксимального отдела плечевой кости, подвывих головки лучевой кости (рис. 2 с).

На рентгенограммах кистей обнаружены характерные изменения, включающие локтевую девиацию кисти вследствие деформации суставной поверхности дистального отдела лучевой кости, короткие вторые пястные кости, мозаично распределенные конусовидные деформации и уплотненные по типу «слоновой кости» эпифизы пястных костей и фаланг пальцев. Характерная экстрафаланга вторых пальцев была отделена от второй пястной кости и основной фаланги слева и сливалась с фалангой справа, отмечено типичное раздвоение дистальной фаланги большого пальца (рис. 2 д).

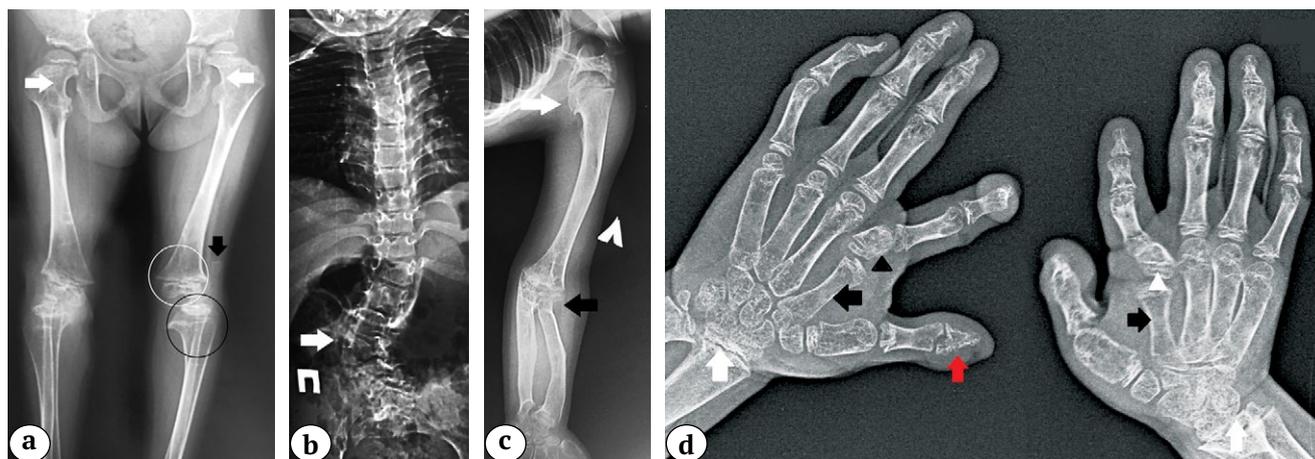


Рис. 2. Рентгенограммы пробанда 1:

а — нижних конечностей в прямой проекции: форма шейки бедренной кости по типу «гаечного ключа» (белые стрелки); ротационный вывих костей голени — дистальный отдел бедренной кости отражен в прямой проекции (отмечено белым кругом), проксимальный отдел большеберцовой кости — в боковой проекции (отмечено чёрным кругом); вывих надколенника (черная стрелка);
 б — позвоночника в прямой проекции: тяжелый правосторонний поясничный сколиоз (белая стрелка);
 с — верхней конечности: варусная деформация проксимального отдела плечевой кости (белая стрелка), подвывих головки лучевой кости (черная стрелка);
 д — кистей в прямой проекции: локтевая девиация вследствие отклонения дистальной суставной поверхности лучевой кости (белые стрелки); короткие вторые пястные кости (черные стрелки); экстрафаланга второго пальца отделена от второй пястной кости и основной фаланги слева (черный треугольник) и сливается с основной фалангой справа (белый треугольник), раздвоенная дистальная фаланга большого пальца (красная стрелка)

Fig. 2. X-rays of proband 1:

а — AP X-ray of the lower limbs: “monkey wrench” shape of the femoral necks (white arrows); rotational dislocation of the knee — distal femur in the AP view (white circle), proximal tibia — in lateral view (black circle); dislocation of the patella (black arrow);
 б — AP X-ray of the spine: severe right-side lumbar scoliosis (white arrow);
 с — X-ray of the upper limb: varus deformity of the proximal humerus (white arrow), radial head subluxation (black arrow);
 д — AP X-rays of the hands: ulnar deviation secondary to the inclination of the distal radial joint surface (white arrows); short second metacarpals (black arrows); extra-phalanx of the second finger separated from second metacarpal and basal phalanx on the left side (black arrowhead) and fused with the phalanx on the right side (white arrowhead), bifid distal phalanx of the thumb (red arrow)

При проведении клинического секвенирования экзона выявлен описанный ранее как патогенный вариант в гомозиготном состоянии в четвертом экзоне гена *CANT1*:NM_138793.3,c.898C>T,

приводящий к миссенс-замене p.Arg300Cys. При автоматическом секвенировании по Сенгеру у ребенка подтверждено наличие этого варианта в гомозиготном состоянии, а у родителей

он обнаружен в гетерозиготном состоянии, что позволило диагностировать у больного ДД типа 1.

Пробанд 2 — мальчик, обследованный в возрасте 8 лет 5 мес. по поводу жалоб родителей на вывихи и деформацию суставов конечностей, отсутствие самостоятельного передвижения ребенка. Родители ребенка здоровы и не состоят в кровном родстве, возраст матери на момент рождения ребенка — 19 лет, отца — 23 лет. Родился от первой беременности. При проведении ультразвукового исследования на сроке 22–24 нед. беременности заподозрена двусторонняя косолапость, в 30 нед. диагностированы задержка внутриутробного развития плода и многоводие. Роды самостоятельные на сроке 39 нед. Масса тела при рождении — 2100 г, длина — 44 см (-5 SD). Оценка по шкале Апгар 6/7 баллов. Переведен в отделение патологии новорожденных, где диагностирован врожденный порок сердца (ДМПП) и признаки гидроцефалии по данным НСГ. С рождения у ребенка выявлены гипермобильность во всех суставах, двусторонний врожденный вывих бедра, вывихи в коленных суставах, «веерообразное» расположение пальцев кистей и стоп, голубые склеры глаз, гипоплазия средней части лица, килевидная деформация грудной клетки. До двухлетнего возраста отмечались частые обструктивные бронхиты, пневмония. Моторное и речевое развитие протекало с задержкой: голову начал держать в 6 мес.,

сидеть в 1 год, самостоятельно не вставал и не ходил, фразовая речь появилась к 3 годам. При цитогенетическом исследовании выявлен нормальный мужской кариотип — 46, XX. С 7 лет обучается на дому по общеобразовательной программе. На основании консультации генетика предполагалось наличие у ребенка синдрома Ларсена.

При осмотре в возрасте 8 лет 5 мес. отмечались дизморфические черты строения: круглое лицо, крупные глаза, серо-голубые склеры, синопфиз, уплощение переносицы и средней части лица, высокое небо (рис. 3 а).

Отмечена выраженная врожденная генерализованная гипермобильность суставов с привычными подвывихами суставов, килевидная деформация грудной клетки, которая также была очевидна с самого рождения. В возрасте 8 лет имел место непропорционально низкий рост — 86 см, что соответствует -7,3 SD. Деформации опорно-двигательного аппарата включали короткие тонкие конечности, поясничный кифосколиоз, привычные вывихи локтевых и коленных суставов.

Характерна локтевая девиация кисти, брахи-, кампто- и клинодактилия более выражены на указательных пальцах (рис. 3b). Вальгус заднего отдела стоп сопровождался приведением их передних отделов и вальгусной деформацией первых пальцев.

Самостоятельные стояние и ходьба ограничены из-за нестабильности коленных суставов.



Рис. 3. Пробанд 2 — мальчик, обследованный в возрасте 8 лет 5 мес.:

а — внешний вид — непропорционально низкий рост, множественные деформации конечностей; дизморфические черты лица (круглое лицо, крупные глаза, уплощение переносицы и средней части лица); килевидная деформация грудной клетки;
 б — внешний вид кистей: локтевая девиация кисти, брахи-, кампто- и клинодактилия более выражены на указательных пальцах

Fig 3. Proband 2 — boy, 8 years 5 months of age:

а — proband 2: disproportionately short stature, multiple deformities of the limbs; dysmorphic facial features (round face, large eyes, flattening of the nasal ridge and midface); pectus carinatum;
 б — ulnar deviation of the hands; brachy-, campto- and clinodactyly more pronounced in the index fingers

На рентгенограммах тазобедренных суставов выявлены типичные деформации проксимальных отделов бедер в виде «гаечного ключа» вследствие визуально широких и коротких шеек бедренных костей в сочетании с удлинненным малым вертелом (рис. 4а). На рентгенограммах коленных суставов: ротационный вывих костей голени и вывих надколенника (рис. 4б).

На рентгенограммах кистей рук выявлены уплощенные эпифизы дистального отдела лучевой кости, мозаичные конусовидные эпифизы пястных костей и фаланг, экстрафаланги вторых пальцев (отделена от второй пястной и базальной фаланги слева и срослась с фалангой справа), раздвоенная дистальная фаланга большого пальца; опережающая оссификация костей запястья (рис. 4с).

При проведении клинического секвенирования экзона выявлен тот же патогенный вариант в гомозиготном состоянии, что и у пробанда 1 — в 4 экзоне гена *CANT1*: NM_138793.3, с.898C>T, приводящий к миссенс-замене p.Arg300Cys. Наличие этого варианта в гомозиготном состоянии подтверждено методом прямого автоматического секвенирования по Сенгеру. У родителей ребенка данный вариант обнаружен в гетерозиготном состоянии.

Пробанд 3 — мальчик, обследованный в возрасте 2 лет 8 мес. по поводу жалоб родителей на низкий рост, деформацию грудной клетки и позвоночника, задержку речевого развития. Родители ребенка здоровы и не состоят в кровном родстве, возраст матери на момент рождения ребенка 29 лет,



Рис. 4. Рентгенограммы пробанда 2:

а — тазобедренных суставов в прямой проекции: проксимальный отдел бедренной кости деформирован по типу «гаечного ключа» (белые стрелки), удлинненный малый вертел (черные стрелки);

б — коленных суставов в прямой проекции: ротационный вывих костей голени (белые стрелки) и вывих надколенника (черные стрелки);

с — кистей в прямой проекции: уплощенные эпифизы дистального отдела лучевой кости (белые стрелки); экстрафаланга второго пальца сливается с основной фалангой второй пястной кости слева (белый треугольник) и отделяется от фаланги справа (черный треугольник); раздвоенная дистальная фаланга большого пальца (красная стрелка)

Fig. 4. X-rays of proband 2:

a — AP X-ray of the hips: “monkey wrench” type of the proximal femur (white arrows) and elongated minor trochanter (black arrows);

b — AP X-ray of the knee joints: rotational dislocation (white arrows) and dislocation of the patella (black arrows);

c — AP X-rays of the hands: flattened distal radius epiphyses (white arrows); extra-phalanges of the second digit is fused with the second metacarpal and basal phalanx on the left side (white arrowhead) and separated from the phalanx on the right side (black arrowhead); bifid distal phalanx of the thumb (red arrow)

отца — 43 года. В семье есть здоровая сестра пробанда 9 лет. Акушерский анамнез отягощен второй неразвивающейся беременностью, обусловленной триплоидией плода. Родился от третьей беременности, во время которой на сроке 11 нед. при проведении УЗИ плода диагностирована гипоплазия носовых костей и укорочение трубчатых костей, в 31 нед. выявлено многоводие, проведена амниоредукция. Роды вторые оперативные на сроке 38–39 нед., масса тела — 2300 г, длина — 39 см (-7,8 SD), окружность головы — 34 см, груди — 29 см, оценкой по шкале Апгар 2/4 баллов. С рождения в течение 12 сут. находился на ИВЛ по поводу дыхательной недостаточности, обусловленной врожденной двусторонней пневмонией, осложненной ателектазами легких. В период новорожденности выявлено укорочение конечностей, брахидактилия, деформация грудной клетки и гипоплазия средней части лица. При проведении нейросонографии обнаружены признаки наружной гидроцефалии, дилатация желудочковой системы головного мозга. Консультирован генетиком в возрасте 3 мес.: подозрение на асфиктическую дистрофию грудной клетки (синдром Жена). При проведении цитогенетического исследования выявлен нормальный мужской кариотип — 46, XY. В возрасте 10 мес. при проведении рентгенографии тазобедренных суставов обнаружено отсутствие ядер окостенения головок бедренных костей, утолщение и укорочение шеек бедренных костей, несформированные вертлужные впадины. С рождения отмечались мышечная гипотония и гипермобильность в крупных суставах. На МРТ головного мозга, проведенной в возрасте 1 года отмечены признаки умеренной перивентрикулярной лейкопатии гипоксико-ишемического генеза. В результате проведения УЗИ почек обнаружены признаки двустороннего медуллярного нефрокальциноза 1-й степени. В возрасте 2 лет установлен гиперметропический астигматизм обоих глаз. Развитие ребенка происходило с задержкой формирования моторных навыков и речи: голову держит с 3 мес., сидит и ползает с 11 мес., ходит с 1 года 6 мес., говорит слоги с 1 года, простые слова — с 2,5 лет. В возрасте 2 лет 8 мес. рост ребенка составил 67 см (-7SD), окружность головы — 45,5 см, масса тела — 7 кг.

Характерные клинические особенности включали относительно большой размер головы, округлое лицо, выпуклые глаза, вдавленную переносицу, микрогнатию, а также непропорционально низкий

рост с относительно короткими конечностями, узкую грудную клетку, короткую шею, локальный груднопоясничный кифоз, наиболее очевидный в положении сидя, и поясничный гиперлордоз в положении стоя (рис. 5а). Также отмечались брахидактилия, широкие первые пальцы кистей и стоп, генерализованная гипермобильность суставов.

На рентгенограммах нижних конечностей в переднезадней проекции можно отметить следующие особенности: проксимальные отделы бедренных костей имели форму «гаечного ключа», малый вертел удлинненно-конусовидной формы; широкий и укороченный перешеек подвздошной кости, горизонтальное положение свода вертлужной впадины, гипоплазия эпифизов бедренных костей. Метафизы бедренных и большеберцовых костей укорочены и расширены. Умеренный сколиоз позвоночника выявлен на снимке груднопоясничного отдела позвоночника (рис. 5b). На рентгенограммах кистей рук: опережение костного возраста (соответствует возрасту 5 лет), короткие пястные кости, широкие фаланги (преимущественно больших пальцев) (рис. 5с).

При проведении клинического секвенирования экзона выявлен описанный ранее как патогенный гетерозиготный вариант в гене *XYLT1*: NM_022166.3, с.1651C>T, приводящий к миссенс-замене p.Arg551Cys. Методом прямого автоматического секвенирования по Сенгеру у ребенка подтверждено наличие данного варианта. Показано, что он унаследован от отца и не обнаружен у матери и здоровой сестры.

Для поиска второго мутантного аллеля проведен анализ аллельного дисбаланса в кДНК пробанда по варианту с.1651C>T, выявленному ранее в ДНК в гетерозиготном состоянии. Секвенирование участка кДНК, содержащего данный вариант, показало отсутствие экспрессии аллеля с.1651C (рис. 6d). Так как проведенными ранее исследованиями показано, что одной из причин снижения экспрессии гена *XYLT1* может быть экспансия GGC повторов в его промоторной области, связанная с гиперметилированием экзона 1, проведен анализ метилирования первого экзона гена методом метил-чувствительной ПЦР [16, 17]. В результате проведенного исследования гиперметилирование первого экзона обнаружено у пробанда, его сестры и матери (рис. 6а).

Таким образом, выявленные варианты находятся у ребенка в компауд-гетерозиготном состоянии, что дало возможность диагностировать у него ДД типа 2.

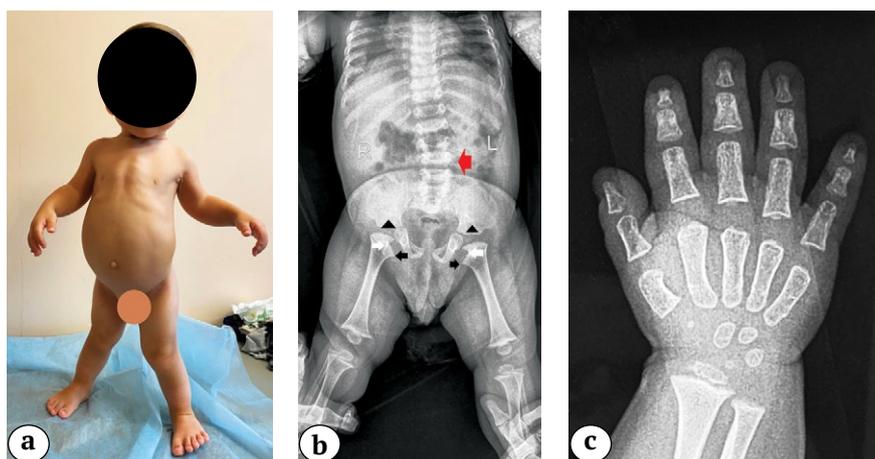


Рис. 5. Пробанд 3 — мальчик, обследованный в возрасте 2 года 8 мес.:
 а — внешний вид — непропорционально низкий рост с относительно короткими конечностями, узкая грудная клетка, короткая шея, поясничный гиперлордоз, большой размер головы, округлое лицо, выпуклые глаза, вдавленная переносица, микрогнатия;
 б — рентгенограмма нижних конечностей и позвоночника в прямой проекции: проксимальный отдел бедра имеет форму «гаечного ключа» (белые стрелки), удлиненный и конусообразный малый вертел (черные стрелки); широкий и укороченный перешеек подвздошной кости (черные треугольники); умеренный сколиоз позвоночника (красная стрелка);
 с — рентгенограмма кистей рук: опережающий костный возраст, короткие пястные кости, широкие фаланги пальцев

Fig. 5. Proband 3 — boy, 2 years 8 months of age:
 а — disproportionately short stature with relatively short limbs, narrow chest, short neck, lumbar hyperlordosis, large head size, rounded face, protruding eyes, depressed nasal ridge, micrognathia;
 б — AP X-ray of the lower limbs and spine: “monkey wrench” shape of the proximal femur (white arrows), elongated and cone-shaped minor trochanter (black arrows); broad and shortened isthmus of the iliac bone (black arrowheads); mild scoliosis (red arrow);
 с — AP X-ray of the hands: advanced bone age, short metacarpals, broad phalanges

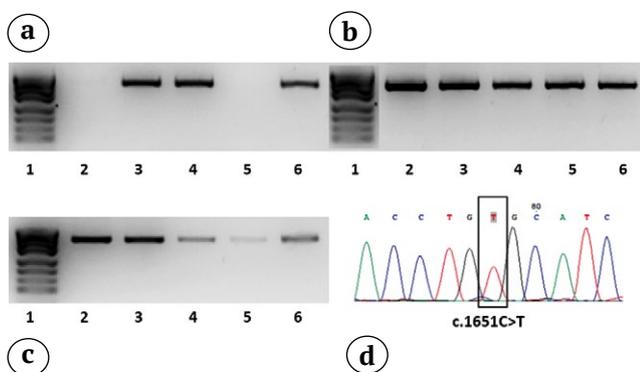


Рис. 6. Анализ метилирования экзона 1 *XYLT1*, визуализация продуктов метил-чувствительной ПЦР;
 а — праймеры специфичные к метилированному экзону 1, наличие продукта ПЦР реакции свидетельствует о метилировании данного участка;
 б — праймеры специфичные к неметилированному экзону 1;
 с — праймеры к контрольному метилированному локусу: 1 — маркер длин PUC19, 2 — здоровый контроль, 3 — пробанд, 4 — сестра пробанда, 5 — отец пробанда, 6 — мать пробанда;
 д — анализ аллельного дисбаланса по варианту с.1651C>T, сенгер-хроматограмма продукта амплификации участка кДНК *XYLT1* пробанда

Fig. 6. Analysis of methylation of exon 1 of *XYLT1* gene, visualization of methyl-sensitive PCR products;
 а — primers specific to methylated exon 1, the presence of a PCR reaction product indicates methylation of this region;
 б — primers specific to unmethylated exon 1;
 с — primers to the control methylated locus: 1 — length marker PUC19, 2 — healthy control, 3 — proband, 4 — sister of the proband, 5 — father of the proband, 6 — mother of the proband;
 д — analysis of allelic imbalance according to variant c.1651C>T, Sanger chromatogram of the amplification product of the *XYLT1* cDNA region of the proband

Обсуждение

ДД — редкая аутосомно-рецессивная системная скелетная дисплазия, характеризующаяся полиморфизмом клинических проявлений. Описаны тяжелые варианты заболевания, манифестирующие внутриутробно, приводящие к гибели плода и новорожденного или характеризующиеся выраженным нанизмом (от -4 SD до -10 SD) и гипермобильностью суставов, приводящей к появлению контрактур, требующих повторных хирургических вмешательств в постнатальном периоде [5]. Типичными рентгенологическими признаками заболевания, выявляемыми при проведении рентгенографии, являются: деформация проксимального отдела бедренной кости по типу «разводного ключа», наличие дополнительного центра оксификации, расположенного дистально от второй пястной кости, с формированием так называемой «дополнительной фаланги указательного пальца», а также опережение костного возраста. Необходимо отметить, что эти признаки формируются в детском возрасте, изменяются по мере прогрессирования заболевания и не наблюдаются у взрослых пациентов с ДД. Учитывая, что наличие части симптомов ДД характерно для некоторых других наследственных синдромов, диагностика заболевания в большинстве случаев затруднена. Так, наличие у больных врожденных вывихов суставов в начальной стадии заболевания часто приводит к ошибочной диагностике синдрома Ларсена. Это диагноз предполагался у нашего пробанда 2 с ДД типа 1. В то же время тяжелые дыхательные нарушения при рождении, узкая грудная клетка, типичные для этой скелетной дисплазии, явились причиной подозрения у пробанда 3 с ДД типа 2 на асфиктическую дистрофию грудной клетки (синдром Жена). Хотя задержка роста, укорочения трубчатых костей и деформации стоп у больных с ДД регистрируются уже в пренатальном периоде, в результате проведения ультразвукового исследования плода специфические признаки, позволяющие диагностировать этот вариант скелетной дисплазии, отсутствуют [18].

Описано два генетических варианта ДД, обусловленных мутациями в генах *CANT1* и *XYLT1*. К настоящему времени в гене *CANT1*, ответственном за возникновение ДД типа 1, идентифицировано 35 мутаций, основное количество которых являются миссенс-заменами. Мутация в гене *CANT1*: с.898C>T (p.Arg300Cys) в гомозиготном состоянии, выявленная нами у первых двух пробандов, была обнаружена ранее С. Huber с соавторами в 2009 г. у трех больных с ДД типа 1 из Турции и Ирана [7]. Причем в отличие от наших детей с ДД типа 1, описанные ранее случаи зарегистрированы у детей, рожденных в кровнородственных браках. Проведенный Т. Furuichi с соавторами в 2010 г.

функциональный анализ показал значимое изменение функции белкового продукта при наличии этой миссенс-замены [19]. Установлено, что область гена *CANT1*, в которой находится выявленная миссенс замена, является высоко консервативной, а аминокислота в 300 позиции белка гена *CANT1*, вовлечена в работу его каталитического сайта [7, 20]. Основные клинические проявления ДД типа 1 у наблюдаемых нами больных и описанных ранее пациентов с этой мутацией были сходны и характеризовались выраженным нанизмом и типичными изменениями скелета на рентгенограммах. Однако в отличие от описанных ранее пациентов, у наших больных отмечались более выраженные внескелетные проявления. Так, у пробанда 1 выявлена врожденная глаукома, обструктивные бронхиты с формированием фиброателектазов легких, легочной гипертензии и гипоплазия почек. У пробанда 2 отмечался врожденный порок сердца в виде двух дефектов межпредсердной перегородки и рецидивирующие обструктивные бронхиты с первого года жизни. Оба ребенка имели сходные лицевые дизморфии — экзофтальм, серо-голубые склеры, синофриз, уплощенную переносицу, гипоплазию средней части лица, высокое небо.

У пробанда 3 при клиническом осмотре предполагалось наличие ДД типа 2. Клинические проявления заболевания были сходны с таковыми у больных с различными типами мутаций в гене *XYLT1* и характеризовались задержкой роста при рождении, прогрессирующей в постнатальном периоде, укорочением конечностей, узкой грудной клеткой, гиперлордозом поясничного отдела позвоночника, брахидактилией, гипермобильностью в межфаланговых суставах, рекурвацией и вальгусной установкой коленных суставов. Также как у описанных ранее больных, в период новорожденности у нашего пациента отмечалась тяжелая дыхательная недостаточность, обусловленная пневмонией с ателектазами легких и врожденным пороком сердца. В отличие от ДД типа 1, обусловленной мутациями в гене *CANT1*, при ДД типа 2, возникающей в результате мутаций в гене *XYLT1*, у больных отсутствуют специфические аномалии кистей, и в большинстве случаев отмечается умеренно выраженная задержка психоречевого развития. Однако при проведении секвенирования экзона диагноз подтвердить не удалось, так как в гене *XYLT1* была обнаружена только одна мутация в с.1651C>T (p.Arg551Cys) в гетерозиготном состоянии. Эта мутация была описана А. Jamsheer с соавторами у польского мальчика в компаунд-гетерозиготном состоянии с нонсенс мутацией с.595C>T (p.Gln199*) [21].

Наличие этой мутации в гомозиготном состоянии обнаружил С. Silveira с соавторами у девочки, родившейся от кровнородственного брака [22].

По результатам проведенного С. Silveira с соавторами анализа *in silico* высказано предположение, что вследствие данной аминокислотной замены изменяется гидрофобность белка, что приводит к нарушению его фолдинга и взаимодействия с другими белками. Учитывая наличие специфических клинических признаков ДД типа 2, а также результаты обследования больных со сходной клинической картиной, свидетельствующие о том, что второй мутацией может быть экспансия GGC повторов в промоторной области гена, обусловленная гиперметилованием его первого экзона, приводящее к репрессии транскрипции гена, нами проведен анализ метилирования этого экзона методом метил-чувствительной ПЦР. В результате проведенного исследования выявлено наличие гиперметилования первого экзона гена, приводящее к отсутствию экспрессии этого аллеля. Наличие этого типа мутации у больных с ДД типа 2 впервые обнаружено А. J. LaCroix с соавторами, которые предприняли поиск мутаций в гене *XYLT1* у больных из 10 семей с клиническими проявлениями ДД типа 2, у которых при проведении секвенирования экзона или генома не было выявлено мутаций в гене *XYLT1* или обнаруживалась одна мутация в гетерозиготном состоянии [17, 23]. Авторы показали, что у больных из 8 семей обнаруживалось гиперметилование одного или двух аллелей гена. У двух больных эта мутация обнаружена в гомозиготном состоянии, у четырех она находилась в компаунд-гетерозиготном состоянии с 3,1 Мб делецией, захватывающей ген, и у двух — с различными нонсенс-мутациями.

Изучение редких вариантов наследственных заболеваний скелета не только расширяет представления о патологии, но и позволяет выявить новые клинические и рентгенологические признаки, которые дают возможность практикующим врачам более эффективно диагностировать болезни на ранних стадиях [24, 25]. Анализ данных литературы и полученные нами результаты обследования трех российских пациентов с дисплазией Дебукуа типов 1 и 2 свидетельствуют о наличии специфических фенотипических и рентгенологических признаков, позволяющих предположить наличие заболевания при клиническом осмотре. Учитывая существование генетической гетерогенности заболевания и значительных размеров генов, ответственных за его возникновение, оптимальным методом молекулярно-генетической диагностики является секвенирование экзона нового поколения. При обнаружении мутации в гене *XYLT1* в гетерозиготном состоянии поиск второй мутации рекомендовано осуществлять с помощью метил-чувствительной ПЦР, направленной на идентификацию GGC повторов в промоторной области гена.

Информированное согласие

Законные представители пациентов дали письменное информированное согласие на проведение молекулярно-генетического тестирования образцов крови и разрешение на анонимную публикацию результатов исследования.

Литература [References]

1. Desbuquois syndrome. ORPHA: 1425. The portal for rare diseases and orphan drugs: Orphanet. Available from: https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/OC_Exp.php?lng=EN&Expert=1425.
2. Desbuquois G., Grenier B., Michel J., Rossignol C. Nanisme chondrodystrophique avec ossification anarchic et polymalformations chez deux soeurs. *Arch Fr Pediatr*. 1966;23:573-587.
3. Le Merrer M., Young I.D., Stanescu V., Maroteaux P. Desbuquois syndrome. *Eur J Pediatr*. 1991;150(11):793-796. doi: 10.1007/BF02026714.
4. Mortier G.R., Cohn D.H., Cormier-Daire V., Hall C., Krakow D., Mundlos S. et al. Nosology and classification of genetic skeletal disorders: 2019 revision. *Am J Med Genet A*. 2019;179(12):2393-2419. doi: 10.1002/ajmg.a.61366.
5. Faivre L., Cormier-Daire V., Elliott A.M., Field F., Munnich A., Maroteaux P. et al. Desbuquois dysplasia, a reevaluation with abnormal and 'normal' hands: radiographic manifestations. *Am J Med Genet A*. 2004;124A(1):48-53. doi: 10.1002/ajmg.a.20440.
6. Faivre L., Cormier-Daire V., Young I., Bracq H., Finidori G., Padovani J.P. et al. Long-term outcome in Desbuquois dysplasia: a follow-up in four adult patients. *Am J Med Genet A*. 2004;124A(1):54-59. doi: 10.1002/ajmg.a.20441.
7. Huber C., Oules B., Bertoli M., Chami M., Fradin M., Alanay Y. et al. Identification of CANT1 mutations in Desbuquois dysplasia. *Am J Hum Genet*. 2009;85(5):706-710. doi: 10.1016/j.ajhg.2009.10.001.
8. Laccone F., Schoner K., Krabichler B., Kluge B., Schwerdtfeger R., Schulze B. et al. Desbuquois dysplasia type I and fetal hydrops due to novel mutations in the CANT1 gene. *Eur J Hum Genet*. 2011;19(11):1133-1137. doi: 10.1038/ejhg.2011.101.
9. Hall B.D. Lethality in Desbuquois dysplasia: three new cases. *Pediatr Radiol*. 2001;31(1):43-47. doi: 10.1007/s002470000358.
10. Inoue S., Ishii A., Shirotani G., Tsutsumi M., Tsutsumi M., Ohta E., Nakamura M. et al. Case of Desbuquois dysplasia type 1: potentially lethal skeletal dysplasia. *Pediatr Int*. 2014;56(4):e26-9. doi: 10.1111/ped.12383.
11. Kim O.H., Nishimura G., Song H.R., Matsui Y., Sakazume S., Yamada M. et al. A variant of Desbuquois dysplasia characterized by advanced carpal bone age, short metacarpals, and elongated phalanges: report of seven cases. *Am J Med Genet A*. 2010;152A(4):875-885. doi: 10.1002/ajmg.a.33347.
12. Dai J., Kim O.H., Cho T.J., Miyake N., Song H.R., Karasugiet T. et al. A founder mutation of CANT1 common in Korean and Japanese Desbuquois dysplasia. *J Hum Genet*. 2011;56(5):398-400. doi: 10.1038/jhg.2011.28.
13. Bui C., Huber C., Tuysuz B., Alanay Y., Alanay Y., Bole-Feyssot C., Leroy J.G. et al. *XYLT1* mutations in Desbuquois dysplasia type 2. *Am J Hum Genet*. 2014;94(3):405-414. doi: 10.1016/j.ajhg.2014.01.020.
14. Nizon M., Huber C., De Leonardis F., Merrina R., Forlino A., Fradin M. et al. Further delineation of

- CANT1 phenotypic spectrum and demonstration of its role in proteoglycan synthesis. *Hum Mutat.* 2012;33(8):1261-1266. doi: 10.1002/humu.22104.
15. Paganini C., Monti L., Costantini R., Besio R., Lecci S., Biggiogera M. et al. Calcium activated nucleotidase 1 (CANT1) is critical for glycosaminoglycan biosynthesis in cartilage and endochondral ossification. *Matrix Biol.* 2019;81:70-90. doi: 10.1016/j.matbio.2018.11.002.
 16. Faust I., Böker K.O., Lichtenberg C., Kuhn J., Knabbe C., Hendig D. First description of the complete human xylosyltransferase-I promoter region. *BMC Genet.* 2014;15:129. doi: 10.1186/s12863-014-0129-0.
 17. LaCroix A.J., Stabley D., Sahraoui R., Adam M.P., Mehaffey M., Kernan K. et al. GGC Repeat Expansion and Exon 1 Methylation of XYLT1 Is a Common Pathogenic Variant in Baratela-Scott Syndrome. *Am J Hum Genet.* 2019;104(1):35-44. doi: 10.1016/j.ajhg.2018.11.005.
 18. Houdayer C., Ziegler A., Boussion F., Blesson S., Bris C., Toutain A. et al. Prenatal diagnosis of Des-buquois dysplasia type 1 by whole exome se-quencing before the occurrence of specific ultrasound signs. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2019;1-4. doi: 10.1080/14767058.2019.1657084.
 19. Furuichi T., Dai J., Cho T.J., Sakazume S., Ikema M., Matsui Y. et al. CANT1 mutation is also responsible for Desbuquois dysplasia, type 2 and Kim variant. *J Med Genet.* 2011;48(1):32-37. doi: 10.1136/jmg.2010.080226.
 20. Dai J., Liu J., Deng Y., Smith T.M., Lu M. Structure and protein design of a human platelet function inhibitor. *Cell.* 2004;116(5):649-659. doi: 10.1016/s0092-8674(04)00172-2.
 21. Jamsheer A., Olech E.M., Kozłowski K., Niedziela M., Sowińska-Seidler A., Obara-Moszyńska M. et al. Exome sequencing reveals two novel compound heterozygous XYLT1 mutations in a Polish patient with Desbuquois dysplasia type 2 and growth hormone deficiency. *J Hum Genet.* 2016;61(7):577-583. doi: 10.1038/jhg.2016.30.
 22. Silveira C., Leal G.F., Cavalcanti D.P. Desbuquois dysplasia type II in a patient with a homozygous mutation in XYLT1 and new unusual findings. *Am J Med Genet A.* 2016;170(11):3043-3047. doi: 10.1002/ajmg.a.37858.
 23. Baratela W.A., Bober M.B., Tiller G.E., Okenfuss E., Ditro C., Duker A. et al. A newly recognized syndrome with characteristic facial features, skeletal dysplasia, and developmental delay. *Am J Med Genet A.* 2012;158A(8):1815-1822. doi: 10.1002/ajmg.a.3544.
 24. Баиндурашвили А.Г., Кенис В.М., Мельченко Е.В., Гриль Ф., Аль-Каисси А. Комплексное ортопедическое лечение пациентов с системными дисплазиями скелета. *Травматология и ортопедия России.* 2014;(1):44-50. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-1-44-50. Baindurashvili A.G., Kenis V.M., Melchenko E.V., Grill F., Al-Kaissi A. [Complex orthopaedic management of patients with skeletal dysplasias]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(1):44-50. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-1-44-50.
 25. Маркова Т.В., Кенис В.М., Мельченко Е.В., Демина Н.А., Гундорова П., Нагорнова Т.С. и др. Клинико-генетические характеристики и ортопедические проявления синдрома Саула–Вильсона у двух российских больных. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2020;8(4):451-460. doi: 10.17816/PTORS33826. Markova T.V., Kenis V.M., Melchenko E.V., Demina N.A., Gundorova P., Nagornova T.S. et al. [Clinical and genetic characteristics and orthopedic manifestations of the saul-wilson syndrome in two russian patients]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2020;8(4):451-460. doi: 10.17816/PTORS33826.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

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>

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>

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>

AUTHORS' INFORMATION

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

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>

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>

Спарбер Петр Андреевич — младший научный сотрудник лаборатории функциональной геномики, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», г. Москва, Россия
e-mail: psparber93@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9160-0794>

Петухова Марина Сергеевна — врач-генетик консультативного отделения, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», г. Москва, Россия
petukhova@med-gen.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1286-3842>

Бычков Игорь Олегович — научный сотрудник лаборатории наследственных болезней обмена веществ, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», г. Москва, Россия
bychkov.nbo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6594-6126>

Нагорнова Татьяна Сергеевна — лабораторный генетик лаборатории селективного скрининга, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», г. Москва, Россия
t.korotkaya90@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4527-4518>

Шатохина Ольга Леонидовна — канд. мед. наук, научный сотрудник Центра коллективного пользования «Геном», ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», г. Москва, Россия
mironovich_333@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0351-1271>

Дадали Елена Леонидовна — д-р мед. наук, профессор, заведующая научно-консультативным отделом, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», г. Москва, Россия
genclinic@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0001-5602-2805>

Peter A. Sparber — Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russian
e-mail: psparber93@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9160-0794>

Marina S. Petukhova — Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia
petukhova@med-gen.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1286-3842>

Igor O. Bychkov — Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia
bychkov.nbo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6594-6126>

Tatyana S. Nagornova — Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia
t.korotkaya90@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4527-4518>

Olga L. Shatokhina — Cand. Sci. (Med.), Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia
mironovich_333@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0351-1271>

Elena L. Dadali — Dr. Sci. (Med.), Professor, Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia
genclinic@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0001-5602-2805>

Заявленный вклад авторов

Маркова Т.В. — сбор и анализ данных, обзор литературы, написание текста и оформление статьи.

Кенис В.М. — сбор и анализ данных, обзор литературы, написание текста и оформление статьи.

Мельченко Е.В. — сбор и обработка материала, анализ полученных данных.

Спарбер П.А. — сбор и обработка материала, анализ полученных данных.

Петухова М.С. — сбор и обработка материала, анализ полученных данных.

Бычков И.О. — проведение лабораторной молекулярно-генетической диагностики, анализ результатов исследований.

Нагорнова Т.С. — проведение лабораторной молекулярно-генетической диагностики, анализ результатов исследований.

Шатохина О.Л. — проведение лабораторной молекулярно-генетической диагностики, анализ результатов исследований.

Дадали Е.Л. — разработка концепции исследования, редактирование 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.

Научная статья

УДК [616.728.2+616.728.3]-089.844-022

<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-84-93>

Эпидемиология эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов и перипротезной инфекции в Российской Федерации

А.П. Серeda^{1,2}, А.А. Кочиш¹, А.А. Черный¹, А.П. Антипов¹, А.Г. Алиев¹, Е.В. Вебер¹, Т.Н. Воронцова¹, С.А. Божкова¹, И.И. Шубняков¹, Р.М. Тихилов^{1,3}

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

² Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», г. Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. Поскольку в Российской Федерации отсутствует национальный регистр артропластики, точное число выполненных операций эндопротезирования неизвестно. **Цель** — изучить эпидемиологию эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов, а также перипротезной инфекции (ППИ) в Российской Федерации (РФ). **Материал и методы.** Сделаны запросы в 85 субъектов, 73 федеральных государственных бюджетных учреждения и 30 частных учреждений здравоохранения. **Результаты.** Получены ответы из 76 субъектов РФ, 41 федерального и 18 частных учреждений здравоохранения. В 2020 г. установлена значительная гетерогенность изучаемых показателей: снижение числа операций составило от 20 до 40% в различных субъектах РФ в связи с пандемией SARS-CoV-2, поэтому показатели 2020 г. решено было не анализировать по России в целом. В 2019 г. в РФ выполнено 147 061 операций первичного эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов, 7 770 ревизионных артропластик коленного и тазобедренного суставов. В 2019 г. пролечено 6 606 случаев «тяжелой» ортопедической имплантат-ассоциированной инфекции, в т.ч. 4 282 случая после эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов, что составляет 2,91% от первичных эндопротезирований. **Заключение.** Частота ППИ в РФ коррелирует с мировыми данными. Выявлена высокая сложность маршрутизации пациентов с имплантат-ассоциированной инфекцией и стойкая необходимость в создании федерального центра по лечению имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции.

Ключевые слова: первичное эндопротезирование, ревизионное эндопротезирование, перипротезная инфекция, маршрутизация пациентов.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Серeda А.П., Кочиш А.А., Черный А.А., Антипов А.П., Алиев А.Г., Вебер Е.В., Воронцова Т.Н., Божкова С.А., Шубняков И.И., Тихилов Р.М. Эпидемиология эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов и перипротезной инфекции в Российской Федерации. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):84-93. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-84-93>.

Cite as: Sereda A.P., Kochish A.A., Cherny A.A., Antipov A.P., Aliev A.G., Veber E.V., Vorontsova T.N., Bozhkova S.A., Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M. [Epidemiology of Hip And Knee Arthroplasty and Periprosthetic Joint Infection in Russian Federation]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):84-93. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-84-93>.

✉ Кочиш Андрей Александрович / Andrei A. Kochish; e-mail: kochishman@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 03.06.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 17.08.2021.

© Серeda А.П., Кочиш А.А., Черный А.А., Антипов А.П., Алиев А.Г., Вебер Е.В., Воронцова Т.Н., Божкова С.А., Шубняков И.И., Тихилов Р.М., 2021

Epidemiology of Hip And Knee Arthroplasty and Periprosthetic Joint Infection in Russian Federation

Andrei P. Sereda^{1,2}, Andrei A. Kochish¹, Alexander A. Cherny¹, Alexander P. Antipov¹, Alimud G. Aliev¹, Eugeniy V. Veber¹, Tatiana N. Vorontsova¹, Svetlana A. Bozhkova¹, Igor I. Shubnyakov¹, Rashid M. Tikhilov^{1,3}

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Academy of Postgraduate Education of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

³ Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. Since there is no national arthroplasty registry in the Russian Federation, the exact number of arthroplasty operations performed is unknown. **Aim of the study** – to evaluate the epidemiology of primary, revision hip and knee arthroplasty and periprosthetic joint infection in Russian Federation. **Materials and Methods.** The inquires were made to 85 subjects, 73 federal state budget institutions and 30 private hospitals. **Results.** Answers were received from 76 subjects of Russian Federation, 41 federal and 18 private hospitals. The studied indicators revealed to be pretty much heterogenic. The decrease of operations number from 20% to 40% in subjects of Russian Federation due to SARS-CoV-2 pandemic forced us to make no analysis for these 2020 indicators in Russian Federation generally. 147 061 primary hip and knee arthroplasties were performed in 2019 in Russian Federation. 7 770 revision hip and knee arthroplasties were done. 6 606 cases of severe orthopaedic implant-associated infection were cured including 4 282 cases post hip and knee arthroplasties that constitutes 2,91 % from primary arthroplasties. **Conclusions.** The frequency of periprosthetic joint infection in Russian Federation correlates to the world data. High complexity for patients routing with implant-associated infection and strong demand for Federal Center of implant-associated orthopaedic infection are revealed.

Keywords: primary arthroplasty, revision arthroplasty, periprosthetic joint infection, patient routing.

Funding: no funding or sponsorship was received for this study.

Введение

Эндопротезирование является наиболее частым методом хирургического лечения пациентов с терминальной стадией артроза коленного и тазобедренного суставов. В мире каждый год выполняется около 2 млн таких операций [1, 2]. В настоящее время среднее число артропластик, выполняемых в США, составляет 527 операций на 100 тыс. населения. В прогнозе на 2030 г. ожидается рост количества данных операций с 572 000 до 633 000 для тазобедренного сустава (ТБС) и с 1,16 миллиона до 3,48 млн для коленного сустава (КС) [3, 4].

В настоящее время соотношение эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов составляет 1:2. К 2030 г. ожидается увеличение доли эндопротезирования коленного сустава с соотношением 1:5,5 [3]. Схожие тенденции отмечаются в европейских странах: в Англии и Уэльсе [5], Германии [6], где также ожидается рост их числа. Все без исключения авторы связывают эту закономерность со старением населения и увеличением доли пациентов старшей возрастной группы.

Последние данные в Российской Федерации по эндопротезированию относятся к 2018 г. и

были опубликованы в виде отчета НМИЦ ТО им Н.Н. Приорова. Согласно этому отчету в 2018 г. было выполнено 116 597 операций, из них 70 316 артропластик ТБС и 42 904 артропластик КС в соотношении 1,6:1,0 [7].

Вместе с ростом числа эндопротезирований неизбежно растет количество ревизионных операций, частота которых, по прогнозам некоторых авторов, будет составлять 10% от числа первичных операций или около 400 000 случаев в год [8].

Среди причин ревизионного эндопротезирования значимую долю составляет перипротезная инфекция (ППИ). По мнению А.М. Schwartz с соавторами, ППИ будет ведущей причиной ревизий к 2030 г. [8]. В настоящее время частота ППИ составляет в мире 0,2–2,2% случаев после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава и 7–15% после ревизионного [9, 10].

Реальная эпидемиология имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции в РФ неизвестна, что связано с рядом статистических особенностей регистрации осложнений. В открытом доступе имеются данные отдельных лечебно-профилактических учреждений [9, 11, 12], что не позволяет

получить целостную картину об эпидемиологии ППИ в нашей стране.

Помимо проблем с регистрацией инфекционных осложнений существуют организационные проблемы маршрутизации пациентов. Путь от первичного звена до специализированного центра может занимать у пациента год и более, что приводит к неизбежной хронизации инфекционного процесса.

Цель исследования — изучить эпидемиологию эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов, а также перипротезной инфекции в Российской Федерации, а также оценить сложность маршрутизации пациентов с перипротезной инфекцией.

Материал и методы

Перед сбором данных были установлены объект и предмет исследования. Ими стали операции по эндопротезированию и их количество, соответственно. Сделан запрос о количестве имплантаций медицинских изделий по профилю травматология и ортопедия, первичных и ревизионных эндопротезирований коленного и тазобедренного суставов и случаях имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции по трем направлениям (табл. 1):

- в органы исполнительной власти 85 субъектов РФ в сфере здравоохранения;
- в федеральные государственные учреждения (ФГУ) здравоохранения, включенные приказом Министерства здравоохранения РФ от 24 августа 2020 г. № 895н в перечень федеральных государственных учреждений, осуществляющих высокотехнологичную медицинскую помощь, не включенную в базовую программу обязательного медицинского страхования;

– в частные учреждения здравоохранения (ЧУЗ), выполняющие первичное и ревизионное эндопротезирование коленного и тазобедренного суставов.

Формат трех направлений запроса был обусловлен тем, что отчетность федеральных учреждений и частных учреждений здравоохранения не входит в компетенцию министерств, департаментов и комитетов здравоохранения субъектов Российской Федерации.

Сбор данных осуществлялся посредством получения ответов на бумажном носителе, по электронной почте, в разработанной электронной форме по адресу www.cutt.ly/Infection-stop и путем личного взаимодействия авторов исследования с адресатами.

Помимо табличной части мы просили респондентов дать комментарии, если они есть, и ответить на два вопроса.

Насколько выражена проблема маршрутизации пациентов с имплантат-ассоциированной инфекцией в субъекте Российской Федерации? Ответ в баллах от 0 до 5, где 0 — совершенно нет сложности, 5 — большие сложности.

Насколько актуально создание федерального центра лечения имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции, в том числе ортопедической инфекции после эндопротезирования крупных суставов? Ответ в баллах от 0 до 5, где 0 — совершенно нет необходимости, 5 — совершенно необходимо.

Результаты

Получены ответы из 76 субъектов РФ, предоставивших данные по учреждениям региональной подчиненности (областные и городские больницы,

Таблица 1

Формат запроса данных

Год	Количество случаев имплантации медицинских изделий по профилю «травматология и ортопедия»					Количество случаев имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции по профилю «травматология и ортопедия»		
	Всего	из них имплантаций эндопротезов ТБС		из них имплантаций эндопротезов КС		Всего	из них ППИ ТБС	из них ППИ КС
		первичных	ревизионных	первичных	ревизионных			
2019								
2020								

республиканские, краевые больницы, центральные районные больницы и т.д.). Отсутствовали ответы из 9 субъектов РФ: Вологодская область, Камчатский край, Магаданская область, Ненецкий автономный округ, Республика Ингушетия, Республика Крым, Республика Удмуртия, Самарская область, Чукотский автономный округ. Получены ответы из 41 федерального учреждения (перечень учреждений представлен ниже в соответствующих таблицах) и из 18 частных учреждений здравоохранения (ЕМС-ЕССТО, ММЦ-СОГАЗ, Клиническая больница № 1 «МЕДСИ», 15 клинических больниц ОАО РЖД).

Таким образом, получены данные от 135 респондентов, 77 из которых были укрупненными (76 субъектов и 1 укрупненный респондент ОАО РЖД, включающий 15 клинических больниц). Укрупненные респонденты включали подреспондентов в количестве от 1 до нескольких десятков по числу учреждений, выполняющих эндопротезирование в соответствующем субъекте РФ. Отсутствовали сведения о локации клинических больниц ОАО РЖД по городам, в связи с чем в таблицах все 15 клинических больниц ОАО РЖД отнесены к Москве, что несколько ложно увеличивает число операций в столице.

Данные по числу имплантаций и эндопротезирований за 2020 г. оказались ниже, чем в 2019 г. на 20–40% в связи с пандемией SARS-CoV-2 и отличались значительной гетерогенностью. Поэтому данные за 2020 г. было решено исключить из окончательного анализа и сосредоточиться только на данных 2019 г.

Высокой гетерогенностью отличался показатель «Количество случаев имплантации медицинских изделий по профилю «травматология и ортопедия». В подавляющем большинстве случаев коллеги восприняли его как сумму первичных

эндопротезирований (и в ряде случаев ревизионных), в то время как предполагалось, что он должен включать в себя все случаи операций с применением пластин, штифтов, других эндопротезов и т.д. Из окончательного анализа этот показатель также было решено исключить.

Схожая тенденция получена при анализе параметра «Количество случаев имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции по профилю «травматология и ортопедия» — большая часть респондентов вычислило его как сумму ППИ (73 респондента, 54,5%), а 61 (45,5%) респондент включили в этот показатель не только ППИ, но и всю имплантат-ассоциированную ортопедическую инфекцию, что и подразумевалось нами изначально.

В результате мы получили следующие данные. В 2019 г. в РФ было выполнено 83 311 операций первичного эндопротезирования тазобедренного сустава (ЭП ТБС), 63 750 операций первичного эндопротезирования коленного сустава (ЭП КС), 5197 ревизионных эндопротезирований тазобедренного сустава и 2 573 — коленного сустава (табл. 2). Соотношение ревизионных и первичных операций ТБС составило 1:16, а для КС — 1:25, т.е. эпидемиологически ревизии коленного сустава выполнялись в 1,55 раза реже, чем тазобедренного.

Число случаев пролеченной ППИ ТБС составило 2535, а КС — 1747 (табл. 2). Подсчитывать долю или процент случаев ППИ от числа первичных или ревизионных эндопротезирований мы посчитали некорректным, о чем подробнее расскажем в разделе «Обсуждение».

Более детальная информация по федеральным округам, субъектам РФ, федеральным и частным учреждениям здравоохранения представлена в таблице, размещенной в качестве дополнительного файла на сайте журнала: <https://journal.miiito.org/jour/issue>.

Таблица 2

Распределение эндопротезирований и случаев имплантат-ассоциированной инфекции по типам респондентов*

Тип респондента	ТЭП ТБС	ТЭП ТЭКС	РЭП ТБС	РЭП КС	Инфекций, всего	ППИ ТБС	ППИ КС
Субъектовое учреждение	55 190	31 726	2147	899	3295	1358	845
ФГУ	24 559	28 914	3008	1642	3262	1153	876
ЧУЗ	3562	3110	42	32	49	24	26
Итого	83 311	63 750	5197	2573	6606	2535	1747
Всего	147 061		7770		–	4282	

*Здесь и далее: ТЭП ТБС — первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава; ТЭП КС — первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава; РЭП ТБС — ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава; РЭП КС — ревизионное эндопротезирование коленного сустава; ППИ ТБС — перипротезная инфекция тазобедренного сустава; ППИ КС — перипротезная инфекция коленного сустава.

Проведен анализ числа первичных эндопротезирований ТБС и КС на 10000 человек в зависимости от региона РФ. Полученные данные позволяют получить картину, иллюстрирующую состояние помощи населению по данному профилю (рис. 1, 2).

Кировская область оказалась безусловным лидером по числу выполненных первичных артропластик ТБС и КС на 10 000 населения. Мощность регионального центра травматологии, ортопедии и нейрохирургии г. Кирова позволила организовать лечебный процесс с высокой доступностью этого вида помощи населению. Однако данный центр оказывает помощь пациентам из сосед-

них регионов, поэтому истинное число операций в этом и в соседних с ним регионах может быть скорректировано. Также высокая хирургическая активность может служить причиной развития осложнений, анализ которых требует отдельного исследования.

Согласно полученным данным, большинство пациентов с имплантат-ассоциированной инфекцией, в т.ч. с ППИ проходит лечение в федеральных центрах Санкт-Петербурга, Москвы, Кургана, Нижнего Новгорода и Новосибирска. Это находит отражение в сведениях, полученных об имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции

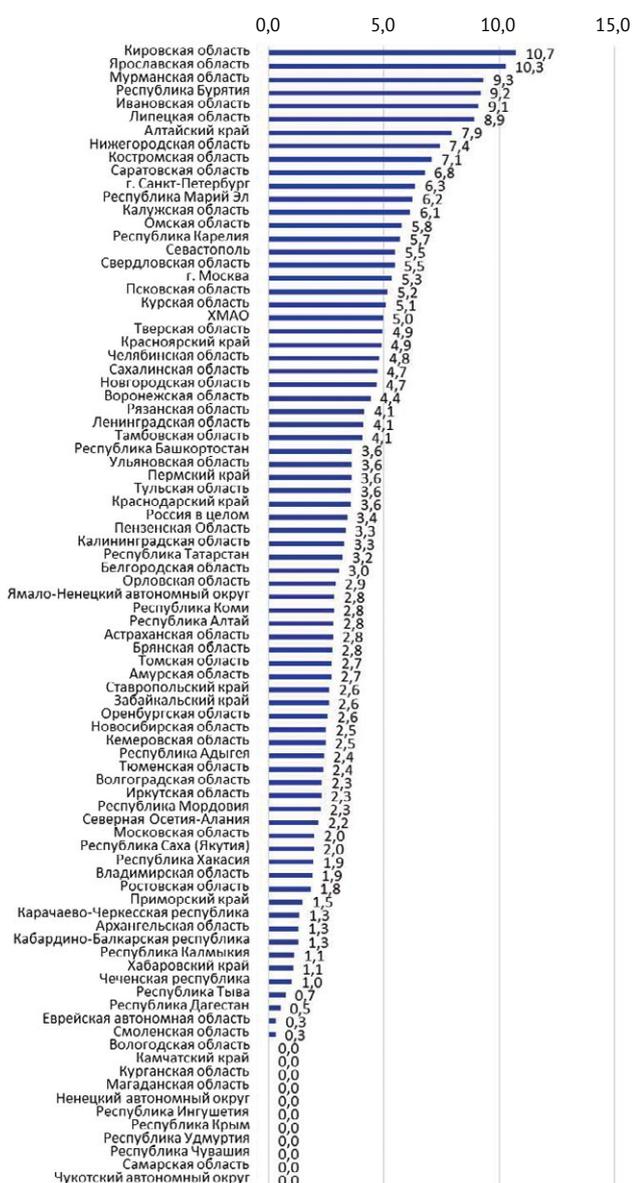


Рис. 1. Количество первичных эндопротезирований ТБС на 10000 человек населения

Fig. 1. Number of primary total hip arthroplasties per 10000 population

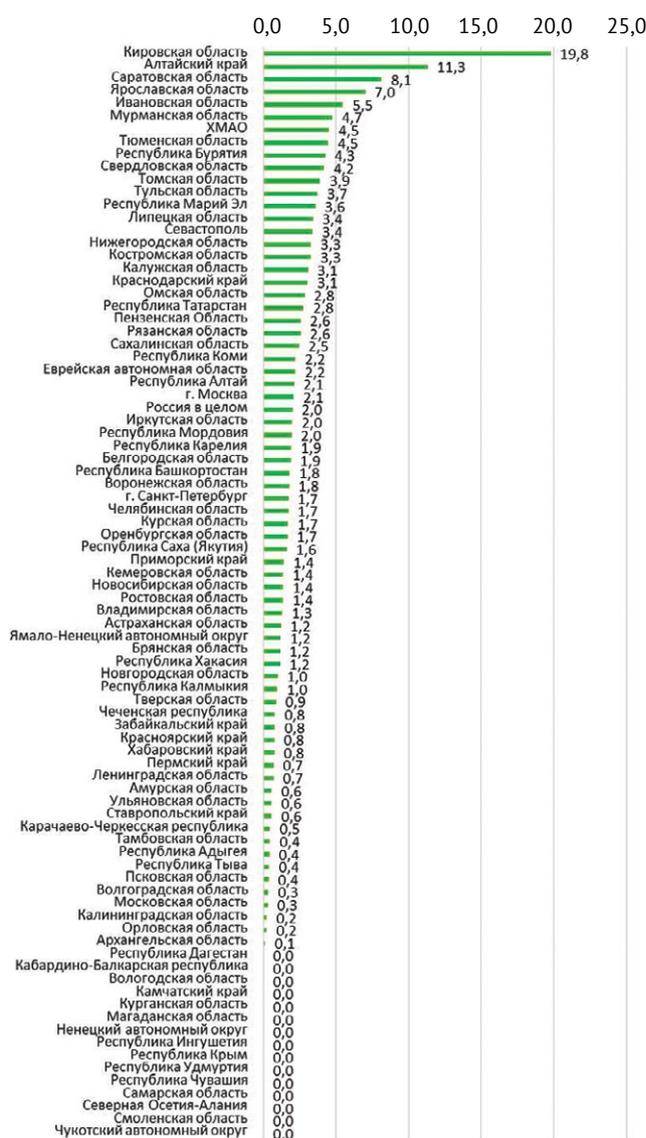


Рис. 2. Количество первичных эндопротезирований КС на 10000 человек населения

Fig. 2. Number of primary total knee arthroplasties per 10000 population

и ППИ из соответствующих федеральных центров со специализированным отделением гнойной хирургии (остеологии) — НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, НМИЦ ТО им. Г.А. Илизарова, ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России и ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна. Суммарная расчетная мощность этих отделений составляет в среднем 1500–2000 пациентов в год.

Несмотря на давно существующую схему маршрутизации пациентов с ортопедической имплантат-ассоциированной инфекцией от первичного звена до федеральных центров мы провели опрос среди респондентов об ее эффективности. Оказалось, что она не соответствует современным запросам и требует доработки.

Проблемы маршрутизации пациентов с ППИ по пятибалльной шкале, где 0 баллов — совершенно нет сложностей, а 5 баллов — большие сложности, были оценены в среднем в 3,4 балла (рис. 3). При этом о полном отсутствии проблем с маршрутизацией (0 баллов) сообщили только 8 субъектов (Ставропольский край, Краснодарский край, Республика Адыгея, Белгородская область, Кировская область, Республика Чувашия, Омская область, Волгоградская область) и ни одного федерального учреждения. Вероятно, под 0 баллами коллеги понимали просто возможность пациента попасть на этап специализированной медицинской помощи, однако проблема маршрутизации состоит еще и в том, когда попасть: ревизия с сохранением эндопротеза возможна только при быстрой диагностике и санации в максимально короткие сроки.

Актуальность создания ортопедического центра по лечению периимплантной инфекции по пятибалльной шкале коллеги оценили достаточно высоко — в среднем в 4,2 балла (рис. 4).



Рис. 3. Оценка состояния маршрутизации пациентов с перипротезной инфекцией в Российской Федерации

Fig. 3. Patient routing with periprosthetic joint infection in Russian Federation



Рис. 4. Оценка необходимости создания федерального центра по лечению имплантат-ассоциированной ортопедической инфекции в Российской Федерации

Fig. 4. Evaluation of demand for building the Federal Center of implant-associated orthopaedic infection treatment in Russian Federation

Обсуждение

При анализе полученных данных выявлено преобладание числа операций тотального эндопротезирования тазобедренного сустава над эндопротезированием коленного сустава. Накопленное количество случаев артропластики тазобедренного сустава, в т.ч. со значительными сроками наблюдения, а также более широкое распространение этой операции, в том числе в малооперирующих учреждениях, приводит к более частой необходимости их ревизии по отношению к коленному суставу. Мировой тренд указывает на ожидаемый рост числа эндопротезирований коленного сустава в связи с высокой потребностью в данном вмешательстве и изменением соотношения в пользу коленного сустава [8].

Количество операций эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов в 2019 г. превысило данный показатель за 2018 г., согласно отчету НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, на 20% [8]. Полученные нами данные по имплантат-ассоциированной, в т.ч. перипротезной инфекции, впервые представлены на уровне РФ. Число случаев ППИ ТБС составило 2535, а ППИ КС — 1747. Подсчитывать долю или процент случаев ППИ от числа первичных или ревизионных эндопротезирований мы посчитали некорректным по нескольким причинам.

С одной стороны, это связано с тем, что один и тот же пациент мог попасть в инфекционный случай с рецидивом ППИ и двумя/тремя клиническими наблюдениями в случае многоэтапного лечения и маршрутизации. Так же мы не выясняли судьбу пациентов после первого и второго этапов лечения ППИ, так как это значительно усложнило бы сбор данной информации. По этой причине нельзя исключить тот факт, что в представленном отчете

число инфекционных случаев могло превысить число пролеченных пациентов.

С другой стороны, часть пациентов с имплантат-ассоциированной инфекцией, пролеченных в отделениях гнойной хирургии, а не ортопедии, не попала в это исследование. Вместе со случаями латентной недиагностированной хронической инфекции эти данные не учтены в представленных показателях.

Проведенный анализ продемонстрировал значения имплантат-ассоциированной инфекции, которая при определенном упрощении составила 6000 случаев. Среди них ППИ заняла львиную долю — 65%. Данные показатели являются срезом доковидного 2019 г. и суммарным показателем накопленных осложнений. При этом они значимо превышают данные отчета за 2018 г. [7] и ставят перед ортопедическим сообществом острую проблему маршрутизации и лечения профильных пациентов.

Создание специализированного центра по лечению ППИ, на наш взгляд, отвечает реальному запросу. Промедление в лечении острой перипротезной инфекции (средний срок ожидания госпитализации в ФГБУ НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена пациентов с ППИ из субъектов составляет $414 \pm 45,2$ дней) приводит к гарантированной потере эндопротеза, многоэтапным ревизиям и, по нашим данным, к увеличению стоимости лечения законченного случая в 2–6 раз [13, 14]. Так, средняя стоимость одноэтапной ревизии при ППИ обходится в среднем в 324 531 Р, а двухэтапной — 683 328 Р. Эти колоссальные расходы ложатся на конечное учреждение, выполняющее реимплантацию, а не на первичные медицинские организации, диагностировавшие ППИ и направившие пациента на лечение в специализирующиеся в области эндопротезирования центры.

Сокращение сроков ожидания пациентов с ППИ, на наш взгляд, возможно за счет увеличения числа специализированных коек и отделений по лечению периимплантной и перипротезной инфекции, которые должны располагаться в от-

дельном здании с соответствующими условиями разделения потоков пациентов для минимизации кросс-инфекции. Так как адекватное лечение возможно только с участием мультидисциплинарных бригад, включающих клинических фармакологов, микробиологов, реабилитологов, иммунологов, эпидемиологов, физиотерапевтов [15, 16, 17], то можно предположить, что лечение будет эффективным не просто в специализированном гнойном ортопедическом отделении, а в центре, включающем как минимум несколько таких отделений. Сам центр должен быть неразрывно связан с отделениями, занимающимися в основном корпусе «асептическим» ревизионным эндопротезированием, на экспертном уровне.

Опрос, проведенный среди травматологов-ортопедов в 2019 г., показал неоднозначные мнения по данному вопросу [15]. С одной стороны, увеличение специализированной коечной емкости в виде центра позволит не только оказывать медицинскую помощь пациентам, но и помогать коллегам в регионах за счет телемедицинских консультаций и методической помощи. С другой стороны, создание центра, напротив, может затруднить лечение профильных пациентов, так как необходимость лечить их в одном конкретном месте может увеличить сроки ожидания госпитализации и, соответственно, утяжелить ситуацию за счет развития кросс-инфекции. Для предупреждения такого сценария необходима разработка четкого механизма маршрутизации профильных пациентов, которые могут быть пролечены на местах и которые требуют участия специализированных центров.

Заключение

Подводя итоги проделанной работы, необходимо отметить, что актуальные цифры по эпидемиологии эндопротезирования и инфекционных осложнений позволили трезво оценить ситуацию и поднять для широкого обсуждения вопрос о необходимости создания специализированного лечебно-методического федерального центра по лечению перипротезной инфекции.

Благодарность

Авторы благодарят всех коллег, отреагировавших на запрос по предоставлению данных об эндопротезировании. Сведения и комментарии представили:

Абашин А.И., Агзамов Д.С., Агибалов Д.А., Адаменко А.Н., Акулаев А.А., Алабут А.В., Александров Б.А., Арефьев И.Ю., Ахмедов Б.Г., Бардуков А.Н., Басов С.В., Белов М.В., Беляева Т.В., Беляков В.Г., Боженко С.В., Бойченко Ю.Я., Болдырев О.В., Бондаренко Н.Л., Бондаренко А.В., Борисова Е.А., Борщева Е.В., Буллик А.В., Бурцев А.В., Васильев В.Ю., Васин И.В., Вергай А.А., Волчегорский И.А., Гарашенко М.В., Гармаш М.Ю., Гарькавый Н.Г., Гасанов А.И., Герштанский А.С., Гирин Н.В., Гиркало М.В., Глухов А.В., Глыбочко П.В., Гогичаев Т.К., Горбунов Э.В., Горохов А.Н., Горохова Е.В., Губин А.В., Гурьев В.В., Данзырык А.С., Денисов В.С., Джигкаев А.Х., Дзюба Г.Г., Дильмаханов Х.Х., Дмитриев С.В., Добровольский А.А., Догонашева О.В., Докалин А.Ю., Долгих А.В., Драган К.А., Дубров В.Э., Евстюшичева О.Н., Ежов И.Ю., Елфимов А.Л., Еремин А.В., Ермаков А.М., Есауленко И.Э., Есипов А.В., Ещин Е.Е., Жадан П.Л., Жестков А.С., Жилияков В.В., Забара Е.В., Забелин М.В., Заболотских Т.В.,

Зайцев Д.Н., Залогин И.А., Зарудский А.В., И Сун Син, Игнатъев В.П., Иевлев В.В., Иконников А.А., Иштутов А.В., Казакевич Е.В., Калибатов Р.М., Камшилов Б.В., Карлов А.А., Карпов О.Э., Карякин Н.Н., Кибиткин А.С., Кикенов Ю.В., Кобзев Ю.В., Ковалев С.М., Коваленко С.М., Коган В.М., Колабутин В.М., Колесников В.Н., Колодыгин Д.А., Колядо Е.В., Конькова И.В., Королев А.В., Корчагин Н.К., Корыткин А.А., Костин О.Н., Костюш В.Ф., Котенко К.В., Кравцов А.Г., Кравцов Д.В., Кравченко А.Ю., Криштопин В.С., Крутець А.В., Крюков Е.В., Кузнецов В.В., Кузьмин П.Д., Кукушкин В.А., Куликов Е.С., Лапочкина М.В., Лебедев А.А., Левина Е.С., Ледовская Т.И., Леонтьева С.Н., Ликальтер Д.Л., Логинова Н.В., Ломовцева Р.Х., Лудупова Е.Ю., Максимов М.А., Малахов С.А., Малин М.В., Марич А.А., Маркин О.В., Мартынов В.В., Мелик-Гусейнов Д.В., Меретуков Р.Б., Минасов Б.Ш., Минин О.Г., Михайлов Н.Н., Мишарин В.М., Мишустин А.Д., Монахов Ю.А., Мураховский А.Г., Немакина О.В., Немик Б.М., Никишин А.В., Николаев Н.С., Обухов Р.В., Овсянкин А.В., Островских Е.В., Охлопков М.Е., Павлов В.Н., Павлов В.В., Пак Л.Ф., Палферова Е.А., Панченко Д.С., Панычев Д.В., Панькова М.В., Пелеганчук В.А., Пиманчев О.В., Поворинский А.А., Поляк Л.Н., Пономарев О.А., Попов Д.В., Попов С.О., Прилуцкий А.А., Присяжнюк В.Е., Рабданова Б.Б., Ремизов О.В., Ремишвили А.Ш., Романов С.В., Рукин Я.А., Рустамов А.Б., Сабаев С.С., Савин В.В., Савинова Т.Л., Садыков М.Н., Сандаков Я.П., Сат А.М., Себелев А.И., Семедов Э.А., Семёнов Ю.А., Середя В.П., Сидоренко Ю.Н., Скворцов К.В., Смирнова С.М., Сорокин О.И., Спирин А.В., Степанов В.Г., Стригункова С.А., Сулейманов Э.А., Тебуев А.С., Титов А.Г., Тоторкулов Р.И., Троицкий А.В., Тубашов В.В., Тюрин М.И., Тюрчин А.Н., Умербаев А.А., Уртаев Р.А., Усков С.А., Устьянцев А.Н., Фарйон А.О., Федоров А.А., Федоров Р.Э., Филиппов Е.Ф., Фокин А.М., Хальзов К.В., Хоминец В.В., Хомяков А.В., Храмов А.Э., Худченко А.Г., Хутыз Т.К., Цкаев А.Ю., Чегуров О.К., Чернова А.Н., Черняев А.В., Чертов А.В., Чесников С.Г., Чичановская Л.В., Шавырин Д.А., Шакалов Д.Н., Шаманов К.А., Шевченко А.В., Шигаев Е.С., Шкарин В.В., Шлык С.В., Шнейдер Ю.А., Шуршуков Ю.Ю., Шуттов В.Ю., Щукин А.В., Эрк А.А., Янченко Н.В.

Литература [References]

- Ferguson R.J., Palmer A.J., Taylor A., Porter M.L., Malchau H., Glyn-Jones S. Hip replacement. *Lancet*. 2018;392(10158):1662-1671. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31777-X.
- Tan Z., Cao G., Wang G., Zhou Z., Pei F. Total hospital cost, length of stay, and complications between simultaneous and staged bilateral total hip arthroplasty: A nationwide retrospective cohort study in China. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(11):e14687. doi: 10.1097/MD.00000000000014687.
- Sloan M., Premkumar A., Sheth N.P. Projected Volume of Primary Total Joint Arthroplasty in the U.S., 2014 to 2030. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100(17):1455-1460. doi: 10.2106/JBJS.17.01617.
- Sloan M., Premkumar A., Sheth N.P. Future Demand for Total Joint Arthroplasty Drives Renewed Interest in Arthroplasty Fellowship. *HSS J*. 2020;16(Suppl 2):210-215. doi: 10.1007/s11420-019-09678-y.
- Patel A., Pavlou G., Mújica-Mota R.E., Toms A.D. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the National Joint Registry dataset. *Bone Joint J*. 2015;97-B(8):1076-1081. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170.
- Pilz V., Hanstein T., Skripitz R. Projections of primary hip arthroplasty in Germany until 2040. *Acta Orthop*. 2018;89(3):308-313. doi: 10.1080/17453674.2018.1446463.
- Травматизм, ортопедическая заболеваемость, состояние травматолого-ортопедической помощи населению России в 2018 году. Москва : ЦИТО, 2019. [Trauma cases, orthopaedic morbidity, state of trauma and orthopaedic assistance service for population of Russian Federation in 2018]. Moscow : ЦИТО, 2019.
- Schwartz A.M., Farley K.X., Guild G.N., Bradbury T.L. Jr. Projections and Epidemiology of Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States to 2030. *J Arthroplasty*. 2020;35(6S):S79-S85. doi: 10.1016/j.arth.2020.02.030.
- Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Денисов А.О., Ахмедиллов М.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. 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.
- Bozic K.J., Kamath A.F., Ong K., Lau E., Kurtz S., Chan V. et al. Comparative Epidemiology of Revision Arthroplasty: Failed THA Poses Greater Clinical and Economic Burdens Than Failed TKA. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(6):2131-2138. doi: 10.1007/s11999-014-0478-8.
- Мурьяев В. Ю., Холодаев М. Ю., Рукин Я. А., Лычагин А.В., Карпов В.В., Римашевский Д.В., Елизаров П.М. Применение спейсеров для лечения глубокой перипротезной инфекции тазобедренного и коленного суставов. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2013;20(3):18-24. doi: 10.17816/vto201320318-24.
- Murylyov V.Y., Kholodaev M.Y., Rukin Y.A., et al. [Use of Spacers for the Treatment of Deep Periprosthetic Infection of Hip and Knee Joints]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2013;20(3):18-24. (In Russian). doi: 10.17816/vto201320318-24.
- 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
- Klouché S., Sariali E., Mamoudy P. Total hip arthroplasty revision due to infection: a cost analysis approach. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010;96(2):124-132. doi: 10.1016/j.rcot.2010.02.005.

14. Shohat N., Goswami K., Tan T.L., Yayac M., Soriano A., Sousa R. et al. ESCMID Study Group of Implant Associated Infections (ESGIAI) and the Northern Infection Network of Joint Arthroplasty (NINJA). 2020 Frank Stinchfield Award: Identifying who will fail following irrigation and debridement for prosthetic joint infection. *Bone Joint J.* 2020;102-B(7_Supple_B):11-19. doi: 10.1302/0301-620X.102B7.BJ-2019-1628.R1.
15. Середина А.П., Богдан В.Н., Андрианова М.А., Беренштейн М. Лечение перипротезной инфекции: где и кто? *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(4):33-55. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-33-55. Sereda A.P., Bogdan V.N., Andrianova M.A., Berenstein M. [Treatment of Periprosthetic Infection: Where and Who?] *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia] 2019;25(4):33-55. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-33-55.
16. Vuorinen M., Mäkinen T., Rantasalo M., Huotari K. Effect of a multidisciplinary team on the treatment of hip and knee prosthetic joint infections: a single-centre study of 154 infections. *Infect Dis (Lond).* 2021;53(9):700-706. doi: 10.1080/23744235.2021.1925341.
17. Carlson V.R., Dekeyser G.J., Certain L., Pupaibool J., Gililand J.M., Anderson L.A. Clinical experience with a coordinated multidisciplinary approach to treating prosthetic joint infection. *Arthroplast Today.* 2020;6(3):360-362. doi: 10.1016/j.artd.2020.05.003.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Середина Андрей Петрович — д-р мед. наук, заместитель директора по инновациям и развитию, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия; профессор кафедры травматологии и ортопедии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия
e-mail: drsereda@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

Кочис Андрей Александрович — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: kochishman@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8573-1096>

Черный Александр Андреевич — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург
e-mail: alexander.cherny.spb@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1176-612X>

Антипов Александр Павлович — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: a-p-antipov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9004-5952>

Алиев Алимурат Газиевич — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, отдел по организационно-методической работе с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: mur23mur@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6885-5473>

Вебер Евгений Валерьевич — канд. мед. наук, руководитель отдела по организационно-методической работе с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: wjhon@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0212-925X>

AUTHORS' INFORMATION:

Andrei P. Sereda — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia; Academy of Postgraduate Education of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
e-mail: drsereda@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

Andrei A. Kochish — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: kochishman@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8573-1096>

Alexander A. Cherny — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: alexander.cherny.spb@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1176-612X>

Alexander P. Antipov — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: a-p-antipov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9004-5952>

Alimuad G. Aliev — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: mur23mur@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6885-5473>

Eugeniy V. Veber — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: wjhon@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0212-925X>

Воронцова Татьяна Николаевна — д-р мед. наук, врач-методист отдела по организационно-методической работе с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: tnvoroncova@win.rniito.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4594-6655>

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

e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2083-2424>

Шубняков Игорь Иванович — д-р мед. наук, заместитель директора по работе с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: shubnyakov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

Тихилов Рашид Муртузалиевич — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург

e-mail: rtikhilov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

Tatiana N. Vorontsova — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

e-mail: tnvoroncova@win.rniito.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4594-6655>

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>

Igor I. Shubnyakov — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia.

e-mail: shubnyakov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; Mechnikov Nord West State Medical University

e-mail: rtikhilov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

Заявленный вклад авторов

Середа А.П. — взаимодействие с респондентами, запрос данных, сбор данных, интерпретация, корректировка текста работы.

Кочиш А.А. — запрос данных, сбор данных.

Черный А.А. — запрос данных, сбор данных, подготовка иллюстраций.

Антипов А.П. — написание текста, подготовка иллюстраций.

Алиев А.Г. — запрос данных, сбор данных.

Вебер Е.В. — запрос данных, сбор данных.

Воронцова Т.Н. — запрос данных, сбор данных по г. Санкт-Петербургу.

Божкова С.А. — запрос данных, сбор данных, интерпретация.

Шубняков И.И. — взаимодействие с респондентами, запрос данных, сбор данных, интерпретация, корректировка текста работы.

Тихилов Р.М. — взаимодействие с субъектами Российской Федерации, федеральными и частными учреждениями, запрос данных, сбор данных, интерпретация, корректировка текста работы.

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.



Palisade Technique – the New Method for Open Reduction of Pelvic Fractures

Nikita N. Zadneprovskiy, Pavel A. Ivanov, Alexander V. Nevedrov

Sklifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Care, Moscow, Russia

Abstract

Background. Restoration of the pelvic bones and acetabulum anatomy after fracture is an important criterion for functional outcome. Often, the reduction of flat pelvic bones is not an easy task. The authors proposed a method of reduction using a special support site of two or three 3.5 mm cortical screws for Matta bone forceps. **The aim of the study** was to demonstrate a new way of pelvic bones fragments reduction. **Method.** Three clinical situations are presented when a new method was used: 1) reduction of a pointed fragment of the acetabulum posterior column transverse fracture; 2) reduction of the acetabulum quadrilateral plate fragments with medial displacement and 3) reduction the rupture of the pelvic bones in the sacroiliac joint with the vertical displacement. Previously, a support site was created in one of the fragments from two or three not fully twisted 3.5 mm cortical screws. One of the Matta bone forceps branches was placed on the formed site, and the second on another fragment and the displacement was eliminated. Then the final osteosynthesis was performed with pelvic plates and/or cannulated screws according to the surgical plan. Before closing the wound the support site was removed. **Conclusions.** The proposed method has shown its effectiveness during the reduction of the flat bones fragments, as it allows you to compress the spongy bones of the pelvis with a thin cortical layer stronger, compared with existing methods during which fragments splitting and «pulling out» anchor screws in the branches of reduction forceps can occur. The developed method of reduction demonstrated convenience and reliability.

Keywords: pelvic fracture, reduction, pelvic fracture osteosynthesis, acetabular fracture osteosynthesis, ilio-sacral joint dissociation.

Funding: state budgetary funding.

 **Cite as:** Zadneprovskiy N.N., Ivanov P.A., Nevedrov A.V. [Palisade Technique – the New Method for Open Reduction of Pelvic Fractures]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):94-100. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-94-100>.

 **Nikita N. Zadneprovskiy;** e-mail: zacuta2011@gmail.com

Received: 09.08.2021. Accepted for publication: 16.09.2021.



«Заборчик» (palisade technique) – новый способ открытой репозиции переломов костей таза

Н.Н. Заднепровский, П.А. Иванов, А.В. Неведров

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы», г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Восстановление анатомии костей таза и вертлужной впадины после перелома является важным критерием функционального исхода. Нередко репозиция и удержание плоских костей таза представляют собой непростую задачу. Авторами предложен способ репозиции с использованием специальной упорной площадки из двух-трех 3,5 мм кортикальных винтов для костных щипцов Matta. **Цель** — демонстрация нового способа репозиции отломков плоских костей таза. **Описание метода.** Представлено три клинических наблюдения с применением нового способа: 1) при репозиции остроконечного фрагмента поперечного перелома задней колонны вертлужной впадины; 2) при репозиции отломков четырехугольной поверхности вертлужной впадины с медиальным смещением; 3) при сопоставлении разрыва костей таза в крестцово-подвздошном сочленении с вертикальным смещением. Предварительно в одном из отломков создавали упорную площадку из двух-трех не полностью закрученных 3,5 мм кортикальных винтов. Одну из бранш костных щипцов Matta упирали в сформированную площадку, а вторую — в другой отломок и устраняли смещение. Далее выполняли окончательный остеосинтез тазовыми пластинами и/или канюлированными винтами согласно хирургического плана. Перед закрытием раны упорную площадку демонтировали. **Заключение.** Предлагаемый способ показал эффективность во время репозиции плоских костей, так как позволяет сжимать губчатые кости таза с тонким кортикальным слоем сильнее по сравнению с существующими методами во время которых может происходить раскалывание отломков и «вырывание» якорных винтов в браншах репозиционных щипцов.

Ключевые слова: переломы костей таза, репозиция, остеосинтез вертлужной впадины, разрыв крестцово-подвздошного сочленения.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Заднепровский Н.Н., Иванов П.А., Неведров А.В. «Заборчик» (palisade technique) — новый способ открытой репозиции переломов костей таза. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):94-100. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-94-100>.

✉ Заднепровский Никита Николаевич; e-mail: zacuta2011@gmail.com

Рукопись поступила: 09.08.2021. Принята в печать: 16.09.2021.

Background

Treatment of acetabulum fractures is a complex area of traumatology, which is constantly being improved, since the restoration of the pelvic bones and acetabulum anatomy is an important factor in further functional outcome [1, 2]. Surgical technique is complex and requires many years of training of specialist in pelvic surgery. In addition, it is extremely important to have highly specialized pelvic instruments in the operating room: various types of bone forceps, clamps, cutters, elevators, pushers, etc. [3]. Even with all the necessary conditions, the exact reduction of pelvic bones is not always an achievable task [4]. To hold complex multi-plane fractures, several reductional forceps have to be used at once. However, the relatively small area of the bone surface in the wound makes it difficult to simultaneously place bulky forceps and fixing plates. Applying large forces to the flat spongy bones of the pelvis with a thin cortical layer can lead to splitting of fragments, "pulling out" anchor screws in the branches of reduction forceps, which creates significant difficulties during the surgery.

The aim of the paper was to demonstrate a new method of pelvic bones reduction.

Method description

The method for flat pelvic bones reduction, called by us "palisade technique"*, consists in creating an artificial stop for Matta forceps from two or three incompletely twisted cortical screws with a diameter of 3.5 mm into one of the fragments. To create a stop, two or three holes were formed using a 2.5 mm drill at a distance of 5-6 mm from each other perpendicular to the plane of the bone. Self-tapping cortical screws were screwed into these holes so that 7-8 mm from the bone surface to the upper edge of the screw head remained outside (Fig. 1 a).

One branch of the Matta forceps was placed for the created stop, the second branch - for the dis-

placed fragment of the pelvis and then the diastasis was eliminated. Due to the presence of Matta sphere forceps with a sharp spike at the end of the branch, an effective grip of the fragment by the screws is ensured (Fig. 1b).

The location of the support site at a distance of 2-3 cm from the edge of the fracture line provides the necessary field of view for X-ray and internal fixation, which simplifies osteosynthesis and reduces the traumatic nature of the surgery. At the end of the surgery, the need for support screws disappears, and they are removed so as not to interfere with the remaining reduction manipulations and the final osteosynthesis.

Empirically, we have identified three situations when this method is most effective:

- 1) transtectal and juxtectal transverse fractures of the acetabulum with the formation of a sharp edge of the posterior column fragment;
- 2) fractures of the quadrangular surface of the acetabulum with displacement into the pelvic cavity;
- 3) ruptures of the sacroiliac joints.

Reduction of the right acetabulum posterior column

The method for reduction the posterior column consists in implanting two 3.5 mm cortical screws into the body of the ilium parallel to the fracture line and at distance of 3 cm from it. The reduction was performed in the manner described above using Marta forceps.

Clinical case

A 27-year-old patient was injured in road accident (driver). Three weeks later, surgery was performed for a juxtapectal transverse fracture of the right acetabulum with a predominant displacement in the region of the posterior column and medial subluxation of the femoral head (Fig. 2 a).

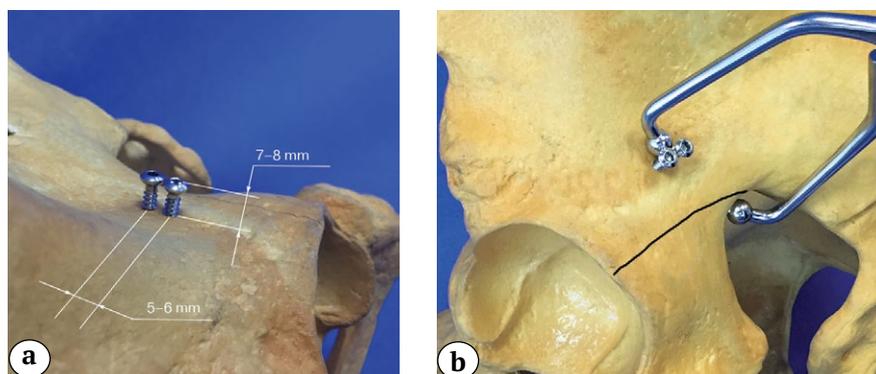


Fig. 1. Position of the Matta forceps in case of the acetabulum fracture on a plastic model of the pelvis: a — appearance of the support site for one of the Matta bone forceps; b — the position of the Matta forceps during the reduction of the posterior column of the acetabulum fracture on a plastic model of the pelvis

In the patient's decubitus position, a classic posterior approach to the acetabulum was performed according to Kocher – Langenbeck. An attempt to carry out reduction maneuver using large Jungbluth forceps with 4.5 mm screws proved ineffective due to the "pulling out" of the anchor screw from the distal fragment. On the first attempt, a successful reduction was performed using the developed method and the achieved position was fixed with a 1/3 tubular locking plate Synthes (Fig. 2b). Then the final osteosynthesis of the posterior column was performed with a neutralizing pelvic plate Matta (Stryker) and 3.5 mm cortical screws.

Reduction of the acetabulum quadrilateral surface

The method of reduction a quadrilateral surface consists in implanting two or three 3.5 mm cortical screws parallel to the linea terminalis in the iliac wing at a distance of approximately 3-4 cm from the fracture line. The reduction was performed using two Matta forceps, placing one branch at close range, and the other on the quadrilateral surface of the acetabulum (Fig. 3).

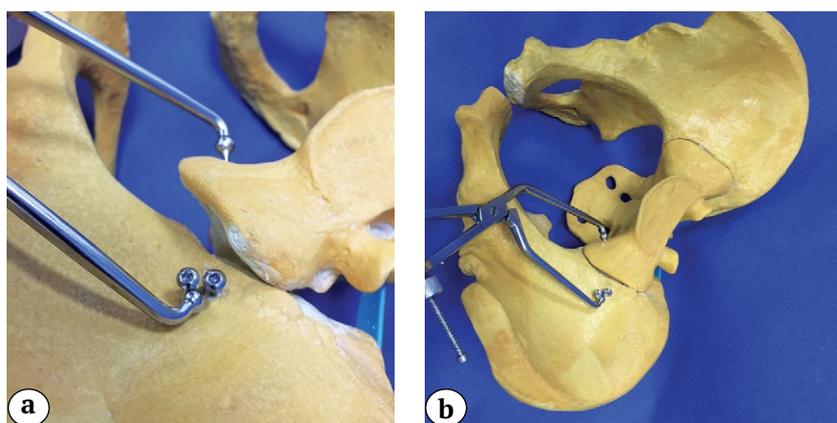


Fig. 5. Position of the Matta forceps branch in case of rupture of the left SIJ on a plastic model of the pelvis: a – before reduction; b – view after reduction of the left SIJ

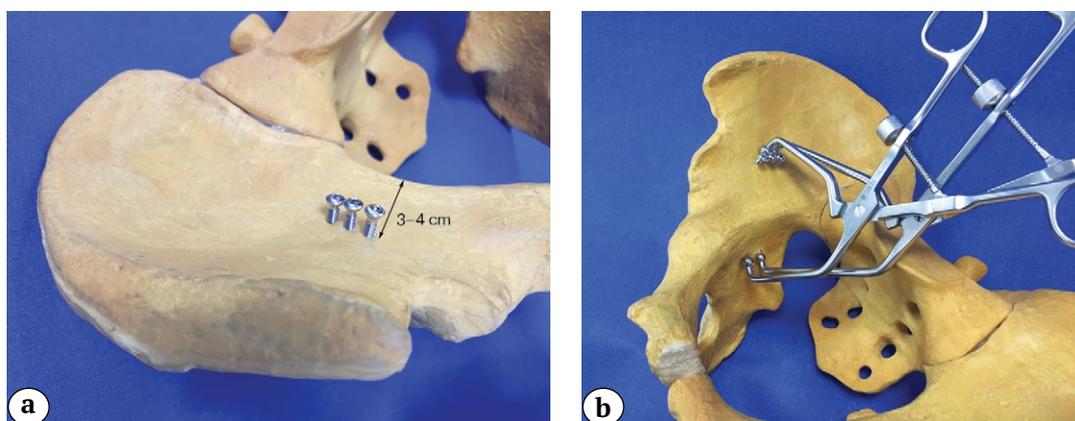


Fig. 3. Position of the Matta forceps branch in case of the acetabulum fracture on a plastic model of the pelvis: a – view of the support screws for reduction with two Matta forceps; b – the position of the Matta forceps branches during the reduction of the acetabulum quadrilateral plate fracture

Clinical case

A 29-year-old patient was injured as a result of a fall from three meters height. Surgery was performed for a two-column fracture of the right acetabulum with medial displacement of the quadrilateral surface and the femoral head (Fig. 4a). In the supine position of the patient, classic anterior approach to the right acetabulum was performed by Letournel. The reduction of the quadrilateral surface was performed using the

developed method and two Matta forceps through the medial and lateral "windows" of approach. Fixation of the achieved position was performed by a T-shaped spring-loaded locking plate Synthes. The T-shaped plate was previously bent at an angle of 100° in its middle. Next, the final osteosynthesis of the posterior column was performed with Matta (Stryker) pelvic plates and 3.5 mm cortical screws (Fig. 4b).

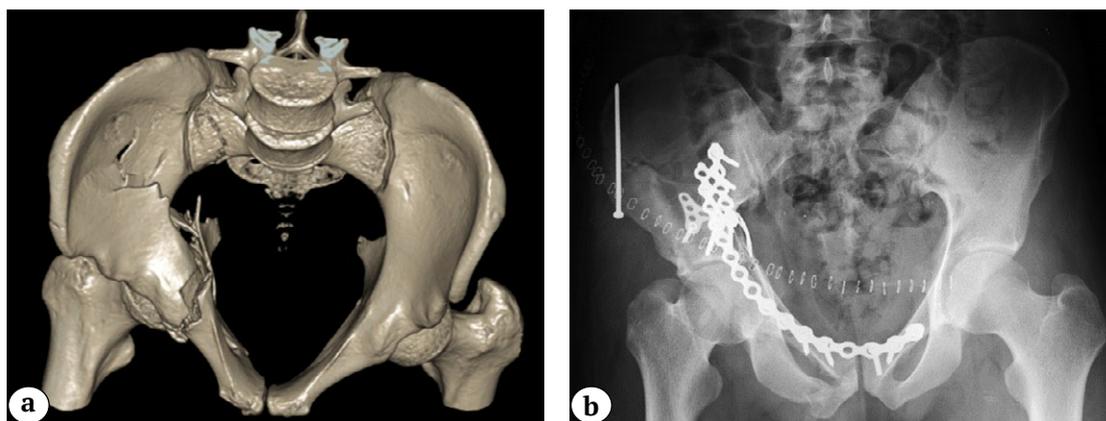


Fig. 4. Two-column fracture of the right acetabulum (AO/OTA 62C1e): a – CT 3D-reconstruction of the pelvis in inlet view; b – postoperative X-ray of the pelvis in the AP view

Reduction in the sacroiliac joint

The support for the reduction of the sacroiliac joint is formed from two 3.5 mm cortical screws in the posterior region of the iliac wing, implanted parallel to the anterior surface of the sacral wing at a distance of 1-2 cm from the sacroiliac joint. The reduction was performed using Matta forceps, placing one branch against support site, and the other on the anterior-upper surface of the sacral wing (Fig. 5).

Clinical case

A 34-year-old patient was injured as a result of a fall from four meters height. Surgery was performed for the rupture of the left sacroiliac joint with the displacement of the left half of the pelvis posteriorly and cranially.

In the supine position of the patient, anterior approach to the left sacroiliac joint was performed according to Smith - Peterson with osteotomy of the anterior superior spine of the pelvic wing. After creating a support site in the posterior region of the ilium, the reduction of the sacroiliac joint was performed using Matta forceps according to the above technique (Fig. 6). The achieved position of the sacroiliac joint was fixed with a 6.5 mm cannulated Synthes tightening screw with a 32 mm partial thread and a washer.

One should be careful when applying Matta forceps, since there is a risk of damage to the roots of L5, L4, the occlusal nerve and the superior gluteal artery passing in the area of the anteroposterior surface of the wings of the sacrum [5, 6]. To prevent complications, soft tissues should be carefully removed and forceps should be placed directly on the bone under visual control.

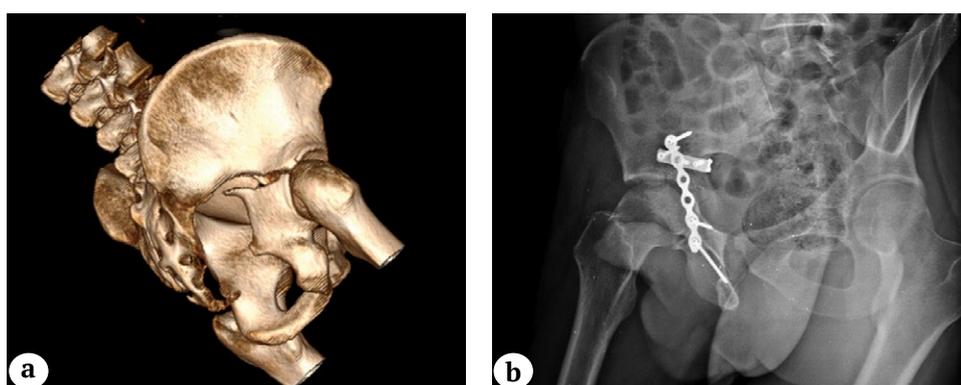


Fig. 2. Transverse juxtatectal fracture of the right acetabulum with displacement (AO/OTA 62B1.2): a – CT 3D-reconstruction of the pelvis; b – postoperative X-ray of the right acetabulum in the oblique iliac Judet view

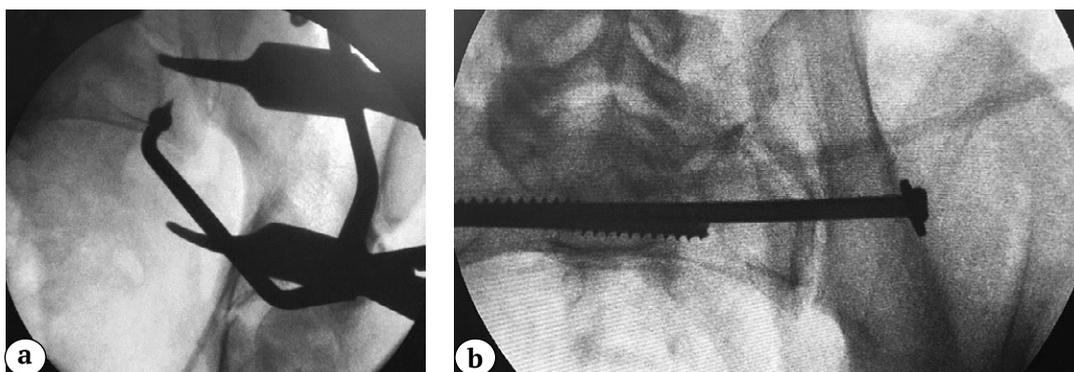


Fig. 6. Rupture of the left SIJ with displacement of the left half of the pelvis posteriorly and cranially: a – X-ray performed during the reduction of the left SIJ by the developed method; b – after reduction the left SIJ and fixing it with a cannulated screw

Discussion

In one case, for the reduction of the posterior column of the acetabulum, we used the Kocher – Langenbeck posterior approach [7, 8]. In the second case, Letournel anterior approach was used to reduction the quadrilateral surface of the acetabulum [9]. In the third case, a Smith – Peterson lateral approach with osteotomy of the anterior superior spine of the pelvic wing was used to reduction the rupture of the sacroiliac joint [10]. In all cases, we were able to apply the developed method of reduction fragments with good and excellent restoration of joint congruence. It should be noted that in all cases, the transition to the developed method of reduction was made after unsuccessful attempts at reduction by standard methods. The proposed method of reduction makes it possible to shorten the surgery time, avoid damage to the neurovascular structures in the fracture area, improve the reduction from "good" to "excellent" and provide optimal conditions for stable fixation of the achieved position of the fragments. This approach coincides with the modern provisions of pelvic surgery, when the exact comparison of fragments reduces the incidence of osteoarthritis and improves the overall clinical and functional outcome of treatment of pelvic bone injuries [11, 12].

Part of the reduction forceps work on the principle of an anti-lock: one branch rests against one fragment, and the other on the opposite side of the pelvis, which requires additional incisions or punctures. This is how straight and curved Matta forceps, asymmetric King Tong forceps, large straight pelvic forceps work. The other part of the forceps works using "anchor" screws in the fragments, which allows reduction on one side of the pelvis, for example, Farabeuf forceps and Jungbluth forceps. However, it should be noted that in this case, the total vector of efforts during reduction is directed not perpendicular to the plane of the frac-

ture, but at an angle, which can lead to the "pulling out" of the screws from the spongy bone of the pelvis. Our experience shows that the use of pointed Weber forceps is not always possible, as there is often a sliding of the branches from the inclined surfaces of the pelvic bones or the eruption of bone tissue.

The use of support site of several screws in one of the fragments and the presence of spheres with a spike at the ends of the Matta forceps make it possible to form a vector of reduction forces almost perpendicular to the plane of the fracture and perform a maneuver on one side of the pelvis. In no case did we observe the "pulling out" of support screws or splitting of fragments, even with powerful efforts. In the post-operative period, we did not observe neurological and inflammatory complications from soft tissues.

Conclusions

The complexity of the pelvic bones fractures reduction is due to many reasons: the features of the anatomy and spongy nature of the pelvic bone tissue, the proximity of important neurovascular formations in the area of surgery, the relatively small area of the bone surface in the surgical manipulation sector, large reduction efforts applied to fragments, etc. Even with the use of special reduction pelvic instruments, it is not always possible to achieve the goal, which encourages surgeons to search for new reduction techniques. The "palisade technique", method proposed by us allows performing effective reduction of flat pelvic bones with Matta bone forceps from a standard set for pelvic surgery and 3.5 mm cortical screws.

Informed consent

The patients gave written informed consent to participate in the study and publish its results.

References

- Petrov A.B., Ruzanov V.I., Mashukov T.S. [Long-Term Outcomes of Surgical Treatment of Patients With Acetabular Fractures]. *Genij Ortopedii*. 2020;26(3):300-305. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-3-300-305.
- Kolesnik A.I., Zagorodniy N.V., Ochkurenko A.A., Lazarev A.F., Solod E.I., Donchenko S.V. et al. [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). doi: 10.24884/0042-4625-2020-179-5-98-103
- Kelly J., Ladurner A., Rickman M. Surgical management of acetabular fractures - A contemporary literature review. *Injury*. 2020;51(10):2267-2277. doi: 10.1016/j.injury.2020.06.016.
- Giordano V., Acharya M.R., Pires R.E., Giannoudis P.V. Associated both-column acetabular fracture: An overview of operative steps and surgical technique. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11(6):1031-1038. doi: 10.1016/j.jcot.2020.08.027.
- Langford J.R., Burgess A.R., Liporace F.A., Haidukewych G.J. Pelvic fractures: part 2. Contemporary indications and techniques for definitive surgical management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(8):458-468. doi: 10.5435/JAAOS-21-08-458.
- Park Y.S., Baek S.W., Kim H.S., Park K.C. Management of sacral fractures associated with spinal or pelvic ring injury. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;73(1):239-242. doi: 10.1097/TA.0b013e31825a79d2.
- Moed B.R. The modified Gibson approach to the acetabulum. *Oper Orthop Traumatol*. 2014;26(6):591-602. doi: 10.1007/s00064-011-0111-1.
- Magu N.K., Rohilla R., Arora S., More H. Modified Kocher-Langenbeck approach for the stabilization of posterior wall fractures of the acetabulum. *J Orthop Trauma*. 2011;25(4):243-249. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181f9ad6e.
- Hagen J.E., Weatherford B.M., Nascone J.W., Sciadini M.F. Anterior intrapelvic modification to the ilioinguinal approach. *J Orthop Trauma*. 2015;29 Suppl 2: S10-13. doi: 10.1097/BOT.0000000000000266.
- Lefavre K.A., Starr A.J., Reinert C.M. A modified anterior exposure to the acetabulum for treatment of difficult anterior acetabular fractures. *J Orthop Trauma*. 2009;23(5):370-378. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181a5367c.
- Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am*. 1969;51(4):737-755.
- 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.

AUTHORS' INFORMATION:

Nikita N. Zadneprovskiy — Cand. Sci. (Med.), Sklifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Care, Moscow, Russia
zacuta2011@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4432-9022>

Pavel A. Ivanov — Dr. Sci. (Med.), Sklifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Care, Moscow, Russia
ipamailbox@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2954-6985>

Alexander V. Nevedrov — Cand. Sci. (Med.), Sklifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Care, Moscow, Russia
alexnev1985@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1560-6000>

Authors' contribution:

Zadneprovskiy N.N. — writing the text of the manuscript.

Ivanov P.A. — research design.

Nevedrov A.V. — literature review.

All authors have read and approved the final version of the article. All authors agree to be responsible for all aspects of the work in order to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Conflict of interest:

The authors declare that there is no conflict of interest.



Применение индивидуального имплантата при ревизионном эндопротезировании коленного сустава с костным дефектом типа 3 по AORI: клинический случай

А.А. Зыкин, С.А. Герасимов, Е.А. Морозова

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России,
г. Нижний Новгород, Россия

Реферат

Актуальность. Замещение обширных костных дефектов коленного сустава при ревизионном эндопротезировании представляет определенные трудности. Развитие аддитивных технологий позволяет изготовить индивидуальный титановый аугмент для восполнения утраченной костной ткани. **Цель работы** — показать возможность замещения обширных дефектов большеберцовой кости индивидуально изготовленным аугментом при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. **Описание наблюдения.** Пациентка 66 лет. В возрасте 58 лет по поводу вторичного гонартроза 3 ст. с интервалом в 2 года пациентке было выполнено тотальное эндопротезирование коленных суставов: левого — в 2012 г., правого — в 2014 г. В последующем потребовалось проведение нескольких ревизионных вмешательств по поводу ранней перипротезной инфекции правого коленного сустава. С 2015 по 2018 г. ввиду купирования инфекции функция правого коленного сустава была удовлетворительной. В 2018 г. пациентка обратилась в нашу клинику по поводу рецидива перипротезной инфекции. В связи с ранее проводившимся лечением у пациентки наблюдался тип 3 костного дефекта по классификации AORI. Было проведено двухэтапное ревизионное эндопротезирование коленного сустава. Для компенсации обширного дефекта большеберцовой кости с использованием аддитивных технологий был изготовлен индивидуальный имплантат большеберцовой кости, установлен частично связанный эндопротез. Рецидива инфекции за время наблюдения не отмечено, сохраняется дефицит активного разгибания, рентгенологические признаки нестабильности металлоконструкции не отмечаются. **Заключение.** В представленном нами случае мы смогли добиться удовлетворительных результатов у пациентки со сложным анамнезом и обширными костными дефектами. Применение индивидуального имплантата помогло избежать артродезирования, сохранить опороспособность нижней конечности и артикуляцию в коленном суставе. На наш взгляд, использование имплантатов, изготовленных с помощью 3D-технологий, является перспективным решением для компенсации дефектов типов 2B и 3 по классификации AORI.

Ключевые слова: коленный сустав, ревизионное эндопротезирование, костный дефект, индивидуальный имплантат, аддитивные технологии, 3D-печать.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Зыкин А.А., Герасимов С.А., Морозова Е.А. Применение индивидуального имплантата при ревизионном эндопротезировании коленного сустава с костным дефектом типа 3 по AORI: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):101-110. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-101-110>.

Cite as: Zykin A.A., Gerasimov S.A., Morozova E.A. [Custom Made Implant in Revision Knee Arthroplasty with AORI 3 Bone Defect: a Case Report]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):101-110. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-101-110>.

✉ Морозова Екатерина Александровна / *Ekaterina A. Morozova*; e-mail: kneeandpelvis@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 21.01.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 25.03.2021.



Custom Made Implant in Revision Knee Arthroplasty with AORI 3 Bone Defect: a Case Report

Andrey A. Zykin, Sergey A. Gerasimov, Ekaterina A. Morozova

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract

Background. Replacement of extensive bone defects during revision knee arthroplasty (RKA) is a certain problem. The development of additive technologies allows us to produce an individual titanium augment to restore the lost bone tissue. **The aim of the study** is to show the possibility of replacing extensive tibia defects with a custom made augment during revision knee arthroplasty. **Case presentation.** The patient is 66 years old. At the age of 58, due to secondary knee osteoarthritis in 2 years interval, the patient underwent total knee arthroplasty: left – in 2012, right – in 2014. Subsequently, several revision interventions were required for early periprosthetic infection of the right knee joint. From 2015 to 2018, due to the infection remission, the function of the right knee joint was satisfactory. In 2018, the patient admitted to our clinic with the periprosthetic infection relapse. Due to the previous treatment, the patient had type 3 bone defect according to the AORI classification. A two-stage revision knee arthroplasty was performed. To compensate the extensive tibial defect, the individual tibial implant was manufactured using additive technologies, and a semiconstrained endoprosthesis was implanted. There was no relapse of infection during the observation. There is deficit of active extension, there are no radiological signs of the implant instability. **Conclusion.** In our case, we were able to achieve satisfactory results in patient with a complex anamnesis and extensive bone defects. The use of individual implant helped to avoid arthrodesis, preserve the weight-bearing of the lower limb and articulation in the knee joint. The use of implants made using 3D technologies is a promising solution for compensating defects of types 2B and 3 according to the AORI classification.

Keywords: knee, revision arthroplasty, bone defect, custom made implant, additive technologies, 3D printing.

Funding: state budgetary funding.

Введение

Количество выполненных первичных операций эндопротезирования коленного сустава ежегодно увеличивается, соответственно растет и число ревизионных артропластик [1]. К 2030 г. прогнозируется их рост на 600% [2]. Срок службы ревизионных эндопротезов, по данным литературы, составляет 71–86% от 10-летней выживаемости первичных имплантатов [3].

Основными причинами ревизионных вмешательств являются инфекция, асептическое расшатывание или неправильная установка компонентов эндопротеза, перипротезные переломы, контрактура сустава [4, 5]. При выполнении ревизионного эндопротезирования перед хирургом стоит ряд важных задач: компенсация костных дефектов, стабильная фиксация и правильное пространственное позиционирование ревизионных компонентов, воссоздание нормального уровня суставной линии. Их решение требует восстановления анатомии и биомеханики имплантированного коленного сустава [6]. Наличие обширных дефектов бедренной и большеберцовой костей существенно осложняет выполнение этих задач.

Причинами костных дефектов являются остеолиты вокруг компонентов эндопротеза при износе полиэтиленового вкладыша, остеонекроз, миграция нестабильных компонентов, удаление компонентов эндопротеза вместе с костью, хроническая перипротезная инфекция [7, 8, 9]. Первостепенной задачей ревизионного вмешательства является восполнение объема утраченной костной ткани, без достижения которой невозможно добиться стабильной фиксации компонентов эндопротеза [10, 11]. Согласно теории R. Morgan-Jones, каждый из компонентов эндопротеза должен быть фиксирован как минимум в двух анатомических зонах бедренной и большеберцовой костей [12]. Стабильность фиксации определяет срок службы ревизионного эндопротеза [13]. Рубцово-измененные ткани после предшествующих операций, нарушение функции мышц и сухожилий, остеопороз закономерно осложняют выполнение реэндопротезирования [14].

Наиболее распространенной классификацией костных дефектов бедренной и большеберцовой костей является классификация, разработанная в Anderson Orthopedic Research Institute

(AORI) [15]. Самыми трудновосполнимыми являются дефекты типа 3, которые характеризуются резорбцией кортикальной и губчатой кости метаэпифизов. Дефекты затрагивают область надмыщелков и выше на бедренной кости или бугристость и ниже на большеберцовой кости [16, 17]. Несостоятельными являются коллатеральные связки. На сегодняшний день отсутствует единое мнение о выборе методов замещения дефектов при ревизионном эндопротезировании КС. Вариантами восполнения являются массивные аллотрансплантаты и мегапротезы. В последнее время используются индивидуально изготовленные титановые имплантаты, а также техника двойных конусов [7, 8, 16, 18]. Однако не исключены в некоторых случаях и операции отчаяния, такие как артродезирование и ампутация конечности, что приводит к необратимому ухудшению качества жизни пациента.

Цель работы — показать возможность замещения дефектов большеберцовой кости индивидуально изготовленным аугментом при ревизионном эндопротезировании коленного сустава.

Клиническое наблюдение

Пациентка 66 лет. В возрасте 39 лет ей был поставлен диагноз «ревматоидный артрит» (серонегативный II ст., активность II, НФ III). На постоянной основе принимает цитостатический препарат из группы антиметаболитов. Проходила курсы консервативного лечения без положительного эффекта. В возрасте 58 лет по поводу вторичного гонартроза 3 ст. последовательно, с интервалом в 2 года, пациентке выполнено тотальное эндопротезирование коленных суставов (левого — в 2012 г., правого — в 2014 г.). Функция левого коленного сустава восстановилась.

В раннем послеоперационном периоде после эндопротезирования правого коленного сустава у пациентки сохранялся болевой синдром, наблюдались отечность, гиперемия, вечерний субфебрилитет. Проводилось консервативное лечение — прием антибиотиков широкого спектра. Через 6 мес. после эндопротезирования на фоне сохранения болевого синдрома была выполнена пункция коленного сустава, получен положительный результат бактериологического исследования. Пациентка госпитализирована, произведены санация коленного сустава, промывание и ультразвуковая кавитация раны без удаления компонентов эндопротеза. В послеоперационном периоде отмечалось отсутствие положительной динамики: сохранение болевого синдрома, гиперемия, отечность коленного сустава. Спустя месяц пациентка оперирована повторно: эндопротез удален, установлен насыщенный антибиотиками артикулирующий спейсер. Через несколько месяцев развил-

ся рецидив инфекции, выявлена нестабильность компонентов спейсера, пациентка госпитализирована в отделение гнойной остеологии. В сентябре 2014 г. выполнена повторная операция — хирургическая обработка гнойного очага, повторная установка артикулирующего спейсера правого коленного сустава.

Положительная динамика клинических и лабораторных показателей свидетельствовала о купировании инфекции. В 2015 г. был проведен второй этап ревизионного эндопротезирования правого коленного сустава с использованием связанного имплантата. В течение трех лет функция сустава была удовлетворительной, рецидива инфекции не отмечено.

Через 3 года, в 2018 г., вновь стала повышаться температура, отмечалась гиперемия сустава, открылся свищ. С этими жалобами пациентка впервые обратилась в нашу клинику (рис. 1). Пункция сустава с микробиологическим исследованием пунктата выявила наличие золотистого стафилококка, подтвержден рецидив перипротезной инфекции (ППИ) правого коленного сустава. Выполнены санация и установка артикулирующего спейсера. Обширный дефект большеберцовой кости, образовавшийся после удаления связанного эндопротеза, замещен спейсером, изготовленным с использованием 3D технологий.



Рис. 1. Рентгенограммы коленного сустава в прямой и боковой проекциях с установленным связанным имплантатом при поступлении в клинику

Fig. 1. AP and lateral X-rays of knee with fully constrained implant

Спустя полгода пациентка госпитализирована в ортопедическое отделение для проведения второго этапа ревизионного эндопротезирования коленного сустава (рис. 2). При поступлении передвигалась на костылях без опоры на нижнюю конечность, длинные расстояния преодолевала с помощью инвалидной коляски. Укорочение ко-

нечности составляло 3 см, отмечались варусная деформация, несостоятельность медиальной коллатеральной связки, высокое положение надколенника (*patella alta*), гипотрофия мышц правого бедра. Движения в правом коленном суставе болезненные, их амплитуда составляла 0/0/20°. Данные лабораторного обследования свидетельствовали о купировании инфекционного воспаления. Функциональное состояние по шкалам WOMAC и KSS было оценено как неудовлетворительное, уровень боли по визуально-аналоговой шкале (VAS) составил 8 баллов.



Рис. 2. Предоперационные рентгенограммы коленного сустава в прямой и боковой проекциях — установлен индивидуально изготовленный спейсер

Fig. 2. Preoperative AP and lateral X-rays of knee joint with custom made spacer

Обширные дефекты большеберцовой кости типа 3 по классификации AORI потребовали установки индивидуально изготовленного имплантата проксимального метаэпифиза большеберцовой кости.

Предоперационное планирование и изготовление имплантата

Пациентке была выполнена мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) на аппарате Toshiba Aquilion 32 (Япония), на основании которой была создана трехмерная компьютерная модель коленного сустава. На 3D-модели выполнялся компьютерный расчет требуемой геометрии имплантата непосредственно в области дефекта, который он должен восполнить (рис. 3). Была смоделирована необходимая структура с учетом технических и размерных особенностей ревизионного эндопротеза коленного сустава, который планировали использовать при выполнении второго этапа операции. Затем производилась печать имплантата с использованием 3D-принтера методом прямого лазерного спекания (Direct Metal Laser Sintering —

DMLS) мелкодисперсного титанового порошка. Далее осуществлялись термическая обработка, поэтапная ультразвуковая очистка в дистиллированной воде, нейтральной, щелочной и кислой средах и повторное промывание в ультразвуковой ванне с дистиллированной водой в течение 30–60 мин. Способ позволил создать имплантат с достаточной прочностью, точно соответствующий строению костного дефекта. Затем изделие проходило стандартную процедуру дезинфекции и стерилизации путем автоклавирования.

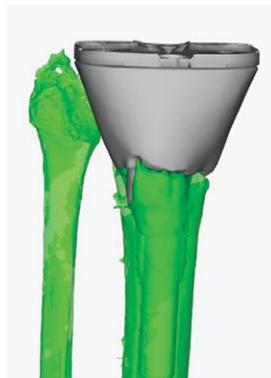


Рис. 3. Предоперационное планирование пространственного расположения индивидуального компонента большеберцовой кости

Fig. 3. Preoperative planning of the tibial individual component spatial location

Хирургическая техника

Оперативное вмешательство выполнялось под спинальной анестезией в положении пациентки лежа на спине. Из переднего доступа по старому послеоперационному рубцу была выполнена артротомия правого коленного сустава, выделилось около 20 мл желтоватой синовиальной жидкости, которая была взята для микробиологического исследования. Также произведен забор фрагментов тканей из пяти различных участков для исследования в бактериологической лаборатории. Затем были удалены компоненты цементного спейсера. В связи с тем, что мягкие ткани коленного сустава имели выраженные рубцовые изменения, с трудом был выполнен доступ к суставным концам бедренной и большеберцовой костей. Из доступных отделов удалена синовиальная оболочка, осуществлены краевая моделирующая резекция и денервация надколенника. Проксимальный отдел большеберцовой кости практически отсутствовал до диафиза на протяжении 6–7 см от верхушки головки малоберцовой кости, что делало его неопороспособным для установки стандартного варианта ревизионного эндопротеза (рис. 4).

Дефект кости замещен индивидуальным имплантатом, изготовленным по 3D-технологии. С использованием стандартного набора инструментов смоделированы костные ложа для компонентов полусвязанного эндопротеза: размер бедренного компонента — E, большеберцового — 4. Для сохранения ротации бедренного компонента использованы задние аугменты 5 мм.



Рис. 4. Массивный костный дефект типа 3 по классификации AORI

Fig. 4. AORI 3 extensive bone defect

Для диафизарной фиксации бедренного компонента смоделирован костномозговой канал бедренной кости под прямую интрамедуллярную ножку диаметром 16 мм, длиной 100 мм. Дефект проксимального отдела большеберцовой кости замещен индивидуальным имплантатом, изготовленным посредством прототипирования, большеберцовая ножка — прямая, диаметром 14 мм, длиной 100 мм. Место прикрепления связки надколенника на большеберцовой кости отсутствовало, что потребовало фиксации рубцово-измененной связки надколенника с использованием двух синтетических лент шириной 2 мм к аугменту. Осуществлена пробная сборка компонентов эндопротеза с вкладышем 10 мм — сустав стабилен. Имплантированы оригинальные компоненты. Для профилактики развития инфекционного осложнения использованы две дозы костного цемента с добавлением терморезистентных антибиотиков. Сустав стабилен, амплитуда движений 0/0/70°. Наложен послойный шов раны (рис. 5).



Рис. 5. Установлены окончательные компоненты полусвязанного эндопротеза с индивидуальным имплантатом, замещающим дефект большеберцовой кости

Fig. 5. The final components of semiconstrained endoprosthesis with the individual implant replacing the tibial defect

В послеоперационном периоде пациентка получала антибактериальную терапию с учетом результатов последних бактериологических исследований в течение 7 дней и стандартную антикоагулянтную терапию. В течение 21 дня (до снятия швов) прооперированная нижняя конечность была иммобилизована в прямом брейсе — такой срок был обусловлен особенностями реконструкции разгибательного аппарата коленного сустава. Со 2-го дня после операции была разрешена ходьба с помощью костылей с частичной опорой на оперированную конечность. Из стационара пациентка выписана на 7-й день. Назначены анальгетики в течение 12 дней после операции. Швы сняты через 21 день. При выписке назначена щадящая лечебная гимнастика в течение 6 нед. после операции. Спустя 6 нед. с момента операции разрешена ходьба с тростью, а также более интенсивные упражнения для увеличения амплитуды движений в оперированном суставе.

На контрольном осмотре через 3 мес. болевой синдром оценивался в 3 балла по VAS. Ночью и в покое боли не беспокоили. Пациентка могла пройти до 1 км, продолжала использовать в качестве опоры трость. Объем движений составил 0/0/80°, отмечалось ограничение активного разгибания около 10°. При рентгенологическом обследовании состояние эндопротеза оценивалось как удовлетворительное.

Спустя 12 мес. после операции болевой синдром отмечался только при значительных нагрузках. Пациентка передвигалась с помощью трости на расстояние более 3 км. Объем движений в коленном суставе немного увеличился и составил 0/0/95°. Сохранялся дефицит активного разгибания до 10°. На рентгенограммах признаки расшатывания эндопротеза или индивидуального имплантата не обнаружены, все компоненты стабильны (рис. 6). Спустя год после операции прослеживалась положительная функциональная динамика: результат по шкале KSS составил 69 баллов (удовлетворительный), по шкале WOMAC — 30 баллов (удовлетворительный), выраженность болевого синдрома по VAS — 1 балл.

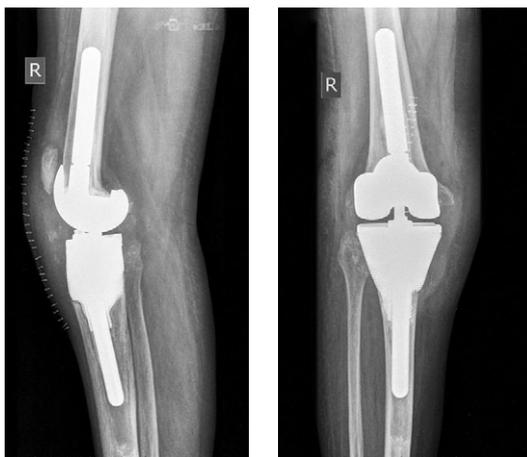


Рис. 6. Послеоперационные рентгенограммы коленного сустава в прямой и боковой проекциях с индивидуальным титановым аугментом

Fig. 6. Postoperative AP and lateral X-rays of the knee with individual titanium augment

Обсуждение

На сегодняшний день компенсация обширных костных дефектов остается актуальной проблемой. Продолжаются поиски оптимальных вариантов лечения, которые отвечали бы всем задачам ревизионной хирургии. Применяемые в клинической практике методики обладают как преимуществами, так и недостатками.

Одним из способов компенсации обширных дефектов является использование массивных аллотрансплантатов. С их помощью можно возместить практически любой объем утраченной костной ткани [7, 9]. Чаще всего для костной пластики при типе 3 дефектов по классификации AORI используют кортикально-губчатые структурные трансплантаты [9]. Аллотрансплантатами возможно практически полностью заместить имеющийся дефект кости с использованием относительно недорогого материала, что позволит нормализовать суставную линию и создать максимальную опору для имплантируемого эндопротеза [9]. Однако данная методика обладает рядом существенных недостатков, таких как возможность передачи трансмиссивных и инфекционных заболеваний, отсутствие остеоинтеграции на границе «нативная кость – аллотрансплантат», резорбция трансплантата, что приводит к нарушению стабильности эндопротеза [1, 19, 20, 21]. По данным разных исследований, десятилетняя выживаемость аллотрансплантатов составляет от 50 до 76% [22, 23].

Кроме того, имеются ограничения организационного характера — заготовка и хранение аллотрансплантатов связаны со значительными расходами, и не каждое учреждение располагает возможностью содержания собственного костного

банка. К тому же в российском законодательстве не до конца проработаны нормативы, которые регулировали бы процесс обмена этим биологическим материалом между учреждениями [24].

При значительной потере костной массы реэндопротезирование может быть выполнено с помощью мегапротезов у пациентов, не страдающих злокачественными новообразованиями костей. Данная металлоконструкция позволяет заместить значительный дефект, восстановить длину конечности и движения в суставе, за счет этого реабилитационный процесс протекает быстрее, осевые нагрузки на прооперированную конечность возможны уже в раннем послеоперационном периоде [9, 25]. Ввиду специфики показаний к установке (наличие онкозаболевания, а также высокой стоимости эндопротеза) опыт их использования у ортопедических пациентов со значительными костными дефектами весьма ограничен [24]. Кроме того, в российских специализированных центрах травматологии и ортопедии отсутствуют квоты на данный вид ревизионной хирургии, и онкологические имплантаты доступны только онкологическим больным. По данным литературы, мегапротезы имеют более высокий риск несостоятельности, чем стандартные эндопротезы коленного сустава в результате инфекционных осложнений, механических повреждений, расшатывания [26, 27]. Частота несостоятельности мегапротезов варьируется от 25 до 92% [27].

За прошедшие 5–7 лет накоплен определенный опыт использования двойных конусов и индивидуально изготовленных с помощью 3D-печати имплантатов. Обе техники позволяют компенсировать имеющийся костный дефект, восстановить уровень суставной линии. Осевая нагрузка на оперированную конечность возможна уже в раннем послеоперационном периоде [1]. Однако на сегодняшний день отсутствуют отдаленные результаты использования подобных металлоконструкций [18, 28]. К недостаткам двойных конусов можно отнести малую площадь контакта с нативной костью и высокую стоимость [29]. Кроме этого, для достижения первичной стабильности требуется выполнение дополнительных опилов и так уже скомпрометированной кости для формирования ложа имплантата [1]. Также использование конусов ограничено по формам и типоразмерам, что требует во время операции их тщательного подбора [1]. В случаях применения метода двойных конусов существует риск мальпозиции бедренного компонента ввиду сложности восстановления правильной ротации, а иногда и отсутствия возможности применения офсетных ножек [29]. При повторных операциях удаление данных компонентов достаточно затруднительно и может сопровождаться потерей костной массы [1].

Опыт использования индивидуальных имплантатов пока незначительный как в России, так и за рубежом [11, 18, 28]. Несмотря на то, что их применение требует более длительной предоперационной подготовки, стоимость конструкций ниже по сравнению с двойными конусами или мегапротезами [28]. Индивидуальный имплантат в полной мере соответствует костному дефекту, что, несомненно, облегчает работу хирурга по его установке и позволяет сохранить костную массу [11, 18]. Нельзя не отметить, что уровень соответствия имплантата геометрии имеющегося дефекта зависит от качества проведенного предоперационного планирования и опыта моделирования медицинских изделий подобного рода у инженера-проектировщика [18].

В представленном случае пациентке было выполнено шесть операций на правом коленном суставе, в том числе три — по поводу инфекционного процесса, потребовавшего хирургической обработки гнойного очага и установки спейсера. Выполненные операции закономерно привели к значительной потере костной массы. В случаях многократного рецидива инфекции и при значительном костном дефекте достаточно широко распространена практика выполнения артродеза [30, 31]. Результатом данной операции является отсутствие какой-либо артикуляции в коленном суставе, что негативно сказывается на качестве жизни пациента, однако при этом сохраняется опороспособность нижней конечности. Приняв во внимание преимущества и недостатки всех возможных методик при типе 3 костного дефекта по классификации AORI, было принято решение об установке индивидуального титанового имплантата, с помощью которого удалось сохранить не только опороспособность нижней конечности, но и артикуляцию в коленном суставе, даже при сохранении дефицита активного разгибания.

Об успешных результатах использования индивидуальных имплантатов у пациентки, перенесшей в анамнезе пять оперативных вмешательств на коленном суставе, сообщает G. Burastero с соавторами [32]. По данным рентгенологического исследования в предоперационном периоде, у больной был выявлен метафизарный остеолит большеберцовой и бедренной костей, соответствующий типу 3 по классификации AORI. Для восстановления функции коленного сустава были индивидуально изготовлены бедренный и большеберцовый компоненты и установлен шарнирный эндопротез. Авторы не сообщают об интраоперационных или послеоперационных осложнениях, возникших в течение двухлетнего периода наблюдения. Спустя 2 года с момента операции амплитуда движений в коленном суставе составила от 0 до 90°, оценка по опроснику KSS — 86 баллов, уро-

вень боли по VAS — 0 баллов. По результатам рентгенографии признаков миграции компонентов не было обнаружено. На наш взгляд, зарубежным коллегам удалось достичь более высоких функциональных результатов по сравнению с нашим клиническим наблюдением, поскольку в анамнезе был только один эпизод перипротезной инфекции, меньшее число последовательных хирургических вмешательств, что во многом определяет как уровень послеоперационной боли, так и перспективы возможной реабилитации и достигаемых функциональных результатов.

Авторский коллектив во главе с А.А. Черным представил свой опыт установки 26 индивидуально изготовленных аугментов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава при костных дефектах типов 2В и 3 по классификации AORI [24]. Какие-либо технические сложности при имплантации индивидуальных титановых аугментов отсутствовали. Авторами отмечено, что не возникло никаких осложнений в раннем послеоперационном периоде. По результатам рентгенографии признаки нестабильности компонентов отсутствовали. Через 18 мес. средние результаты по опроснику KSS составили 97,5 баллов, шкалам WOMAC — 16,5 и FJS-12 — 45,9. Полученные авторами результаты сходны с исходами, представленными в работе G. Burastero с соавторами [32]. Более того, в работе российских коллег приводятся успешные результаты операций у пациентов с различными типами костных дефектов коленного сустава, что говорит об эффективности применения имплантатов, изготовленных с помощью аддитивных технологий.

На основании приведенных примеров, а также собственного опыта использования индивидуально изготовленных металлоконструкций хотелось бы отметить отсутствие технических сложностей при их имплантации, а также сопряженных с ними компонентов официального эндопротеза. На наш взгляд, это является весомым преимуществом по сравнению с техническими особенностями применения методики двойных конусов.

Заключение

Таким образом, ревизионное эндопротезирование коленного сустава при наличии обширных костных дефектов может представлять сложную задачу. Одним из вариантов восполнения костных дефектов является установка индивидуально изготовленного имплантата. В представленном нами случае мы смогли добиться удовлетворительных результатов у пациентки со сложным анамнезом и обширными костными дефектами. Применение индивидуального имплантата помогло избежать артродезирования, сохранить опороспособность нижней конечности и артикуляцию в коленном

суставе. На наш взгляд, использование имплантатов, изготовленных с помощью 3D-технологий, является перспективным решением для компенсации дефектов типов 2В и 3 по классификации AORI.

Информированное согласие

Пациентка дала добровольное письменное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

Литература [References]

- Zanirato A., Formica M., Cavagnaro L., Divano S., Burastero G., Felli L. Metaphyseal cones and sleeves in revision total knee arthroplasty: two sides of the same coin? Complications, clinical and radiological results – a systematic review of the literature. *Musculoskelet Surg.* 2020;104(1):25-35. doi: 10.1007/s12306-019-00598-y.
- Kurtz S., Ong K., Lau E., Mowat F., Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 and projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(4):780-785. doi: 10.2106/JBJS.F.00222.
- Bae D.K., Song S.J., Heo D.B., Lee S.H., Song W.J. Long-term survival rate of implants and modes of failure after revision total knee arthroplasty by a single surgeon. *J Arthroplasty.* 2013;28(7):1130-1134. doi: 10.1016/j.arth.2012.08.021.
- Kohlhof H., Petershofer A., Randau T., Gravius S., Trieb K., Wirtz D.C. Use of a new modular revision arthroplasty system for the knee reconstruction. *Oper Orthop Traumatol.* 2020;32(4):309-328. doi: 10.1007/s00064-020-00669-5.
- Burastero G., Pianigiani S., Zanvettor C., Cavagnaro L., Chiarlone F., Innocenti B. Use of porous custom-made cones for meta-diaphyseal bone defects reconstruction in knee revision surgery: a clinical and biomechanical analysis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020;140(12):2041-2055. doi: 10.1007/s00402-020-03670-6.
- Shen C., Lichstein P.M., Austin M.S., Sharkey P.F., Parvizi J. Revision knee arthroplasty for bone loss: choosing the right degree of constraint. *J Arthroplasty.* 2014;29(1):127-131. doi: 10.1016/j.arth.2013.04.042.
- Бовкис К.Ю., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Компенсация дефектов метаэпифизов бедренной и большеберцовой костей при ревизионном эндопротезировании коленного сустава — способы и результаты их применения (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России.* 2016;22(2):101-113. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-101-113. Bovkis G.Yu., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. [Management of femur and tibia metaphyseal bone defects during revision total knee arthroplasty – methods and outcomes (review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;22(2):101-113. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-101-113.
- Mansuco F., Beltrame A., Colombo E., Miani E., Bassini F. Management of metaphyseal bone loss in revision knee arthroplasty. *Acta Biomed.* 2017;88(2S):98-111. doi: 10.23750/abm.v88i2-S.6520.
- Shafaghi R., Rodriguez O., Schemitsch E.H., Zalzal P., Waldman S.D., Papini M., Towler M.R. A review of materials for managing bone loss in revision total knee arthroplasty. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2019;104:109941. doi: 10.1016/j.msec.2019.109941.
- Divano S., Cavagnaro L., Zanirato A., Basso M., Felli L., Formica M. Porous metal cones: gold standard for massive bone loss in complex revision knee arthroplasty? A systematic review of current literature. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(6):851-863. doi: 10.1007/s00402-018-2936-7.
- Базлов В.А., Гуражев М.Б., Мамуладзе Т.З., Панченко А.А., Пронских А.А., Соловьев В.Ю. и др. Использование индивидуальных имплантатов в ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Современные проблемы науки и образования.* 2019;4. doi: 10.17513/spno.29130. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29130>. Bazlov V.A., Gurazhev M.B., Mamuladze T.Z., Panchenko A.A., Pronskih A.A., Solov'ev V.YU. et al. [The use of individual implants in revision total knee arthroplasty]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2019;4. doi: 10.17513/spno.29130. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29130>.
- Morgan-Jones R., Oussedik S.I., Graichen H., Haddad F.S. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2015;97-B(2):147-149. doi: 10.1302/0301-620X.97B2.34144.
- Kohlhof H., Randau T., Kehrer M., Wirtz D.C. Reconstruction of tibial metaphyseal defects with artificial components in revision arthroplasty (GenuX MK System). *Orthop Traumatol.* 2020;32(4):284-297. doi: 10.1007/s00064-020-00666-8.
- Calori G.M., Mazza E.L., Vaienti L., Mazzola S., Colombo A., Gala L. et al. Reconstruction of patellar tendon following implantation of proximal tibia megaprosthesis for the treatment of post-traumatic septic bone defects. *Injury.* 2016;47 Suppl 6:S77-S82. doi: 10.1016/S0020-1383(16)30843-9.
- Engh G.A., Parks N.L. The management of bone defects in revision total knee arthroplasty. *Instr Course Lect.* 1997;46:227-36.
- Lei P.F., Hu R.Y., Hu Y.H. Bone defects in revision total knee arthroplasty and management. *Orthop Surg.* 2019;11(1):15-24. doi: 10.1111/os.12425.
- Panegrossi G., Ceretti M., Papalia M., Casella F., Favetti F., Falez F. Bone loss management in total knee revision surgery. *Int Orthop.* 2014;38(2):419-427. doi: 10.1007/s00264-013-2262-1.
- Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Каземирский А.В., Бовкис Г.Ю., Стафеев Д.В., Черный А.А. и др. Методика двойных трабекулярных танталовых конусов как альтернатива аддитивным технологиям при ревизионном эндопротезировании коленного сустава (серия клинических наблюдений). *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(2):148-159. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-148-159. Kulyaba T.A., Kornilov N.N., Kazemirskiy A.V., Bovkis G.Yu., Stafeev D.V., Cherny A.A. et al. [Double Trabecular Tantalum Cones as an Alternative to Additive Technologies for Revision Knee Arthroplasty (A Case Series)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(2):148-159. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-148-159.
- Buck B., Murtha Y.M. The management of bone defects in periarticular knee injuries: a review article. *J Knee Surg.* 2017;30(3):194-199. doi: 10.1055/s-0037-1598076.
- Denehy K.M., Abhari S., Krebs V.E., Higuera-Rueda C.A., Samuel L.T., Sultan A.A., Metaphyseal fixation using highly porous cones in revision total knee arthroplasty:

- minimum two year follow up study. *J Arthroplasty*. 2019;34(10):2439-2443. doi: 10.1016/j.arth.2019.03.045.
21. Лычагин А.В., Пан Ч. Особенности различных методов замещения костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*. 2019;2:85-88.
Lychagin A.V., Pan Ch. [Features of various methods for replacing bone defects in revision arthroplasty of the knee joint]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki* [Modern Science: actual problems of theory and practice]. 2019;(2):85-88. (In Russian).
 22. Hilgen V., Citak M., Vettorazzi E., Haasper C., Day K., Amling M., et al. 10-year results following impaction bone grafting of major bone defects in 29 rotational and hinged knee revision arthroplasties. *Acta Orthop*. 2013;84:387-391. doi: 10.3109/17453674.2013.814012.
 23. Backstein D., Safir O., Gross A. Management of bone loss: structural grafts in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;446:104-112. doi: 10.1097/01.blo.0000214426.52206.2c.
 24. Черный А.А., Коваленко А.Н., Билык С.С., Денисов А.О., Каземирский А.В., Куляба Т.А. и др. Ранние результаты применения индивидуально изготовленных модульных конусов для замещения метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):9-18. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-9-18.
Cherny A.A., Kovalenko A.N., Bilyk S.S., Denisov A.O., Kazemirskiy A.V., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. [Early Outcomes of Patient-Specific Modular Cones for Substitution of Methaphysal and Diaphysal Bone Defects in Revision Knee Arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):9-18. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-9-18.
 25. Marczak D., Kowalczewski J., Czubak J., Okoń T., Synder M., Sibiński M. Short and mid term results of revision total knee arthroplasty with Global Modular Replacement System. *Indian J Orthop*. 2017;51(3):324-329. doi: 10.4103/0019-5413.205684.
 26. Pala E., Trovarelli G., Calabrò, Angelini A., Abati C.N., Ruggieri P. Survival of modern knee tumor megaprotheses: failures, functional results, and a comparative statistical analysis. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(3):891-899. doi: 10.1007/s11999-014-3699-2.
 27. Capanna R., Scocciati G., Frenos F., Vilardi A., Beltrami G., Campanacci D.A. What was the survival of megaprotheses in lower limb reconstructions after tumor resections? *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(3):820-830. doi: 10.1007/s11999-014-3736-1.
 28. Namin A.T., Jalali M.S., Vahdat V., Bedair H.S., O'Connor M.I., Kamarthi S., Isaacs J.A. Adoption of New Medical Technologies: The Case of Customized Individually Made Knee Implants. *Value Health*. 2019;22(4):423-430. doi: 10.1016/j.jval.2019.01.008.
 29. Rajgopal A., Panda I., Yadav S., Wakde O. Stacked Tantalum Cones as a Method for Treating Severe Distal Femoral Bone Deficiency in Total Knee Arthroplasty. *J Knee Surg*. 2019;32(9):833-840. doi: 10.1055/s-0038-1669789.
 30. Conway J.D. Knee Arthrodesis for Recurrent Periprosthetic Knee Infection. *JBJS Essent Surg Tech*. 2020;10(3):e19.00027. doi: 10.2106/JBJS.ST.19.00027.
 31. Байтов В.С., Мамуладзе Т.З., Базлов В.А. Возможности использования объемного моделирования и 3D печати с целью создания индивидуальных артродезирующих конструкций в ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016;12(7):1189-1193.
Baitov V.S., Mamuladze T.Z., Bazlov V.A. [The possibility of using three-dimensional modeling and 3D printing to create individual arthrodesis designs in revision arthroplasty of the knee joint]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research]. 2016;12(7):1189-1193. (In Russian).
 32. Burastero G., Cavagnaro L., Chiarlone F., Innocenti B., Felli L. A case report: custom made porous titanium implants in revision: a new option for complex issues. *Open Orthop J*. 2018;(12):525-535. doi: 10.2174/1874325001812010525. Available from: <https://openorthopaedicsjournal.com/VOLUME/12/PAGE/525/FULLTEXT/>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Зыкин Андрей Анатольевич — канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением Университетской клиники, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия
dr.zykin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6321-3631>

Герасимов Сергей Александрович — канд. мед. наук, заведующий ортопедическим отделением (взрослых) Университетской клиники, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия
gerasimoff@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3179-9770>

Морозова Екатерина Александровна — администратор Университетской клиники, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, г. Нижний Новгород, Россия
ekaterina.m.96@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7548-9398>

AUTHORS' INFORMATION:

Andrey A. Zykin — Cand. Sci. (Med.), Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia
dr.zykin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6321-3631>

Sergey A. Gerasimov — Cand. Sci. (Med.), Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia
gerasimoff@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3179-9770>

Ekaterina A. Morozova — Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia
ekaterina.m.96@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7548-9398>

Заявленный вклад авторов

Зыкин А.А. — разработка концепции и дизайна статьи, проведение оперативного вмешательства, написание текста статьи.

Герасимов С.А. — проведение оперативного вмешательства, редактирование текста статьи.

Морозова Е.А. — обзор публикаций по теме статьи, сбор и обработка материала, анализ 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.



Лечение гипотрофического псевдоартроза ключицы: клинический случай

О.А. Каплунов^{1,2}, С.А. Демкин², К.Ф. Абдуллаев²,
К.О. Каплунов¹

¹ ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», г. Волгоград, Россия

² АО «Многопрофильный медицинский центр», г. Волгоград, Россия

Реферат

Актуальность. До сих пор продолжается дискуссия о выборе технологии хирургического вмешательства при посттравматических псевдоартрозах ключицы. В последнее время популяризуется использование малоберцово-лоскутной реконструкции, однако неисчерпанным остается потенциал методик чрескостного остеосинтеза. **Описание клинического случая.** Пациент 70 лет в результате падения получил перелом средней трети диафиза левой ключицы. Он перенес 4 варианта хирургического лечения: накостный остеосинтез; накостный остеосинтез + аутопластика; накостный остеосинтез + малоберцово-лоскутная реконструкция; чрескостный остеосинтез. Спустя месяц после четвертой попытки оперативного лечения были достигнуты сращение, улучшение функции правой верхней конечности и качества жизни пациента. Возможными причинами неудач предпринимаемых лечебных мероприятий могут быть технологические погрешности, а именно недостаток стабильности фиксации фрагментов из-за неверно избранной длины металлоконструкции, неполноценная оценка анамнеза и выявленные когнитивно-поведенческие особенности больного. **Заключение.** Попытки оперативного лечения с использованием погружных конструкций в сочетании с костной аутопластикой, включая кожно-костные аутотрансплантаты, не всегда обеспечивают достижение сращения переломов ключицы. В подобных ситуациях целесообразно воспользоваться потенциалом методик чрескостного остеосинтеза с подбором обоснованной компоновки конструкции.

Ключевые слова: реконструкция ключицы, ложный сустав, погружной остеосинтез, микрохирургия, чрескостный остеосинтез.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Каплунов О.А., Демкин С.А., Абдуллаев К.Ф., Каплунов К.О. Лечение гипотрофического псевдоартроза ключицы: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):111-118. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-111-118>.

Cite as: Kaplunov O.A., Demkin S.A., Abdullaev K.F., Kaplunov K.O. [Hypotrophic Clavicle Pseudoarthrosis Treatment: a Case Report]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):111-118. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-111-118>.

Каплунов Кирилл Олегович / Kirill O. Kaplunov; e-mail: kkaplunovtmss@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 26.04.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 08.07.2021.



Hypotrophic Clavicle Pseudoarthrosis Treatment: a Case Report

Oleg A. Kaplunov^{1,2}, Sergey A. Demkin², Kamil F. Abdullaev², Kirill O. Kaplunov¹

¹ Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

² Multidisciplinary Medical Center, Volgograd, Russia

Abstract

Background. The treatment of post-traumatic of the clavicle false joint remains a subject of discussion regarding the technology of the surgical intervention. Recently, the use of vascularized fibular flap reconstruction technique has been popularized, but the potential of the external osteosynthesis remains relevant. **Clinical case description.** A 70-year-old patient got a fracture of the middle third of the left clavicle diaphysis as a result of a fall. He underwent four surgical treatment options: plate osteosynthesis; plate osteosynthesis + bone autoplasty; plate osteosynthesis + vascularized fibular flap reconstruction; external osteosynthesis. A month after the fourth attempt of surgical treatment, fusion, improvement of the function of the right upper limb and the quality of life of the patient were achieved. Technological inaccuracy, namely, the lack of the fragments fixation stability due to the incorrectly chosen length of the plate, as well as an incomplete assessment of the anamnesis and the identified cognitive – behavioral features of the patient, are considered as possible reasons for the treatment failure. **Conclusion.** Attempts of surgical treatment using plates in combination with bone autoplasty, including vascularized skin-bone flaps, do not always ensure the achievement of clavicle fractures fusion. In such situations, it is advisable to use the potential of external osteosynthesis with the reasonable planning.

Keywords: clavicle reconstruction, pseudoarthrosis, plate osteosynthesis, microsurgery, transosseous osteosynthesis.

Funding: state budgetary funding.

Введение

Переломы ключицы (код по МКБ-10 S42.0) входят в десятку наиболее частых повреждений костей скелета и составляют от 3 до 17% в общей структуре травм. Основной контингент пострадавших составляют лица трудоспособного возраста, гендерное соотношение — 2:1 в пользу мужчин [1].

Среди методов лечения переломов ключицы со смещением отломков наиболее распространен накостный остеосинтез. При возможности точного сопоставления фрагментов и стабильной фиксации отломков методика предполагает широкое обнажение кости, что значительно ухудшает ее питание, снижает репаративный потенциал и увеличивает риск развития осложнений, в том числе замедленной консолидации отломков с формированием ложного сустава. По данным литературы, частота подобных осложнений составляет 4,5–7,7%, и их лечение представляет значительные трудности [2]. Необходимость удаления нежизнеспособных фрагментов костной ткани и в то же время сохранения анатомической длины ключицы обуславливают показания к применению реконструктивных методов лечения. Широко распространенный метод замещения

дефектов ауто-/аллотрансплантатом или костной стружкой (в том числе в сочетании с остеоиндуктивными материалами) долгое время оставался методом выбора, однако нередко его применение также заканчивалось неудачей в связи с заведомо скомпрометированным кровоснабжением в зоне дефекта.

В этой связи в последние десятилетия в подобных случаях, а также при дефиците кости после резекции воспалительных очагов и опухолей, все чаще выполняют микрохирургическую реконструкцию, основным преимуществом которой остается независимое кровоснабжение трансплантируемых комплексов тканей [3, 4, 5]. Впервые описанный еще в 1975 г. малоберцовый лоскут (МБЛ) быстро завоевал широкую популярность и по сегодняшний день широко используется для микрохирургической реконструкции при дефектах большинства трубчатых костей, нижней и верхней челюстей [6, 7, 8]. Однако несмотря на определенную популярность, в зарубежной и отечественной литературе имеются лишь немногочисленные описания применения МБЛ при псевдоартрозе ключицы [9]. Не определены детали микрохирургической пластики малоберцовым костно-кожно-фасциальным лоскутом, в том чис-

ле выбор и техника выделения реципиентных сосудов, формирование и фиксация лоскута, особенности мониторинга и др., а также дальнейшая тактика лечения в случае неудачи.

Цель публикации — на примере клинического наблюдения показать возможности чрескостного остеосинтеза при лечении коморбидных пациентов пожилого возраста с несращениями переломов ключицы.

Клиническое наблюдение

Пациент 70 лет в марте 2018 г. в результате падения получил перелом средней трети диафиза левой ключицы. В течение четырех месяцев он проходил консервативное лечение в амбулаторных условиях, закончившееся формированием несращения (рис. 1 а).

В одном из стационаров города был выполнен накостный остеосинтез левой ключицы пластиной АО 1/3 трубки с угловой стабильностью в сочетании со серкляжным швом (рис. 1 б).

Спустя 4 мес. после подъема тяжести пациент почувствовал резкую боль в области оперативного вмешательства. После проведения контрольной рентгенографии диагностированы несращение ключицы и перелом металлоконструкции (рис. 2).

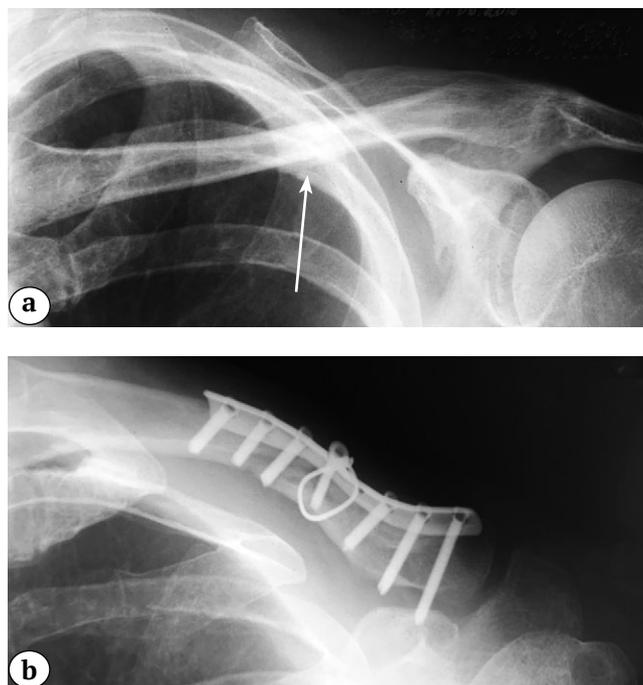


Рис. 1. Рентгенограмма ключицы пациента:

- а — при поступлении;
- б — после накостного остеосинтеза

Fig. 1. X-ray of the patient's clavicle:
а — at admission;
б — after plate osteosynthesis



Рис. 2. Рентгенограмма через 4 мес. после операции: несращение ключицы и перелом металлоконструкции

Fig. 2. X-ray 4 months after surgery: non-union of the clavicle fragments and hardware fracture

В другом стационаре пациент вновь был оперирован: выполнен накостный остеосинтез с использованием костной аутокрошки из большеберцовой кости. Спустя 10 мес., несмотря на попытки медикаментозной и PRP-стимуляции остеогенеза, сформировался гипотрофический ложный сустав левой ключицы (рис. 3).

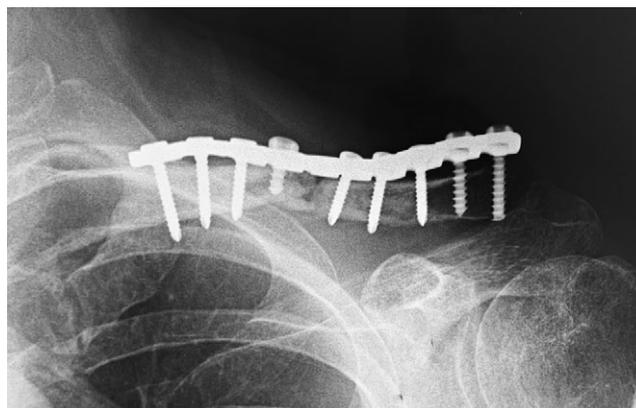


Рис. 3. Рентгенограмма через 10 мес. после реостеосинтеза: гипотрофический ложный сустав левой ключицы

Fig. 3. X-ray 10 months after reosteosynthesis: hypotrophic false joint of the left clavicle

Пациент обратился в наш центр. На момент осмотра предъявлял жалобы на умеренные боли в области пластины, объем движений в левом плечевом суставе был ограничен: сгибание составило 150°, разгибание — 40°, отведение — 110° по В.О. Марксу (1978). Пальпация тканей в области левой ключицы оказалась болезненной. Значительно снизилось качество жизни. Оценка по шкале SF-36 составила 37 баллов. Из сопутствующей патологии у пациента отмечены распространенный атеро-

склероз артерий, подтвержденный УЗИ сосудов; ишемическая болезнь сердца, осложнившаяся острым коронарным синдромом в 1996 г.

На КТ определены замыкательные пластинки костных каналов с истончением концов отломков. Таким образом, верифицирован гипотрофический ложный сустав. Учитывая анамнез и выявленные особенности локальной ситуации, принято решение о лоскутно-костнопластической реконструкции ключицы с использованием микрохирургической техники. Роль питающих сосудов отведена системе поперечной артерии шеи и поверхностных яремных вен. После соответствующей подготовки, согласно требованиям отечественных и международных стандартов, 03.12.2019 г. пациент был прооперирован.

Параллельно верхнему краю ключицы выполнен разрез длиной 15 см, из которого удалена металлоконструкция. Иссечен рубец, выполнена резекция концов отломков до появления «кровяной росы», при этом сформировался диастаз на

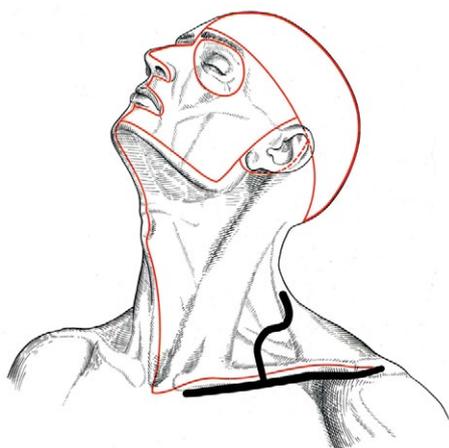


Рис. 4. Комбинированный доступ к ключице
Fig. 4. Combined approach to the clavicle

протяжении 4,5 см. Из S-образного разреза вдоль заднего края кивательной мышцы выделены реципиентные сосуды *a. et v. transversus colli* (рис. 4). Пульсация артерии состоятельна, вена функционировала на видимом протяжении.

После маркировки под контролем УЗИ при помощи ручного УЗ-доплера перфорантных сосудов классическим передним доступом сформирован лоскут с сохранением *a. et v. tibialis anterior* и *n. fibularis profundus*. Выполнена двойная остеотомия малоберцовой кости (на 6 см ниже головки малоберцовой кости и на 6 см выше латеральной лодыжки). После выделения и перевязки дистального участка *a. et v. peroneus* мобилизован трансплантируемый фрагмент кости вместе с мышечной манжетой из *m. flexor hallucis longus* и *m. tibialis posterior*. Перонеальный сосудистый пучок выделен и отсечен у бифуркации с задними большеберцовыми сосудами. Произведена адаптация костно-мышечно-кожного лоскута в зоне дефекта, при этом имплантировано 5,2 см кости для создания эффекта «распорки» с умеренной компрессией на стыках с концами матричных фрагментов. Отломки фиксированы реконструктивной пластиной с угловой стабильностью. Анастомозы сосудов лоскута с *a. et v. transversa colli* выполнены по типу «конец-в-конец» (рис. 5). Пуск кровотока — без особенностей, отмечены кровотоочивость кости и мышечной манжеты, а также убедительные признаки кровообращения в сигнальной кожной площадке.

После наложения швов на рану над резиновым выпускником конечность иммобилизована на 8-й нед. в ортезе с отводящей шиной. Ранний и отдаленный послеоперационные периоды протекали без осложнений. После снятия ортеза пациент приступил к реабилитации в объеме ЛФК и физиолечения с учетом особенностей реконструктивно-го вмешательства.

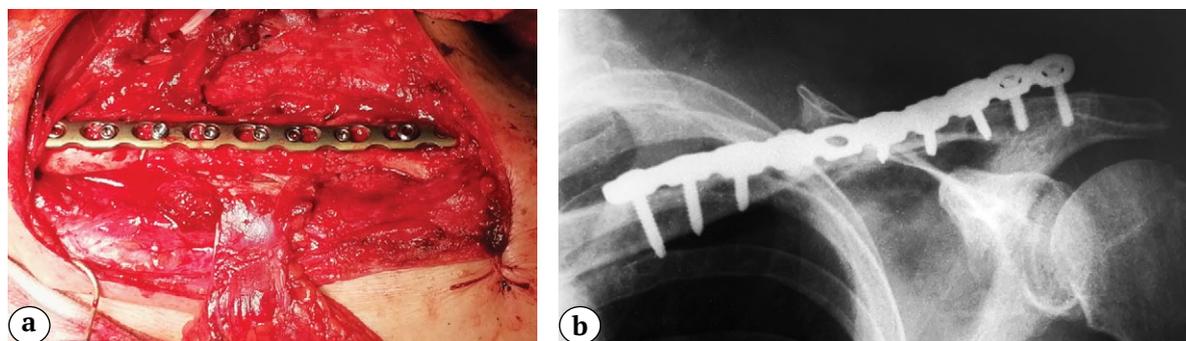


Рис. 5. Вид раны на завершающем этапе операции (a) и контрольная рентгенограмма (b)
Fig. 5. View of the surgical wound at the final stage (a) and control X-ray (b)

Через 4,5 мес. после операции во время занятия ЛФК пациент почувствовал резкую боль в области левой ключицы. При осмотре выявлены сигнальный кожный лоскут с сохранным кровоснабжением, умеренный отек средней трети ключицы и микроподвижность на ее протяжении. На рентгенографии обнаружены перелом пластины и несращение в зоне проксимального контакта трансплантата с матричным фрагментом при очевидных признаках консолидации дистального синостоза (рис. 6).

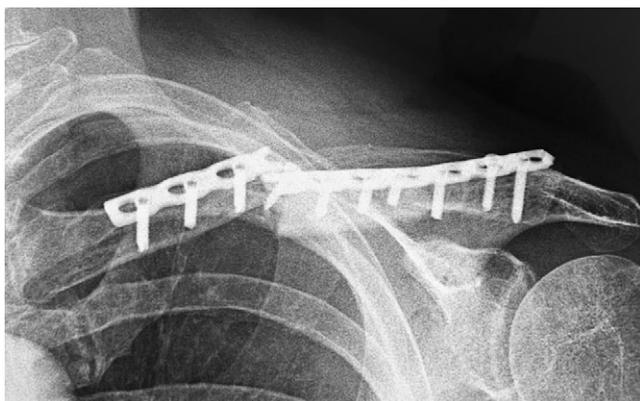


Рис. 6. Рентгенограмма при повторном обращении: перелом пластины и несращение в зоне проксимального контакта трансплантата с матричным фрагментом, признаки консолидации дистального синостоза

Fig. 6. X-ray at follow-up: plate fracture and non-union in the area of proximal contact of the graft with the matrix fragment, signs of distal synostosis consolidation

Столь упорные неудачи предшествующих этапов, включая наше первое вмешательство, потребовали дополнительного осмысления ситуации. Был проведен анализ технических и организационных моментов. Углубленный опрос пациента выявил некоторые особенности поведенческих паттернов. В частности, пациент упомянул навязчивый двигательный стереотип «почесывания» поясничной зоны спины именно левой кистью. На основе сделанных выводов, наряду с тактикой длительной иммобилизации конечности на отводящей шине, было решено выполнить ЧКО ключицы в виде комбинированного напряженного остеосинтеза (КНО) со своеобразной компоновкой конструкции, предложенной Л.Н. Соломиным с соавторами [10]. Выбор этой методики был основан на стремлении максимально сократить травматизм вмешательства для сохранения достигнутой консолидации в дистальном стыке трансплантата и созданной в результате лоскутно-пластического этапа новой сети кровоснабжения зоны несращения.

Преследуя эту цель, 21.05.2021 г. под наркозом мы удалили пластину из доступа по старому послеоперационному рубцу, причем сигнальный лоскут кожи с учетом топографии сосудистого анастомоза обошли сверху. Затем, освежив концы отломков псевдоартроза и максимально репонировав их *ad oculum*, со стороны акромиального конца в ключицу по ее длиннику провели спицу диаметром 2 мм, конец которой перфорировал кортикальный слой проксимального отломка и кожу вблизи грудино-ключичного сочленения. Из небольшого разреза мягких тканей над ним осуществлен загиб короткого свободного перовидно заточенного конца на 270° с погружением острия в ткань ключицы. Таким образом был создан «якорь» на проксимальном отломке для последующей компрессии на стыке его с трансплантатом. Свободный конец спицы со стороны акромиального конца кости зафиксировали в стержне-«тягуне» аппарата Илизарова, который смонтировали к опорной системе. Последняя представляла собой консольную планку на 4 отверстия из комплекта аппарата, фиксированную на двух самонарезных стержнях, введенных в акромиальный отломок. Такая компоновка за счет тяги спицы к акромиальной опоре позволила создать компрессию на стыке отломков ключицы на операционном столе и поддерживать ее в последующем (рис. 7).

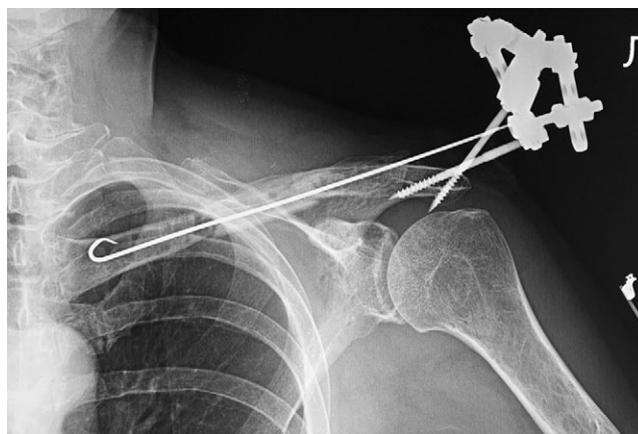


Рис. 7. Рентгенограмма после КНО ключицы
Fig. 7. X-ray after clavicle combined external osteosynthesis

Послеоперационный период протекал без осложнений. С учетом предыдущих неудач иммобилизацию конечности в ортезе с отводящей шиной было решено осуществлять до появления очевидных рентгенологических признаков консолидации, но не менее 3 мес. Кроме того, с учетом возраста пациента и остеопении, зафиксированной в ходе предоперационного обследования на остеоденситометрии, проводилась фармакологическая поддержка остеогенеза назначением таб-

летированных форм алендроновой кислоты и остеогенона в возрастнo-весовой дозировке. Через 3 дня начата ЛФК суставов кисти и пальцев, через 3 нед. — пассивно-активная разработка локтевого сустава в ортезе.

Через 4,5 мес. возникло воспаление тканей у стержней акромиальной опоры с потерей стабильности фиксации, в связи с чем опора была демонтирована, а спица «перекушена» над кожей (рис. 8а). После дообследования дистальный конец спицы под внутривенным наркозом из небольшого разреза был погружен в акромиальный конец ключицы, таким образом спица осталась армирующим элементом обеих зон сращения. После заживления раны первичным натяжением пациент приступил к комплексной реабилитации, включа-

ющей пассивно-активную ЛФК и ФТЛ по индивидуальной программе.

При осмотре через 4 мес. после выписки из стационара пациент жалоб не предъявлял, мог выполнять бытовую деятельность в полном объеме. Объем движений в плечевом суставе возрос: отведение — 85° , передняя девиация — 90° , задняя — 45° по В.О. Марксу. Мышечная сила движений составляла 3,5–4 баллов. Рентгенологически сращение подтверждено, увеличилась плотность костного регенерата в зоне сращения (рис. 8б).

Субъективно пациент достигнутым результатом доволен, а положительная динамика качества жизни через месяц после выписки из стационара по шкале SF-36 выросла на 40 баллов и достигла 75 баллов.

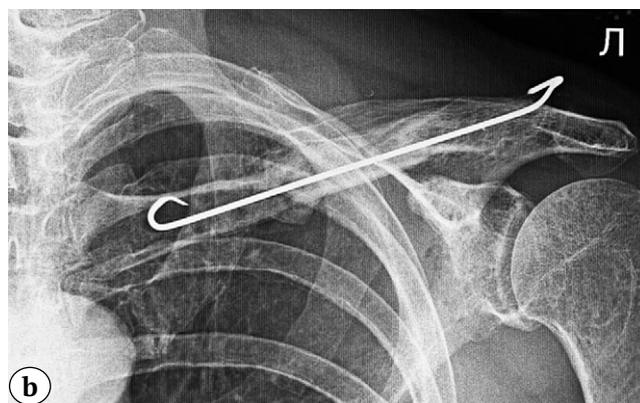
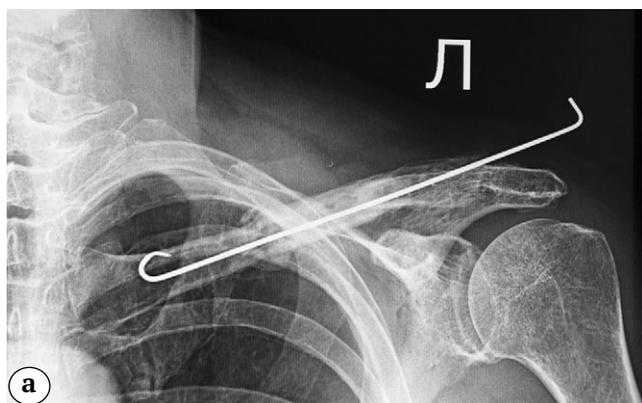


Рис. 8. Рентгенограммы ключицы после демонтажа акромиальной опоры (а) и окончательного этапа лечения (б)
Fig. 8. X-ray of the clavicle after the removal of the acromial module (a) and the final stage of treatment (b)

Обсуждение

В реабилитации пациентов с псевдоартрозами ключицы хирургический метод лечения до настоящего времени считается ведущим, однако тактико-технические подходы к нему остаются предметом дискуссии. Причиной этого являются как анатомические особенности чрезвычайно подвижной кости — единственного связующего звена пояса верхней конечности с туловищем, так и лечебные задачи — реконструкция и стабильная фиксация фрагментов, решение которых возможно различными способами. Наиболее часто рассматриваются методики погружного остеосинтеза в сочетании со свободной алло- или аутопластикой, в том числе кровоснабжаемыми трансплантатами [6, 7, 8, 9].

В представленном случае пациент 72 лет был поликоморбидным и ранее перенес два неэффективных вмешательства. При его обращении в нашу клинику наличие костного дефекта в зоне несращения не оставляло сомнений в скомпрометированности и несостоятельности кровообращения в ключице. Одним из наиболее эффективных в подобной ситуации методов принято считать рекон-

струкцию свободным кожно-костным лоскутом на сосудистой ножке. Известно, что кровообращение такого трансплантата практически не зависит от состояния реципиентных тканей. Выполнение подобных вмешательств требует значительного операционного времени и сложного анестезиологического пособия. Однако при достаточной подготовке и детальном планировании вмешательства вероятность успеха составляет не менее 90–92% [11]. Свою лепту в достижение положительного результата вносит организация мультибригадной работы хирургов.

Стоит отметить, что опасности, связанные с длительным анестезиологическим пособием, необходимо исключить в первую очередь. Дополнительно внимание следует уделять достаточности инфузии и использованию антикоагулянтов. Также необходима консультация ангиохирурга для снижения рисков использования малоберцового трансплантата в качестве пластического материала. Все эти и другие факторы должны быть учтены и взяты под контроль до вмешательства. В ходе операции нами использовались стандартные протоколы

- systematic review and meta-analysis of the observational studies. *J Craniomaxillofac Surg.* 2019;47(4):629-641. doi: 10.1016/j.jcms.2019.01.037.
9. Bentley T.P., Hosseinzadeh S. Clavicle Fractures. [Updated 2020 Nov 18]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507892/?report=classic>.
10. Основы чрескостного остеосинтеза. Под. ред. Л.Н. Соломина. Москва: БИНОМ; 2015. Т. 2. С. 978. [Fundamentals of transosseous osteosynthesis]. Ed. by L.N. Solomin. Moscow: BINOM; 2015. Vol. 2. P. 978. (In Russian).
11. Afridi N.S., Paletz J.L., Morris S.F. Free flap failures: what to do next? *Canad J Plastic Surg.* 2000;8(1):30-32. doi: 10.1177/229255030000800103.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Каплунов Олег Анатольевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; руководитель Центра травматологии и ортопедии, АО «Многопрофильный медицинский центр», г. Волгоград, Россия
e-mail: volortho@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6634-4162>

Демкин Сергей Анатольевич — канд. мед. наук, ведущий хирург Центра травматологии и ортопедии, АО «Многопрофильный медицинский центр», г. Волгоград, Россия
e-mail: demkin@vlg.sovamed.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2914-5807>

Абдуллаев Камиль Фирудинович — канд. мед. наук, пластический и челюстно-лицевой хирург, АО «Многопрофильный медицинский центр», г. Волгоград, Россия
e-mail: drabdullaekamil@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5984-5049>

Каплунов Кирилл Олегович — канд. мед. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Волгоград, Россия
e-mail: kkaplunovtmss@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4758-917X>

Заявленный вклад авторов

Каплунов О.А. — участие в лечении, сбор, анализ и интерпретация полученных данных, написание и редактирование текста статьи, утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

Демкин С.А. — участие в лечении, сбор, анализ и интерпретация полученных данных, написание и редактирование текста статьи.

Абдуллаев К.Ф. — участие в лечении, сбор, интерпретация полученных данных.

Каплунов К.О. — анализ и интерпретация полученных данных, написание и редактирование 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.

AUTHORS' INFORMATION:

Oleg A. Kaplunov — Dr. Sci. (Med.), Volgograd State Medical University; Multidisciplinary Medical Center, Volgograd, Russia
e-mail: volortho@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6634-4162>

Sergey A. Demkin — Cand. Sci. (Med.), Multidisciplinary Medical Center, Volgograd, Russia
e-mail: demkin@vlg.sovamed.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2914-5807>

Kamil F. Abdullaev — Cand. Sci. (Med.), Multidisciplinary Medical Center, Volgograd, Russia
e-mail: drabdullaekamil@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5984-5049>

Kirill O. Kaplunov — Cand. Sci. (Med.), Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia
e-mail: kkaplunovtmss@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4758-917X>



Основные тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2020 г.

И.И. Шубняков¹, А. Риахи², А.О. Денисов¹, А.А. Корыткин³, А.Г. Алиев¹, Е.В. Вебер¹, Ю.В. Муравьева¹, А.П. Серeda¹, Р.М. Тихилов¹

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

² ООО «Медицентр ЮЗ», г. Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Реферат

Данная публикация является официальным отчетом, описывающим все операции тотального эндопротезирования (ТЭП) тазобедренного сустава (ТБС), зарегистрированные в базе данных с 01.01.2007 по 31.12.2020 г. За этот период было выполнено 74762 операции: 67019 (89,64%) первичных и 7743 (10,36%) ревизионных. Доля пациентов мужского и женского пола при первичном ТЭП составила 41,1% и 59,0% соответственно. Возраст пациентов при первичном ТЭП в среднем составил 57,8 лет (95% ДИ от 57,7 до 57,9), при ревизионном — 59,3 лет (95% ДИ от 59,0 до 59,6). Абсолютное число операций первичного ТЭП ТБС, внесенных в базу регистра, ежегодно увеличивалось с 2007 по 2012 г. С 2015 г. наблюдается тенденция к постепенному уменьшению числа ТЭП ТБС в связи с более интенсивным ростом выполняемых ревизионных артропластик коленного сустава. Количество ревизионных операций колеблется от года к году с явной тенденцией к увеличению, за исключением 2020 г. Большая доля ревизий приходится на ранние ревизии, выполненные в первые годы после первичного ТЭП ТБС, а также на ранние ревизии. Основными типами фиксации эндопротезов при первичном ТЭП в течение отчетного периода являлись бесцементная (50,89%) и гибридная (32,33%). У пациентов старших возрастных групп отмечается значительное уменьшение доли бесцементной фиксации, при этом нарастают доли гибридных, реверс-гибридных и цементруемых конструкций. Отмечаются значительные колебания в соотношениях различных по типу фиксации имплантатов в разные годы.

Ключевые слова: тазобедренный сустав, первичное эндопротезирование, ревизионное эндопротезирование, регистр эндопротезирования.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Шубняков И.И., Риахи А., Денисов А.О., Корыткин А.А., Алиев А.Г., Вебер Е.В., Муравьева Ю.В., Серeda А.П., Тихилов Р.М. Основные тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2020 г. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3): 119-142. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142>.

Cite as: Shubnyakov I.I., Riahi A., Denisov A.O., Korytkin A.A., Aliyev A.G., Veber E.V., Muravyeva Yu.V., Sereda A.P., Tikhilov R.M. [The Main Trends in Hip Arthroplasty Based on the Data in the Vreden's Arthroplasty Register from 2007 to 2020]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):119-142. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142>.

✉ Шубняков Игорь Иванович / Igor I. Shubnyakov; e-mail: shubnyakov@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 01.08.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 07.09.2021.

© Шубняков И.И., Риахи А., Денисов А.О., Корыткин А.А., Алиев А.Г., Вебер Е.В., Муравьева Ю.В., Серeda А.П., ТИХИЛОВ Р.М., 2021



The Main Trends in Hip Arthroplasty Based on the Data in the Vreden's Arthroplasty Register from 2007 to 2020

Igor I. Shubnyakov¹, Aymen Riahi², Alexey O. Denisov¹, Andrey A. Korytkin³, Alisagib G. Aliyev¹, Evgeniy V. Veber¹, Yulia V. Muravyeva¹, Andrey P. Sereda¹, Rashid M. Tikhilov¹

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

² Medicenter YuZ, St. Petersburg, Russia

³ Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsvivan», Novosibirsk, Russia

Abstract

This publication is the official report describing all total hip arthroplasty procedures registered in the database from 01.01.2007 to 31.12.2020. During this period, 74762 operations were performed: 67019 (89.64%) primary and 7743 (10.36%) revision. The proportion of males and females underwent primary arthroplasty was 41.1% and 59.0%, respectively. The age of patients with primary arthroplasty was 57.8 years (95% CI from 57.7 to 57.9), with revision — 59.3 years (95% CI from 59.0 to 59.6). The absolute number of primary hip arthroplasty procedures added into the database increased annually from 2007 to 2012. Since 2015, there has been a trend towards a decrease in the number of hip arthroplasty, due to the more intensive growth in the number of knee replacements performed. The number of revision hip arthroplasty operations varies from year to year with a clear tendency to increase, except 2020. The large proportion of revisions are accounted for by “early” revisions performed in the first years after primary hip arthroplasty, as well as “early” re-revisions. The main types of implants fixation on primary arthroplasty during the reporting period were cementless (50.89%) and hybrid (32.33%). In patients of older age groups, there is a significant decrease in the proportion of cementless fixation, while the proportion of hybrid, reverse hybrid and cemented structures is increasing. There are significant fluctuations in the ratio of different types of implants fixation in different years.

Keywords: hip joint, primary arthroplasty, revision arthroplasty, arthroplasty register.

Funding: state budgetary funding.

Введение

Количество операций эндопротезирования (ЭП) тазобедренного сустава (ТБС) во всем мире ежегодно увеличивается. Согласно данным опроса, проведенного Национальным медицинским исследовательским центром травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена), в 2019 г. в Российской Федерации было выполнено более 88,5 тыс. первичных и ревизионных замен тазобедренного сустава. Таким образом, распространенность ЭП ТБС составила 61,3 на 100 тыс. населения. Это значительно меньше, чем в развитых европейских странах, но в 1,4 раза больше, чем в 2015 г. в РФ [1]. Значительно расширить количество и географию первичных вмешательств позволил перевод этих операций в систему ОМС, вследствие чего к выполнению эндопротезирования подключились новые центры, и в 2019 г. 70,5% первичных ЭП ТБС было выполнено в субъектовых и частных медицинских организациях. Столь значительные объемы вмешательств требуют оценки тенденций, наблюдаемых в первичном и ревизионном эндопротезировании ТБС, что возможно только при анализе больших массивов данных.

Электронная версия регистра эндопротезирования ТБС НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена функционирует с 2006 г. В первый год в базу данных в тестовом режиме вносились только отдельные случаи эндопротезирования. С 2007 г. регистрации подлежат все пациенты, которым выполнялось первичное или ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава в отделениях центра, специализирующихся на оказании этого вида помощи. С 2011 г. регистр функционирует на новой интернет-платформе с возможностью внесения данных с удаленного доступа и обязателен для заполнения во всех отделениях центра. С 2013 г. к заполнению базы данных присоединились еще несколько медицинских организаций Российской Федерации, что позволило существенно расширить географию оперируемых пациентов. Однако к настоящему времени опубликовано только четыре работы, основанные на данных регистра [1, 2, 3, 4].

Настоящая публикация является официальным отчетом, в котором отражены все операции ЭП ТБС, зарегистрированные в базе данных с 01.01.2007 по 31.12.2020 г.

На момент проведения анализа в базе данных регистра ЭП ТБС НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена было внесено 74762 записи с 2007 по 2020 г. При этом

первичное ЭП ТБС зарегистрировано в 67019 (89,64%) случаях, а ревизионное — в 7743 (10,36%) случаях (табл. 1).

Таблица 1

Распределение записей в регистре по годам

Год	Первичное эндопротезирование		Ревизионное эндопротезирование		Всего	
	n	%	n	%	n	%
2007	1335	88,18%	179	11,82	1514	100
2008	1566	87,53%	223	12,47	1789	100
2009	1760	89,52%	206	10,48	1966	100
2010	2124	88,24%	283	11,76	2407	100
2011	2258	83,72%	439	16,28	2697	100
2012	2623	84,75%	472	15,25	3095	100
2013	4961	90,36%	529	9,66	5490	100
2014	6321	92,24%	532	7,78	6853	100
2015	8354	93,52%	579	6,50	8933	100
2016	8177	91,04%	805	8,96	8982	100
2017	8025	90,30%	862	9,68	8887	100
2018	8089	88,75%	1025	11,25	9114	100
2019	7819	88,99%	967	11,02	8786	100
2020	3605	84,98%	637	15,02	4242	100
Итого	67019	89,64%	7743	10,36	74762	100

Общая структура операций эндопротезирования тазобедренного сустава

Абсолютное число операций первичного эндопротезирования ТБС, внесенных в базу регистра, ежегодно увеличивалось с 2007 по 2012 г., отражая растущие объемы высокотехнологичной помощи. С 2013 по 2015 г. отмечается резкое увеличение регистрируемых случаев, связанное с включением в регистр новых медицинских организаций. Затем наблюдается тенденция к постепенному уменьшению числа ЭП ТБС, зависящему от более интенсивного роста количества случаев замены коленного сустава, наблюдаемого в федеральных

центрах высокотехнологичной помощи, что ведет к некоторому уменьшению доли ЭП ТБС. В 2020 г. произошло резкое снижение числа выполненных операций ЭП ТБС, связанное с исключением ряда медицинских организаций из процесса оказания специализированной, в том числе высокотехнологичной травматолого-ортопедической помощи вследствие перепрофилирования коек для приема пациентов с новой коронавирусной инфекцией SARS-CoV-2 (COVID-19). При этом количество ревизионных операций ЭП ТБС колеблется от года к году с явной тенденцией к увеличению абсолютного числа случаев за исключением 2020 г. (рис. 1).

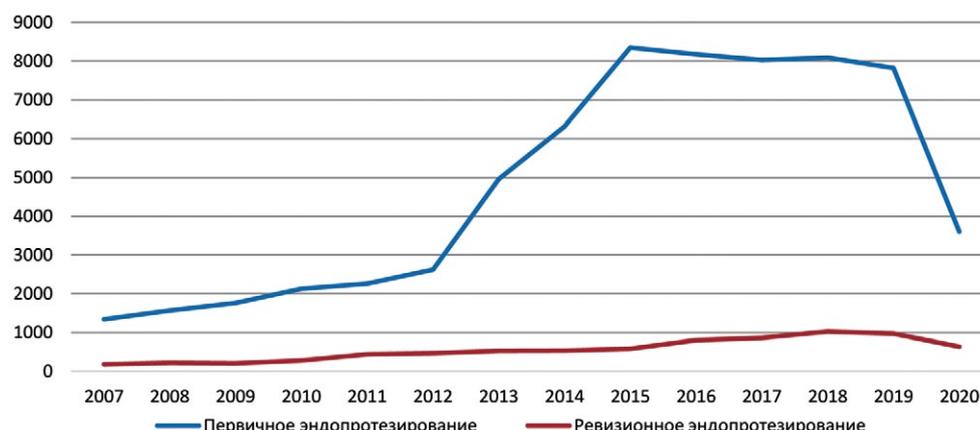


Рис. 1. Динамика внесения данных в регистр артропластики тазобедренного сустава с 2007 по 2020 г.
Fig. 1. Dynamics of data entry into the hip arthroplasty register from 2007 to 2020

Распределение вносимых данных по медицинским организациям

Из общего числа зарегистрированных случаев ЭП ТБС внесено НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена 32 623 записи (50,52%), ФЦТОЭ (г. Чебоксары) 17 368 записей (23,32%), ФЦТОЭ (г. Барнаул) 10 570 случаев (14,19%), ФЦТОЭ (г. Смоленск) 6375 (8,56%) записей и другие медицинские организации разного уровня – 2539 наблюдений (3,41%).

К другим медицинским учреждениям относятся (в порядке убывания объема внесенных данных): ГАУЗ ЯО «Клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьева» (г. Ярославль), ООО «Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр» (г. Нижний Тагил), ФГБУ «Федеральный центр высоких медицинских

технологий» Минздрава России (г. Калининград), ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России (г. Санкт-Петербург), ФГБУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (г. Иркутск), Первый Санкт-Петербургский медицинский университет им. И.П. Павлова (г. Санкт-Петербург), ГУЗ «Городская клиническая больница № 3» (г. Волгоград), ФГБНУ «Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой» (г. Москва).

Соотношение первичного и ревизионного эндопротезирования ТБС в представленных организациях было различным, соответственно доли внесенных записей также были разными для первичного и ревизионного ЭП ТБС (рис. 2).

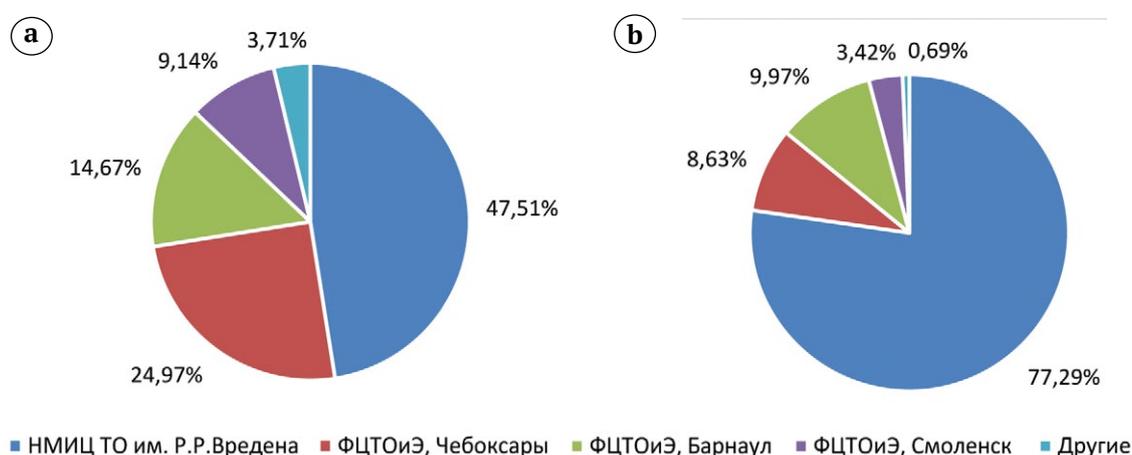


Рис. 2. Распределение медицинских организаций по количеству внесенных случаев в базу регистра артропластики: а – первичного ЭП ТБС; б – ревизионного ЭП ТБС

Fig. 2. Distribution of medical centers by the number of cases entered into the database of the arthroplasty register: а – primary hip arthroplasty; б – revision hip arthroplasty

Регион проживания пациентов

Включение новых центров в базу регистра существенно изменило географию оперируемых пациентов. Если до 2012 г. включительно основную массу составляли пациенты, проживающие на территории Северо-Западного федерального округа (ФО), что определялось географическим расположением НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, то с 2013 г. существенно выросла доля пациентов из Приволжского, Сибирского и Центрального ФО, где располагаются три ФЦТОЭ, выполняющих большие объемы высокотехнологичной помощи преимущественно жителям сопредельных территорий (рис. 3).

При этом распределение пациентов по округам проживания также различается при первичном и ревизионном ЭП ТБС (рис. 4). В частности, в структуре ревизионного ЭП ТБС отмечается значитель-

ное увеличение доли пациентов из ЮФО в сравнении с первичным (14,5% и 3,8% соответственно), что свидетельствует о достаточно большом количестве первичных операций, выполняемых в данных территориях, но недостаточно развитой системе ревизионного эндопротезирования. И, наоборот, при первичном ЭП ТБС доля пациентов из ЦФО существенно выше, чем при ревизионном – это значит, что в ЦФО есть другие центры ревизионного эндопротезирования (не входящие в регистр), которые «забирают на себя» этих пациентов.

Гендерное распределение пациентов

Соотношение женщин и мужчин в целом составляет 1,4:1, но в разные годы было достаточно вариabельным как при первичном, так и при ревизионном эндопротезировании ТБС и колебалось от 1:1 до 1,8:1 (рис. 5).

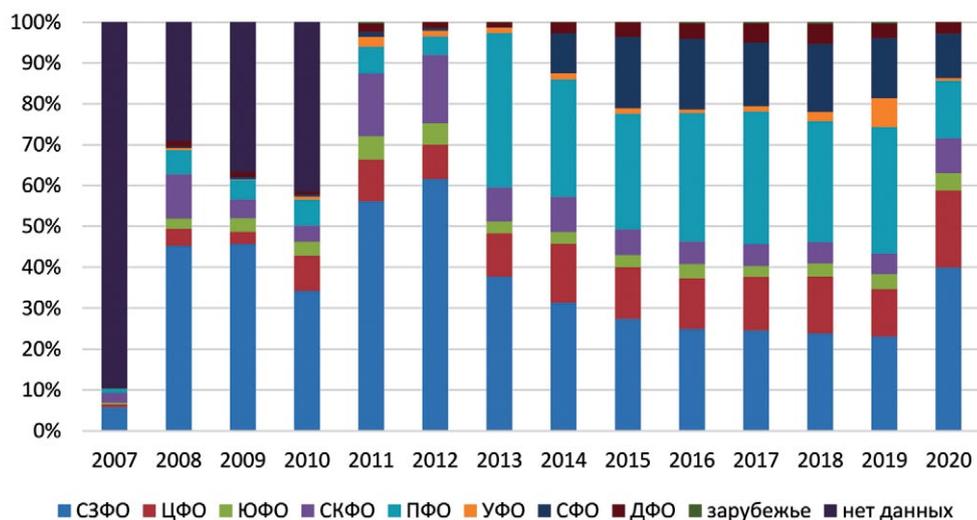


Рис. 3. Распределение пациентов по регионам проживания (федеральные округа) в динамике
Fig. 3. Distribution of patients by regions of residence (federal districts) in dynamics

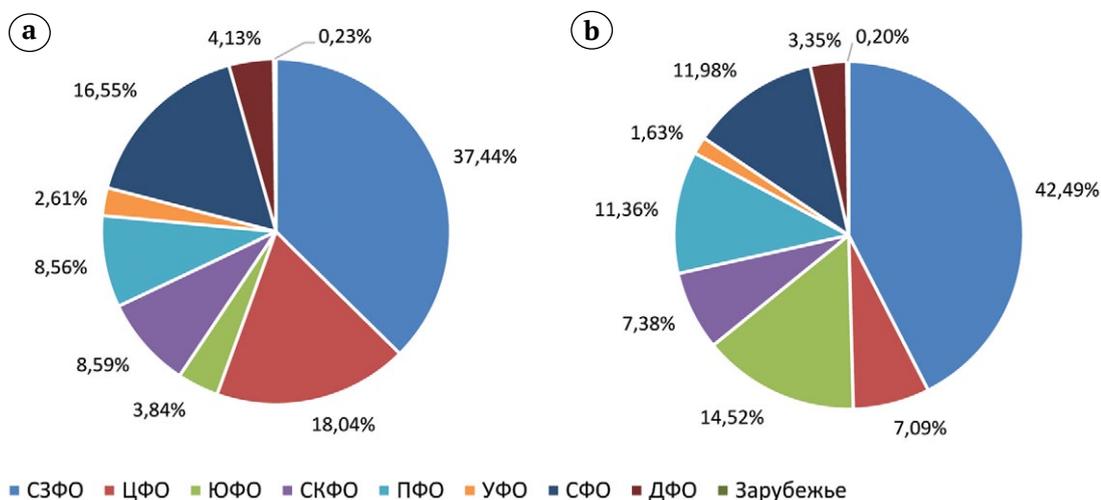


Рис. 4. Распределение пациентов по регионам проживания (федеральные округа):
 а — при первичном ЭП ТБС; б — при ревизионном ЭП ТБС
Fig. 4. Distribution of patients by regions of residence (federal districts):
 а — for primary hip arthroplasty; б — for revision hip arthroplasty

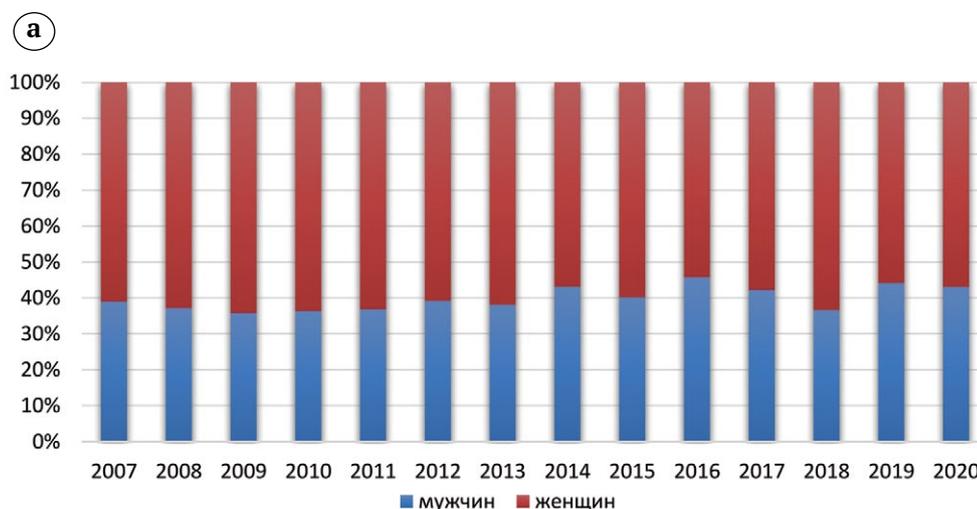


Рис. 5 (а). Соотношение мужчин и женщин в динамике:
 а — при первичном эндопротезировании ТБС;
Fig. 5 (a). The ratio of men and women in dynamics:
 а — for primary hip arthroplasty;

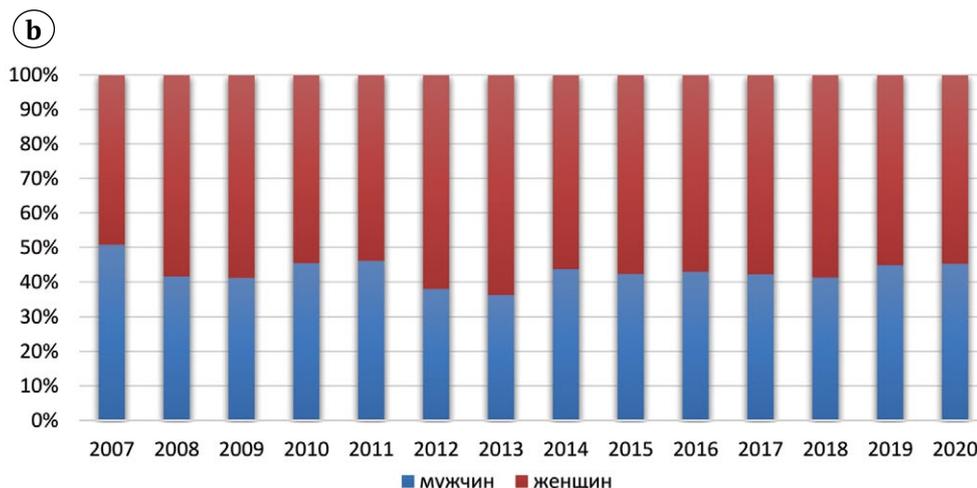


Рис. 5 (b). Соотношение мужчин и женщин в динамике: b — при ревизионном эндопротезировании ТБС
Fig. 5 (b). The ratio of men and women in dynamics: b — for revision hip arthroplasty

Возраст пациентов

Средний возраст пациентов в базе регистра составил 57,8 лет (95% ДИ от 57,7 до 57,9), Ме 59 лет (от 13 до 102) (рис. 6). Это существенно меньше, чем в данные национальных регистров европейских стран, где средний возраст колеблется в пределах 68–70 лет*. По классификации ВОЗ та-

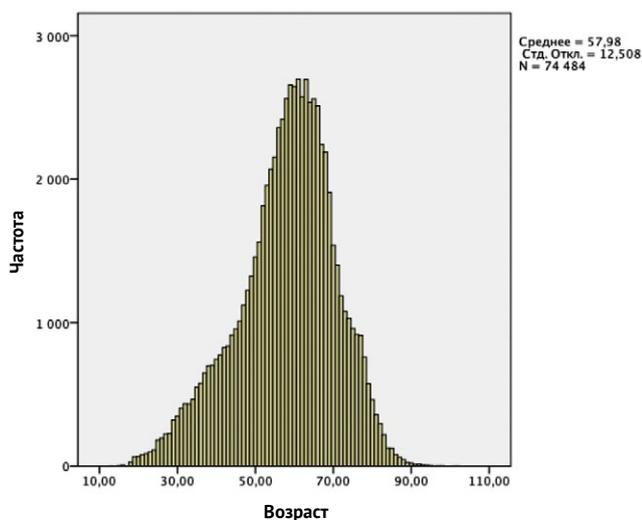


Рис. 6. Распределение пациентов по возрасту в общей группе пациентов

Fig. 6. Distribution of patients by age in the general group of patients

кое значение показателя относится к категории «средний возраст». Его величина, вероятно, объясняется низкой долей в структуре пациентов пожилых людей с переломами проксимального отдела бедра (см. раздел «Диагнозы пациентов»).

Возраст мужчин и женщин существенно различался — 55,5 лет (95% ДИ от 55,4 до 55,6), Ме 57,0 (от 15 до 95) и 58,8 лет (95% ДИ от 59,7 до 59,9), Ме 61,0 год (от 13 до 102) соответственно. Средний возраст пациентов при ревизионном эндопротезировании был больше, чем при первичном всего на 1,5 года и составляет 59,3 лет (95% ДИ от 59,0 до 59,6), Ме 60,0 лет (от 19 до 98). В 2011 г. произошло резкое снижение среднего возраста пациентов при ревизионном эндопротезировании, что, вероятно, связано с подключением к работе регистра отделения лечения перимплантной инфекции, где лечится большое число пациентов относительно молодого возраста, но в целом отмечается тенденция к увеличению среднего возраста как при первичном, так и при ревизионном эндопротезировании (рис. 7).

При оценке распределения пациентов по возрастным группам в динамике по годам отмечается тенденция к увеличению доли старших возрастных групп. Возможно, эти процессы частично связаны с участием в последние три года в регистре субъектовых организаций, оказывающих в большом объеме помощь пациентам с переломами ПОБК (рис. 8).

* National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man, 17th Annual Report 2020, <http://njrcentre.org.uk>; Norwegian Arthroplasty Register, REPORT, June 2020, <http://nrlweb.ihelse.net/eng/default.htm>; Swedish Hip Arthroplasty Register, Annual Report 2019, www.shpr.se



Рис. 7. Динамика среднего возраста пациентов при первичном и ревизионном эндопротезировании ТБС

Fig. 7. Dynamics of the average age of patients with primary and revision hip arthroplasty

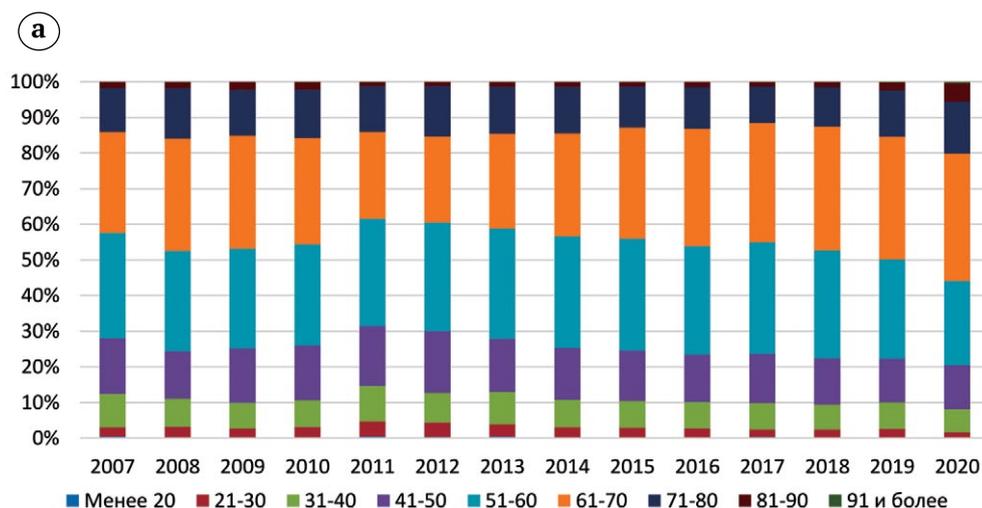
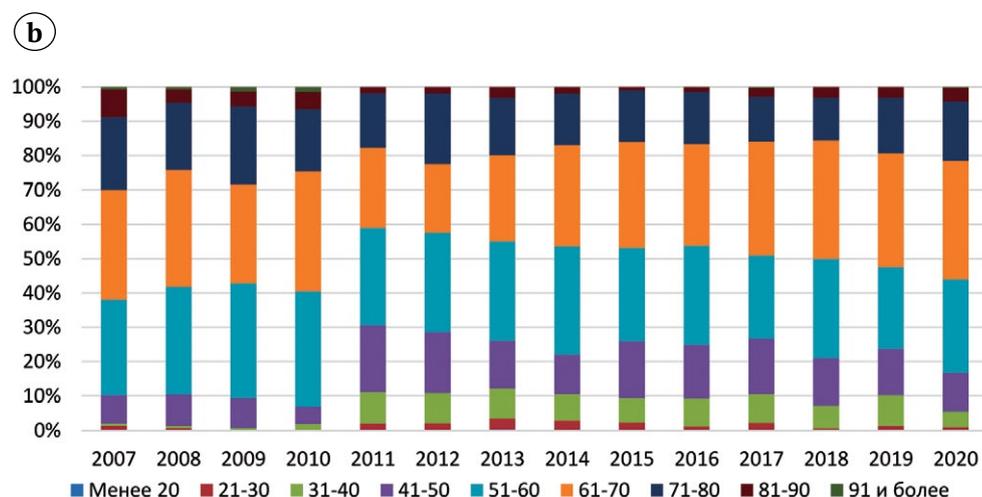


Рис. 8. Долевое распределение пациентов при эндопротезировании ТБС по возрасту и годам: а – при первичном ЭП ТБС; б – при ревизионном ЭП ТБС

Fig. 8. The share distribution of patients with hip arthroplasty by age and years: a – for primary hip arthroplasty; b – for revision hip arthroplasty



Диагнозы пациентов

Первичные операции

В группе пациентов, подвергшихся первичному ЭП ТБС, все диагнозы были сгруппированы в 9 диагностических групп:

- первичный (идиопатический) артроз;
- диспластический артроз (коккартроз в результате дисплазии, дисплазия тазобедренного сустава разных степеней, болезнь Пертеса и врожденный вывих бедра);

- посттравматический артроз, включающий также ложные суставы шейки бедренной кости и застарелый вывих бедра (посттравматический);
- АНГБК, анкилоз (костный анкилоз, фиброзный анкилоз, болезнь Бехтерева, ювенильный анкилозирующий спондилоартрит);
- системный или обменный артрит (РА, СКВ, подагрический артрит, псориатическое поражение сустава, протрузионный артроз, протрузия вертлужной впадины);

- переломы проксимального отдела бедренной кости (ПОБК) (переломы головки, шейки бедренной кости, медиальные переломы, черезвертельные переломы);
- онкология (онкологическая поражение сустава разной этиологии);
- другое (другой вторичный коксартроз, инфекционный артрит, болезнь Педжета, болезнь Лобштейна–Вролика, дерматомиозит, неопорное бедро, пострезекционный дефект, приобретенные деформации костно-мышечной системы, костный туберкулез и остеомиелит).



Рис. 9. Распределение пациентов по диагнозу при первичном ЭП ТБС

Fig. 9. Distribution of patients by diagnosis in primary hip arthroplasty

Наиболее часто встречались диагнозы: первичный коксартроз, диспластический коксартроз, асептический некроз головки бедренной кости (АНГБК), посттравматический коксартроз. Реже встречались переломы ПОБК, артриты, анкилозы и онкологические поражения области тазобедренного сустава (рис. 9).

В разные годы отмечается достаточно значимая вариабельность в долевом соотношении различных диагнозов (рис. 10). Возможно, определенный «информационный шум» вносит потребность при формулировке диагноза следовать модели пациента как основы определения источника финансирования. Это приводит к увеличению доли наиболее распространенных диагнозов и может существенно исказить истинную эпидемиологическую картину, что косвенно препятствует корректному планированию бюджета местными органами здравоохранения.

Тем не менее, при распределении пациентов с различной патологией по возрастным группам становится очевидным, что у молодых пациентов преобладают дегенеративные изменения ТБС вторичного характера — на фоне дисплазии и при последствиях травм, а также АНГБК, различные варианты системного и обменного артритов и анкилозирующие процессы. У пациентов старших возрастных групп прослеживается отчетливая тенденция к преобладанию первичного артроза ТБС, а в самых старших возрастных группах резко увеличивается доля переломов ПОБК (рис. 11).

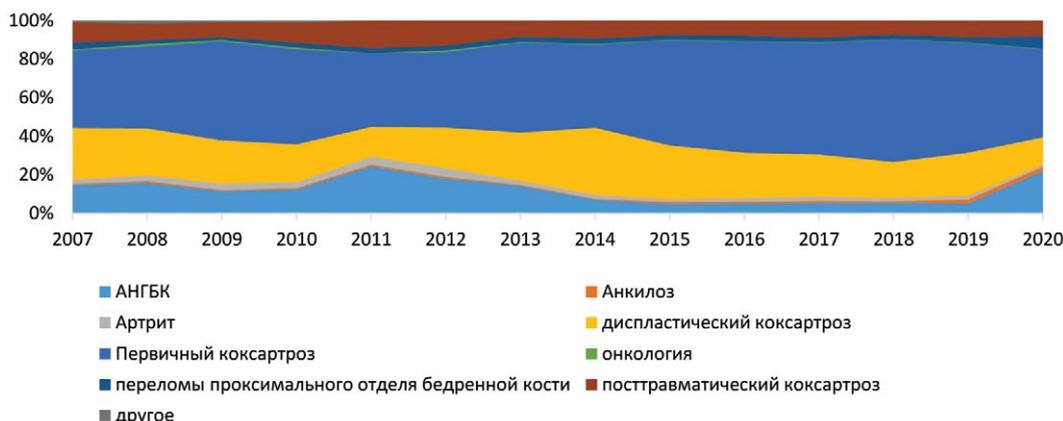


Рис. 10. Структура патологии у пациентов при первичном ЭП ТБС, внесенных в базу регистра, по годам

Fig. 10. The structure of pathology in patients with primary hip arthroplasty, entered in the register database, by year

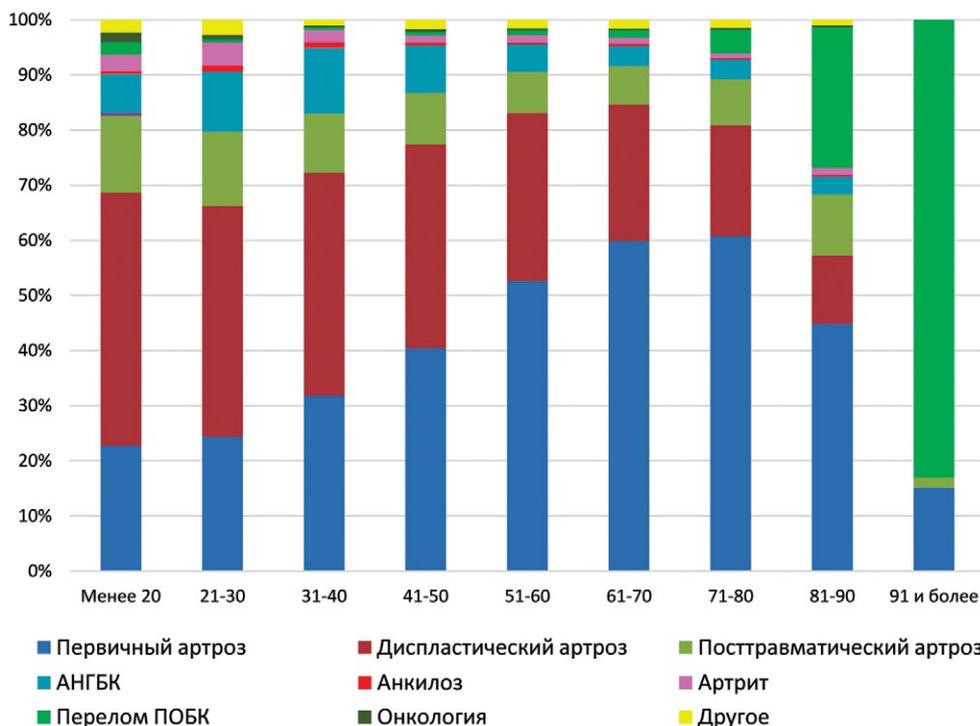


Рис. 11. Долевое распределение пациентов с различной патологией по возрастным группам
Fig. 11. The share distribution of patients with various pathologies by age groups



Рис. 12. Структура причин ревизионных вмешательств на основе записей регистра ЭП ТБС с 2007 по 2020 г.

Fig. 12. The structure of the reasons for revision procedures based on the records of the hip arthroplasty register from 2007 to 2020

Ревизионные операции

Основными причинами ревизионных операций являлись асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, перипротезная инфекция, вывих, износ полиэтилена и перипротезный перелом. Категория «Перипротезный перелом» включала в себя также ложные суставы, развившиеся вследствие несращения остеотомий или неудачного лечения переломов. В категорию «Другое» вошли ревизии, выполненные по поводу болевого синдрома или ограничения функции сустава на фоне мальпозиции компонентов, вследствие износа хряща вертлужной впадины однополюсным эндопротезом, развития гетеротопических оссификатов, использования металло-металлических эндопротезов, мышечной недостаточности, разрушения компонентов эндопротеза, не вошедшие в категорию «Износ полиэтилена» и прочие (рис. 12).

Почти одинаковая доля ревизий по поводу асептического расшатывания и инфекции, а также в целом нетипичная по сравнению с данным других регистров* структура причин ревизий объясняется тем, что в стране продолжается интенсивный рост числа первичных операций, и большая доля ревизий приходится на «ранние» ревизии,

* National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man, 17th Annual Report 2020, <http://njrcentre.org.uk>; Norwegian Arthroplasty Register, REPORT, June 2020, <http://nrlweb.ihelse.net/eng/default.htm>; Swedish Hip Arthroplasty Register, Annual Report 2019, www.shpr.se; Arthroplasty Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry, Annual Report, <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2020>

выполненные в первые годы после первичного эндопротезирования ТБС (рис. 13), а также на «ранние» ре-ревизии, доля инфекции при которых в первые два года составляет 80,87% (рис. 14б).

В структуре ревизий после первичной замены ТБС доля инфекции в первые два года также занимает первое место и составляет 52,90%, но также

значима доля асептического расшатывания компонентов (20,00%), вывихов (15,51%) и перипротезных переломов (9,28%) (рис. 14а). После 7 лет доля асептического расшатывания и износа полиэтиленового вкладыша совокупно составляет 80,13%, но доля инфекции остается значимой и достигает 14,07% (рис. 14а).

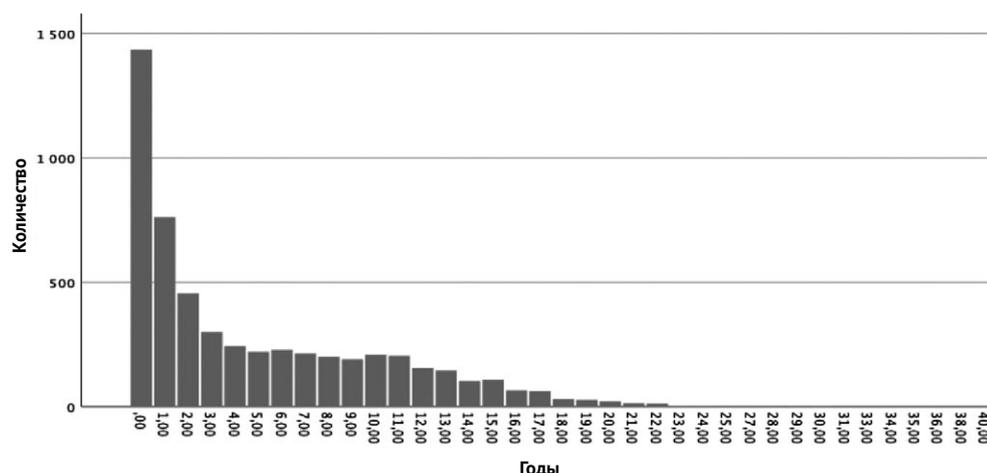


Рис. 13. Распределение пациентов по срокам выполнения ревизии или ре-ревизии с момента предшествующей операции ЭП ТБС

Fig. 13. Distribution of patients by the terms of performing revision or re-revision procedures from the moment of the previous operation of the hip arthroplasty

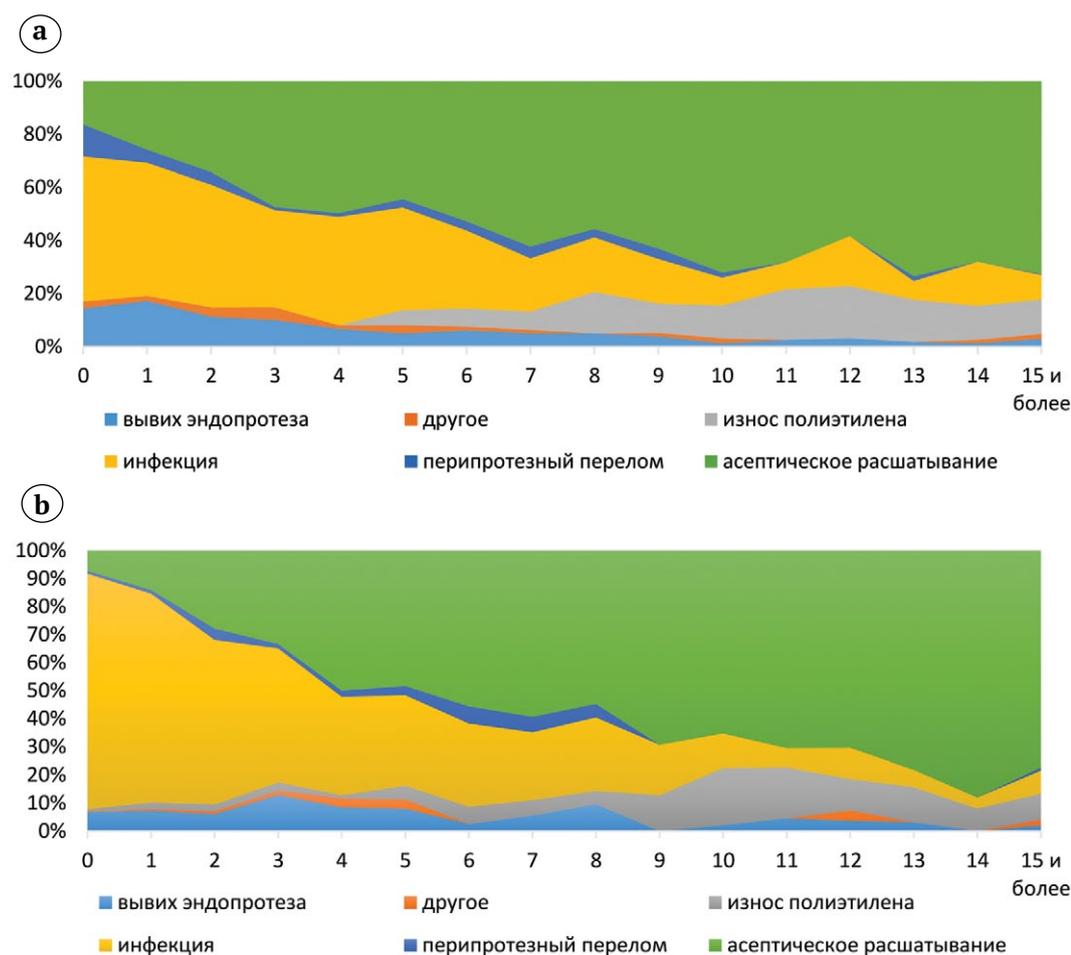


Рис. 14. Долевое соотношение причин ревизий в разные сроки после первичной замены ТБС (а) и после ревизионных операций (б)

Fig. 14. The proportion of the reasons for revisions in different terms after the primary hip arthroplasty (a) and after revisions (b)

Доступы

Основными хирургическими доступами при первичном эндопротезировании на протяжении отчетного периода являлись прямой боковой и переднебоковой, на которые пришлось 92,00% всех операций. Заднебоковой доступ использовали в 1,93% всех наблюдений (рис. 15 а). При ревизионных операциях основными доступами также были прямой боковой и переднебоковой — 47,67% и 34,16% соответственно. Заднебоковой доступ использовался в 5,01% случаев, также значительно возросла доля расширенных доступов, в том числе с вертельной остеотомией (3,83%). Однако при ре-

визионном эндопротезировании в 9,33% случаев не был указан используемый доступ — только информация, что разрез выполнен по старому послеоперационному рубцу (рис. 15 б).

Виды операций и тип фиксации компонентов

К бесцементным вертлужным компонентам относили полусферические «press-fit» и резьбовые чашки, полиэтиленовые моноклочные чашки с титановым покрытием, компоненты с двойной мобильностью и пористой или покрытой гидроксиапатитом поверхностью, а также укрепляющие кольца, антипротрузионные кейджи и аугменты разных конструкций. Цементируемые вертлужные компоненты были представлены полиэтиленовыми чашками, имплантируемыми с помощью костного цемента и металлическими компонентами с двойной мобильностью, устанавливаемыми с помощью костного цемента. К гибридной фиксации относили сочетание бесцементного вертлужного и цементируемого бедренного компонентов, а к реверс-гибридной фиксации относили сочетание цементируемой чашки с бесцементными ножками эндопротезов

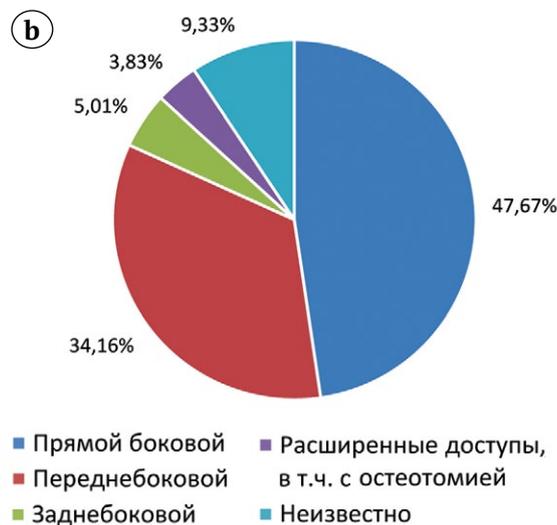
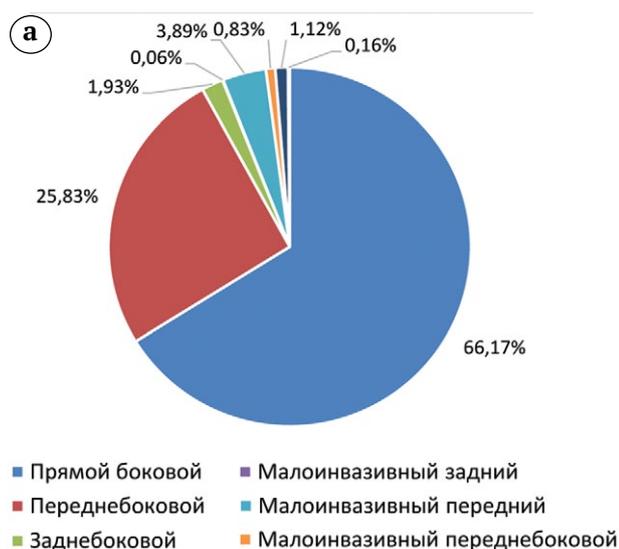


Рис. 15. Долевое соотношение различных доступов при первичном (а) и ревизионном эндопротезировании (б) ТБС

Fig. 15. The proportion of different surgical approaches during primary (a) and revision hip arthroplasty (b)

Первичные операции

Тотальная замена ТБС выполнена в 66 686 случаях (99,5%) первичного эндопротезирования, гемизендопротезирование — в 312 наблюдениях (0,47%) (66 биполярных эндопротезов и 246 однополюсных), а в 21 случае (0,03%) производилась первичная установка антибактериального спейсера. Основными типами фиксации эндопротезов при первичном эндопротезировании в течение отчетного периода являлись бесцементная (50,89%) и гибридная (32,33%).

Полностью бесцементная фиксация при первичном эндопротезировании ТБС использовалась более чем в 90% случаев у пациентов до 40 лет включительно (от 91,46% до 92,99%) и немногим менее в возрастной группе с 41 до 50 лет (86,95%). В более старших возрастных группах отмечается значительное уменьшение доли бесцементной фиксации, достигая минимума у пациентов в возрасте 71–80 лет (21,74%). Параллельно снижению доли бесцементных имплантатов нарастают доли гибридных, реверс-гибридных и цементируемых конструкций (рис. 16). В дальнейшем доля бесцементной фиксации увеличивается и в возрастной группе 91 год и старше составляет уже 54,76%. Данный рост объясняется большой долей в этой возрастной группе пациентов с переломами ПОВБ, оперированных однополюсными эндопротезами с бесцементной фиксацией бедренного компонента (ножка ЯРТЭЗ).

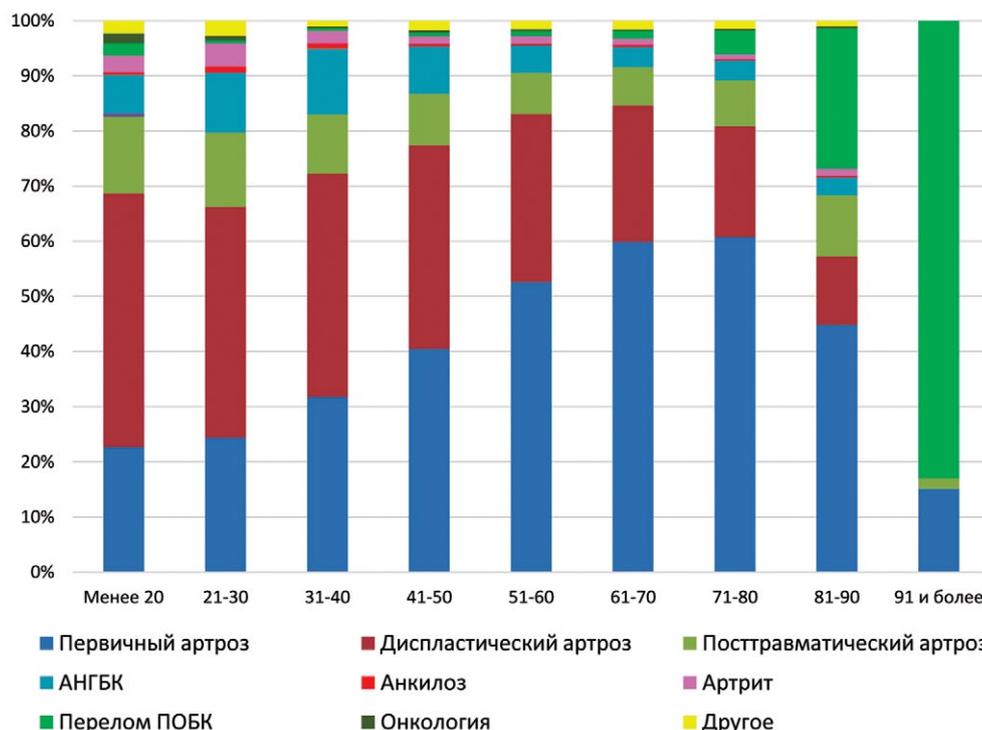


Рис. 16. Долевое соотношение различных по типу фиксации имплантатов в возрастных группах пациентов при первичном ЭП ТБС
Fig. 16. The proportion of implants of different fixation-type in various age groups of patients with primary hip arthroplasty

Отмечаются значительные колебания в соотношении различных по типу фиксации имплантатов в разные годы, что может быть связано с измене-

нием подходов к выбору конструкции эндопротеза в учреждениях-участниках регистра и влиянием экономических условий (рис. 17).

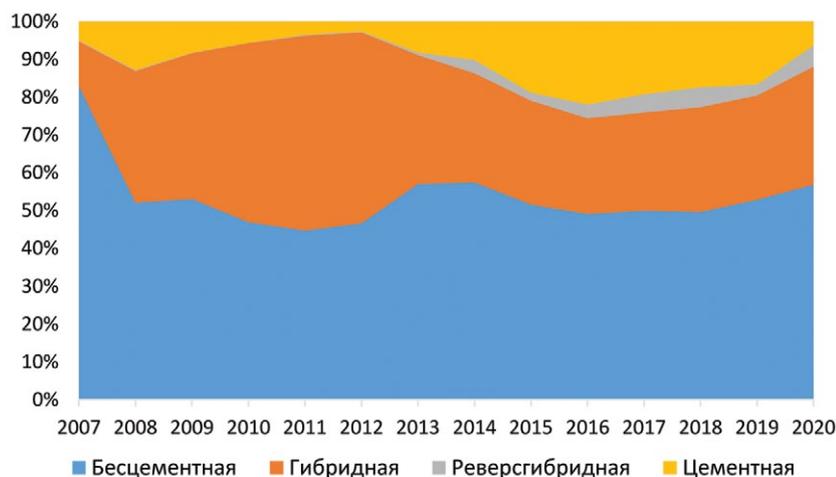


Рис. 17. Долевое соотношение различных по типу фиксации имплантатов при первичном ЭП ТБС
Fig. 17. The proportion of implants of different types of fixation in primary hip arthroplasty

Ревизионные операции

Структура ревизионных операций была значительно разнообразнее. При асептическом расшатывании компонентов эндопротеза замена обоих компонентов эндопротеза выполнялась в 42,90% случаев, изолированная замена вертлужного компонента — в 38,98%, а бедренный компонент менялся в 18,30% наблюдений, причем у значительной части пациентов (41,24%) ревизия бедренного компонента сопровождалась заменой вкладыша и/или головки (рис. 18).

При лечении ППИ наиболее частым вмешательством являлся первый этап двухэтапной методики (43,75%), включающий санацию и установку спейсера (рис. 19). При этом блоковидный спейсер был установлен в 49,46% случаев, у остальных пациентов использовались артикулирующие спейсеры. Второй по частоте причиной инфекционной ревизии был второй этап двухэтапной методики — 40,34% всех операций. Одномоментное ревэндопротезирование было выполнено в 156 случаях (5,23%). В 140 случаях (4,69%), если позволяли

сроки, применялась радикальная хирургическая обработка, дебридмент и антибиотикотерапия с сохранением имплантата (DAIR*). Малое число санирующих операций с сохранением имплантата объясняется тем, что в регистр попадают только те случаи, когда госпитализация пациента выполнялась для выполнения такого вмешательства. Если санирующие операции выполнялись в период нахождения пациента в стационаре по поводу первичного или ревизионного эндопротезирования,

процедура DAIR, вероятнее всего, не вносилась в базу данных. Последняя группа «Другое» включает операции отчаяния, такие как артродез с использованием аппарата внешней фиксации, резекционная артропластика и несвободная мышечная пластика латеральной головкой четырехглавой мышцы после удаления компонентов эндопротеза, переустановка спейсера, а также установка нового эндопротеза при длительной ремиссии после удаления эндопротеза.



Рис. 18. Долевое соотношение объема ревизии при асептическом расшатывании компонентов эндопротеза

Fig. 18. The proportion of the type of procedure in component's aseptic loosening

В случае рецидивирующих или неврввимых вывихов объем ревизии ограничивался только открытым вправлением лишь в 2,5% наблюдений (14 случаев). Наиболее часто помимо вправления осуществлялась замена вкладыша, в том числе в ряде случаев вместе с головкой, или выполнялась замена вертлужного компонента. К категории «Другое» относились случаи различных вариантов мышечной пластики или остеосинтез большого вертела без замены компонентов, а также установка системы двойной мобильности на костном цементе в существующий вертлужный компонент (рис. 20).

При износе полиэтиленового вкладыша в 74,39% случаев выполнена только замена вкладыша, в ряде случаев с заменой головки. Замена вертлужного компонента потребовалась в 19,07% наблюдений, а у небольшой части пациентов возникла необходимость полной замены компонентов эндопротеза ввиду тяжелого остеолита или невозможности замены вкладыша (рис. 21).

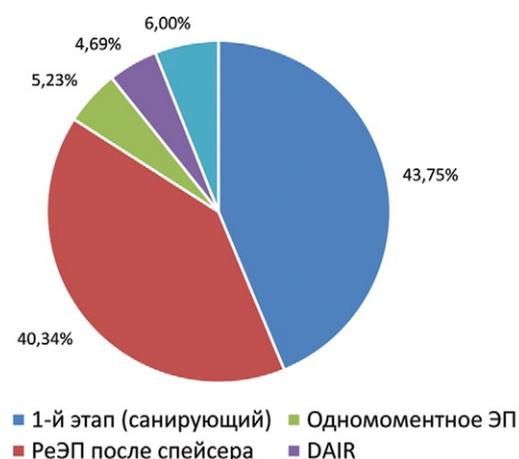


Рис. 19. Долевое соотношение объема ревизии при перипротезной инфекции ТБС

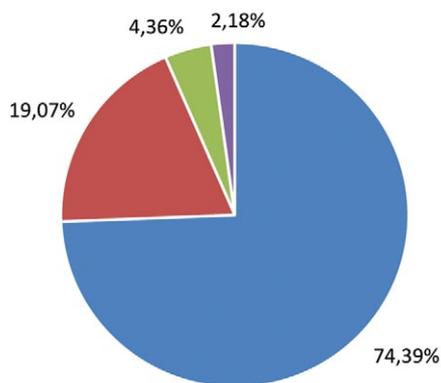
Fig. 19. The proportion of the revision-type in hip periprosthetic infection



Рис. 20. Долевое соотношение объема ревизии при рецидивирующих и неврввимых вывихах

Fig. 20. The proportion of the revision-type in recurrent and non-repositioned dislocations

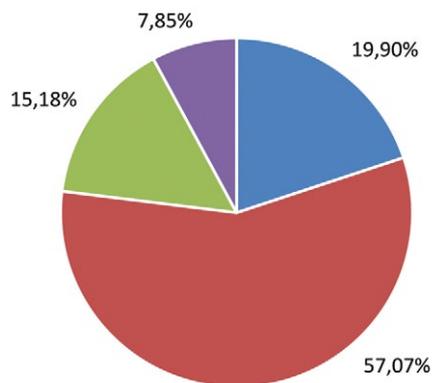
* DAIR (англ.) – Debridement, Antibiotictherapy and Implant Retention.



■ Замена вкладыша ■ Замена ВК
■ Замена ВБК ■ Другое

Рис. 21. Долевое соотношение объема ревизии при износе полиэтиленового вкладыша

Fig. 21. The proportion of the revision-type in the wear of the polyethylene liner



■ Остеосинтез ■ Замена БК
■ Замена ВБК ■ Другое

Рис. 22. Долевое соотношение объема ревизии при перипротезных переломах

Fig. 22. The proportion of the revision-type in periprosthetic fractures

При ревизиях по поводу перипротезного перелома наиболее часто (57,07%) выполнялась замена бедренного компонента в сочетании с различными вариантами остеосинтеза или без него. В 19,90% случаев удалось ограничиться остеосинтезом, а 15,18% наблюдений выполнена полная замена компонентов эндопротеза (рис. 22).

При оценке типов фиксации компонентов не учитывались случаи установки и переустановки спейсеров, которые всегда имплантировались с использованием костного цемента, а также все случаи, когда не производилась установка бедренного или вертлужного компонентов ЭП ТБС. В остальных случаях РеЭП ТБС применялась преимущественно бесцементная техника эндопротезирования, которая составила 81,87% (рис. 23).

Наиболее используемые имплантаты

Всего в регистре зафиксированы случаи использования 58 видов вертлужных компонентов импортного производства и не менее 9 типов чашек отечественных производителей. Бедренные компоненты еще более разнообразны — в регистре зафиксировано использование 72 видов бедренных компонентов зарубежных компаний и не менее 11 типов ножек отечественного производства. Наблюдались как случаи единичного использования отдельных имплантатов, так и встречались имплантаты, применяемые в нескольких тысячах наблюдений. Имплантаты российского производства использованы в 758 случаях (1,01%) со средним сроком наблюдения 4,66 года.

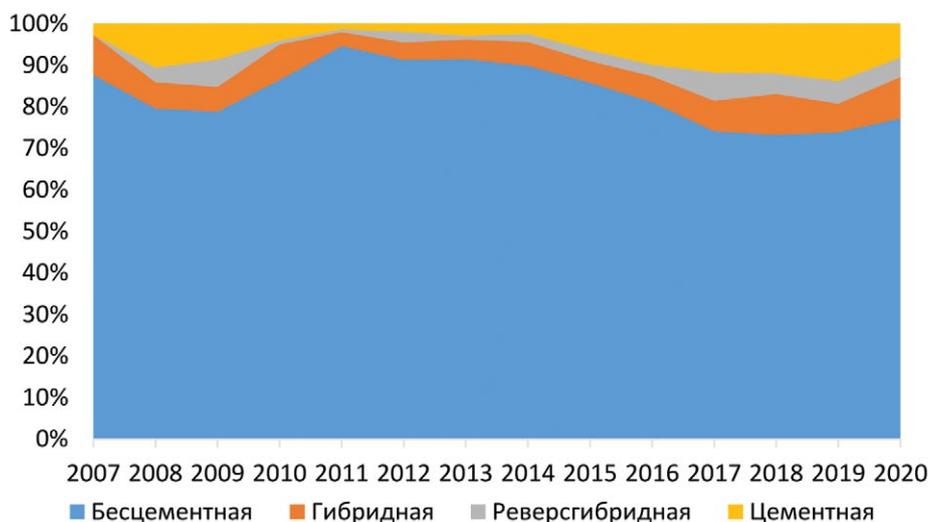


Рис. 23. Динамика использования различных техник фиксации компонентов при ревизионном ЭП ТБС

Fig. 23. The use of various type of component's fixation in the revision hip arthroplasty

Первичные операции

Десять наиболее используемых бедренных компонентов бесцементной фиксации были применены в 29 367 случаях, что составило 81,48% от всех бесцементных и реверс-гибридных эндопротезов ТБС (табл. 2). Выбор конструкции эндопротеза зависит от традиций медицинской организации и предпочтений оперирующего хирурга, но значительную роль играет также маркетинговая политика дистрибьютеров. Поэтому иногда встречаются труднообъяснимые «падения» или «взлеты» в применении отдельных компонентов. Возглавляет список десяти самых используемых бедренных компонентов ножка Corail (DePuy, J&J, Warsaw, IN, USA). На второй позиции Polarstem (Smith & Nephew, Watford, England, UK). Далее по

убыванию следуют: Alloclassic (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), SL-Plus (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA), Avenir (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), SL-Plus Mia (Smith & Nephew, Watford, England, UK), ML-Taper (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), CLS Spotorno (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), Taperloc (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), TRJ (Aesculap, B. Braun, Tuttlingen, Germany).

Также достаточно массовый характер носило использование двух типов ножек: Wagner Cone (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA) – 1486 случаев и Bicontact (Aesculap, B. Braun, Melsungen, Germany) – 1229 наблюдений. Динамика использования наиболее распространенных бесцементных бедренных компонентов представлена на рисунке 24.

Таблица 2

Динамика использования наиболее часто применяемых бесцементных бедренных компонентов при первичном ЭП ТБС

Модель	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Итого
Corail	331	155	112	164	271	210	431	899	584	833	1248	1133	756	365	7492
Polarstem	0	0	0	0	0	61	214	349	548	464	494	551	622	583	3886
Alloclassic	214	153	204	170	151	118	478	395	505	470	348	240	295	115	3856
SL-Plus	52	29	1	0	0	46	405	459	453	514	354	225	266	162	2966
Avenir	0	1	73	25	45	96	317	279	254	257	187	248	246	96	2124
SL-Plus Mia	0	0	0	0	0	0	84	120	221	323	341	451	434	87	2061
ML-Taper	0	0	0	0	14	80	145	241	306	236	246	231	242	161	1902
CLS	78	32	9	4	16	1	45	291	503	267	213	138	150	44	1791
Taperloc	92	212	129	47	70	42	56	103	225	195	79	209	155	45	1659
TRJ	0	0	0	0	0	7	17	119	100	148	286	475	420	58	1630
Всего	767	582	528	410	567	661	2192	3255	3699	3707	3796	3901	3586	1716	29 367

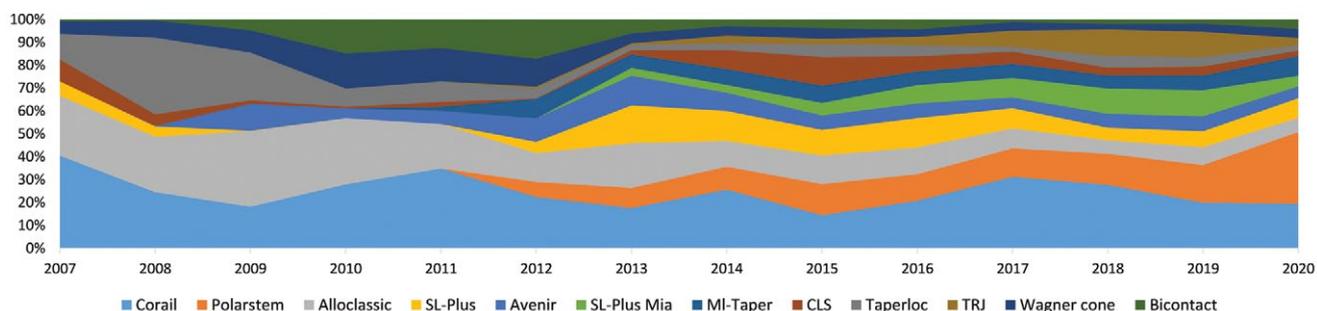


Рис. 24. Динамика использования наиболее распространенных бесцементных бедренных компонентов при первичном ЭП ТБС

Fig. 24. Most used cementless femoral components in primary hip arthroplasty

В целом следует отметить, что из числа бесцементных бедренных компонентов при первичном ЭП ТБС преобладают клиновидные ножки, анатомично изогнутые в проксимальном отделе (типа Мюллера) и покрытые гидроксиапатитом (Corail, Polar stem и Avenir). Вторыми по частоте использования являются клиновидные ножки прямоугольного сечения Карла Цваймюллера (Alloclassic, SL-Plus и SL Plus MIA) а также максимально близкая к ним по философии ножка TRJ. Следует отметить, что бедренный компонент SL Plus MIA хоть и является продолжением философии ножек прямоугольного сечения, имеет значительные отличия в виде срезанной проксимальной части и наличия покрытия гидроксиапатитом. Третьими по частоте использования являются клиновидные бедренные компоненты, изогнутые в проксимальном отделе (типа Мюллера) с проксимальным пористым покрытием (ML-Taper и Taperloc). Завершает список самых используемых компонентов ножка CLS — прямой клиновидный компонент с шероховатой поверхностью, разработанный Лоренцо Споторно.

Из коротких и укороченных бесцементных бедренных компонентов использовались ножки (в порядке убывания): Fitmore (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), Metha (Aesculap, B. Braun, Tuttlingen, Germany), Nanos (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA), Proxima (DePuy, J&J, Warsaw, IN, USA), Optimys (Mathys, Bettlach, Switzerland), Taperloc Microplasty

(Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), CLS Brevius (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA). Большинство этих компонентов применялись от нескольких случаев до 72 наблюдений (Metha (Aesculap, B. Braun, Tuttlingen, Germany), за исключением ножки Fitmore (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), использование которой зафиксировано в 722 случаях.

Восемь наиболее часто используемых бедренных компонентов цементной фиксации были применены в 28955 случаях, что составило 94,81% от всех цементных и гибридных эндопротезов ТБС (табл. 3). В отличие от европейских регистров наибольшее распространение среди цементируемых бедренных компонентов получили гладкие, но неполированные ножки типа Мюллера: Original Muller stem (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), Muller stem (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA) и близкие к ним по философии Taperloc cemented (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA) и Bicontact cemented (Aesculap, B. Braun, Tuttlingen, Germany). На них пришлось 50,75% всех случаев и 42,72% всех цементируемых бедренных компонентов были представлены гладкими полированными клиновидными ножками: C-Stem (DePuy, J&J, Warsaw, IN, USA), CPT (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), Corail cemented (DePuy, J&J, Warsaw, IN, USA) и Exeter (Stryker, Kalamazoo, MI, USA). На протяжении отчетного периода происходили значимые изменения долевого соотношения различных компонентов (рис. 25).

Таблица 3

Динамика использования наиболее часто применяемых цементируемых бедренных компонентов при первичном ЭП ТБС

Модель	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Итого
Original Muller stem	4	157	134	217	174	115	375	604	1260	1378	1441	1062	872	213	8006
C-stem	1	37	192	424	512	567	485	480	220	302	313	421	568	326	4848
CPT	136	460	348	319	330	342	320	271	249	157	97	42	30	7	3108
Corail cemented	0	0	0	0	0	0	0	68	158	640	578	707	700	0	2851
Bicontact cemented	0	0	0	0	136	246	235	304	453	350	405	327	186	170	2812
Muller Stem (S+N)	0	0	0	0	0	18	233	350	871	347	232	294	218	149	2712
Exeter	0	0	0	0	0	0	0	68	116	161	418	586	633	445	2427
Taperloc cemented	2	4	58	31	88	99	264	223	500	488	125	196	86	27	2191
Всего	143	658	732	991	1240	1387	1912	2368	3827	3823	3609	3635	3293	1337	28955

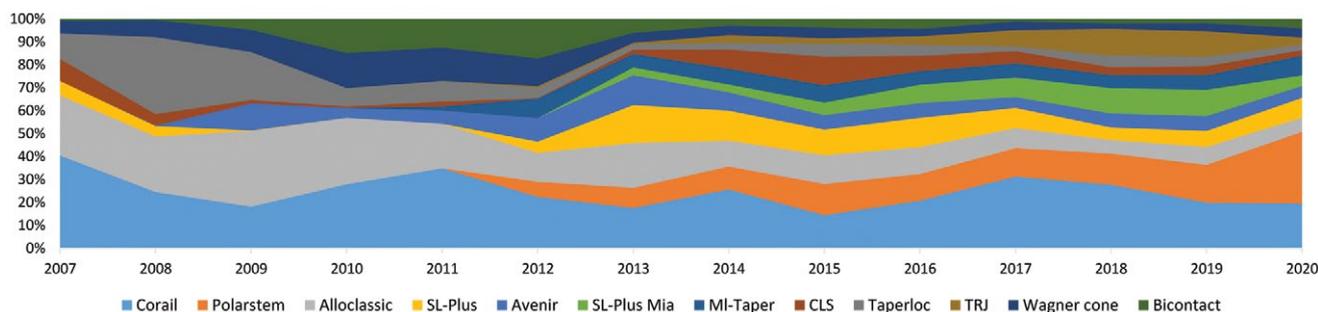


Рис. 25. Динамика использования наиболее распространенных цементируемых бедренных компонентов по годам при первичном ЭП ТБС

Fig. 25. Most used cemented femoral components in the primary hip arthroplasty

Десять наиболее используемых вертлужных компонентов бесцементной фиксации были применены в 50883 случаях, что составило 91,23% от всех бесцементных и гибридных эндопротезов ТБС (табл. 4). Все широко используемые бесцементные компоненты представляют собой полусферические чашки с различной пористостью поверхности. В последние годы увеличилось использование компонентов, предназначенных для сочетания с раз-

личными вкладышами полиэтиленовыми, керамическими и металлическими (рис. 26).

При использовании цементируемых вертлужных компонентов четыре модели составили 92,31% всех цементных и реверсгибридных эндопротезов: ZCA (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), Triloc 2 (DePuy, J&J, Warsaw, IN, USA), Muller cup (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA) и Mueller cup (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA) (рис. 27).

Таблица 4

Динамика использования по годам наиболее часто применяемых бесцементных вертлужных компонентов при первичном ЭП ТБС

Модель	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Итого
Trilogy	657	652	832	978	795	807	1537	1480	1722	1294	1379	1289	1202	260	14884
R3	0	0	0	0	0	137	890	1178	1672	1592	1369	1447	1454	778	10517
Pinnacle	0	14	19	22	98	538	822	966	546	775	1000	1165	1186	564	7715
Plasmacup	9	3	34	184	229	390	397	481	684	654	423	375	219	202	4284
Duraloc	381	273	294	550	684	242	170	316	169	209	338	163	121	46	3956
Trilogy IT	0	0	0	0	30	94	150	351	655	471	415	351	448	348	3313
Mallory-Head	95	156	137	71	176	108	375	423	748	662	163	65	25	21	3225
Trident	0	0	0	0	0	0	0	95	212	170	461	758	845	448	2989
Всего	1142	1098	1316	1805	2012	2316	4341	5290	6408	5827	5548	5613	5500	2667	50883

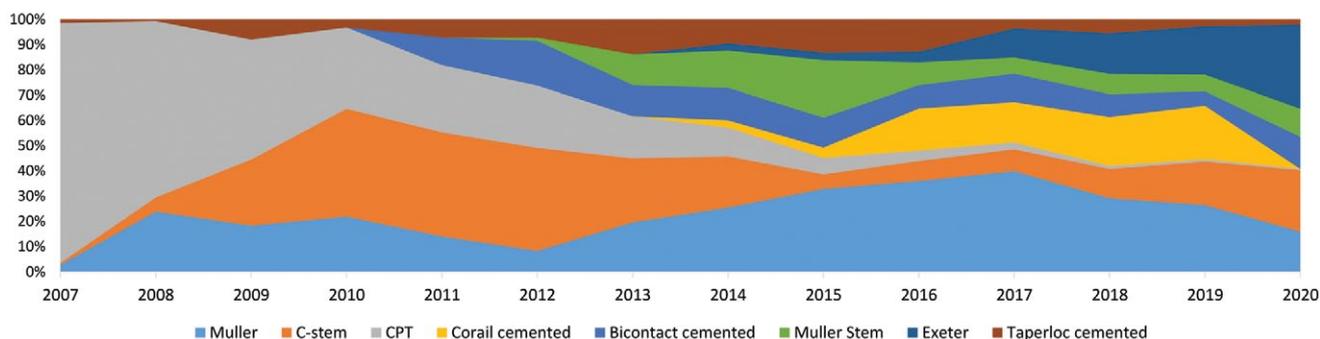


Рис. 26. Динамика использования наиболее распространенных бесцементных вертлужных компонентов при первичном ЭП ТБС с 2007 по 2020 г.

Fig. 26. Most used cementless acetabular components in the primary hip arthroplasty from 2007 to 2020

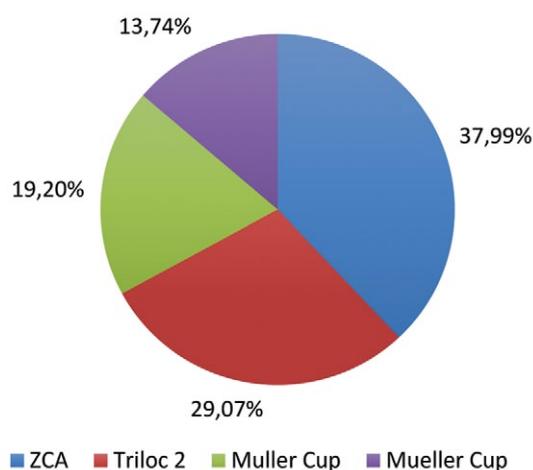


Рис. 27. Долевое распределение различных цементируемых вертлужных компонентов при первичном ЭП ТБС

Fig. 27. The share distribution of various cemented acetabular components in the primary hip arthroplasty

Ревизионное эндопротезирование

Учитывая относительно небольшое число ревизионных вмешательств, отдельно не рассматривались бесцементные и цементируемые компоненты. Десять наиболее применяемых ножек были использованы в 3069 из 3789 случаев, когда производилась установка бедренных компонентов (81,0%). Причем существенно больше половины (64,5%) из этих десяти типов ножек пришлось на Wagner revision (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA) и Alloclassic (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA). Категория Alloclassic включала как стандартные компоненты, так и ревизионные, точное число которых установить не удалось (имелось указание только на 62 ревизионных бедренных компонента, но, вероятно, их должно быть больше) (табл. 5).

При оценке в динамике видно, что доля использования бедренного компонента Wagner Revision имеет тенденцию к нарастанию и, наоборот, ножку Solution (DePuy, J&J, Warsaw, IN, USA) прекратили использовать в учреждениях, поставляющих сведения в регистр. Сокращение доли бедренного компонента Alloclassic практически полностью компенсировано за счет использования подобных же бедренных компонентов SL Plus (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA) и SLR (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA). Следует отметить значительное нарастание доли ножек Exeter Exeter (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) при ревизионном эндопротезировании ТБС главным образом за счет использования технологии импакционной костной пластики (рис. 28).

Десять наиболее применяемых в ревизионном эндопротезировании ТБС вертлужных компонентов были установлены в 3733 из 4525 случаев, когда производилась установка вертлужного компонента (82,5%) (табл. 6). Самыми используемыми компонентами являются чашки Trilogy (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA), TM Modular (Trabecular Metal) (Zimmer Biomet, Warsaw, IN, USA) и R3 (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA).

Анализ операций в динамике демонстрирует, что использование чашки Trilogy в ревизионном эндопротезировании сокращается, в то время как доля чашек TM Modular и R3 увеличивается (рис. 29). Также отмечается уменьшение как доли, так и абсолютного количества случаев использования антипротрузионных конструкций (АПК) разных производителей. Использование чашек Duraloc (DePuy, J&J, Warsaw, IN, USA) прекратилось в 2014 г., а чашки Pinnacle (DePuy, J&J, Warsaw, IN, USA) пока не играют значимой роли в ревизионной хирургии. Отмечается также умеренный рост частоты использования вертлужных компонентов TM Revision, что, вероятно, свидетельствует об увеличении частоты появления сложных реконструкций вертлужной впадины.

Таблица 5

Динамика использования наиболее часто применяемых бедренных компонентов при первичном ЭП ТБС с 2007 по 2020 г.

Модель	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Итого
Wagner revision	5	27	4	22	52	42	63	63	64	103	129	130	156	123	993
Alloclassic	17	22	35	63	86	64	75	83	97	107	100	86	76	77	988
SL Plus	0	0	0	0	0	9	22	31	31	33	30	51	18	4	229
Exeter	0	0	0	0	0	0	1	0	8	20	31	38	40	27	165
Bicontact	0	0	1	5	14	22	19	10	11	16	4	7	15	10	134
SLR	0	0	0	0	0	27	8	13	4	7	5	27	24	12	127
Solution	29	8	6	15	20	10	7	1	1	6	9	6	0	1	119
CPT	6	5	4	6	2	1	3	12	6	6	22	22	13	9	117
Muller type	0	5	5	3	2	3	4	5	11	18	12	12	17	9	106
Wagner cone	1	2	3	3	5	1	2	10	5	8	19	13	7	12	91
Всего	58	69	68	117	181	179	204	228	238	324	361	392	366	284	3069

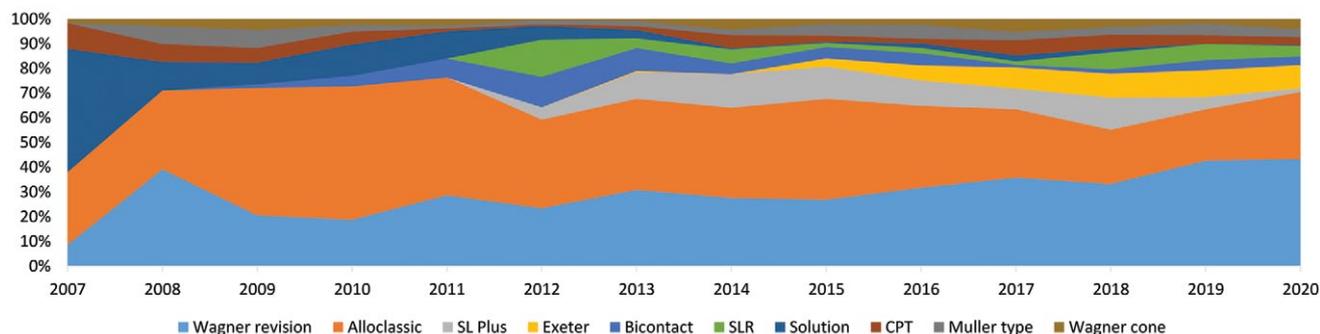


Рис. 28. Динамика использования наиболее распространенных бедренных компонентов при ревизионном ЭП ТБС с 2007 по 2020 г.

Fig. 28. Most used femoral components in the revision hip arthroplasty from 2007 to 2020

Таблица 6

Динамика использования по годам наиболее часто применяемых бесцементных вертлужных компонентов при первичном ЭП ТБС

Модель	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Итого
Trilogy	48	40	44	76	115	104	90	95	66	82	68	83	58	28	997
TM Modular	12	16	18	41	43	36	64	57	75	86	80	125	111	135	899
R3	0	0	0	0	0	31	39	69	78	77	104	115	86	37	636
АПК	20	14	21	15	25	38	25	24	21	31	14	17	7	2	274
Duraloc	46	21	25	36	49	14	4	0	1	1	3	2	0	2	204
Continuum	0	0	0	0	0	6	4	8	17	25	38	31	51	23	203
PolarCup	0	0	0	0	0	0	0	7	10	20	26	50	58	27	198
TM Revision	0	0	0	0	6	3	10	4	3	8	8	8	36	32	118
Serf	0	0	0	0	0	0	0	0	7	19	24	18	27	11	106
Pinnacle	0	0	0	0	4	6	13	6	2	13	22	18	10	4	98
Всего	126	91	108	168	242	238	249	270	280	362	387	467	444	301	3733

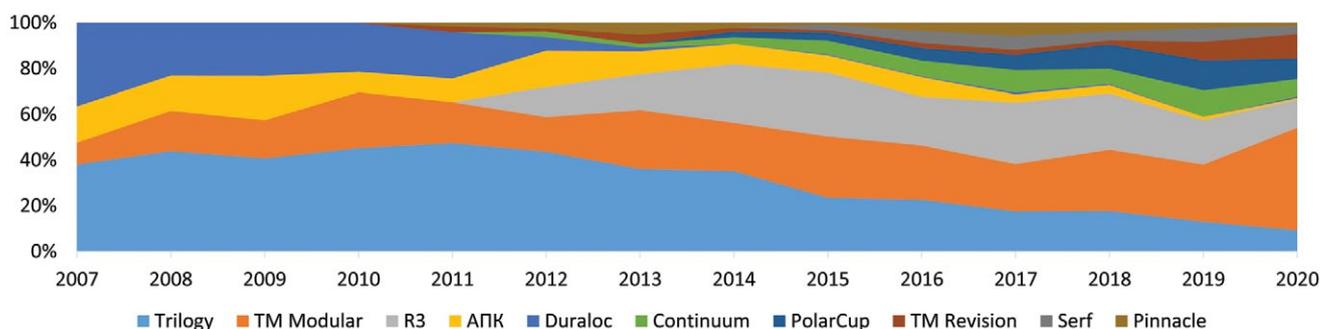


Рис. 29. Динамика использования наиболее распространенных вертлужных компонентов при ревизионном ЭП ТБС с 2007 по 2020 г.

Fig. 29. Most used acetabular components in the revision hip arthroplasty from 2007 to 2020

Пары трения

Использование сочленяющихся поверхностей в узле трения эндопротезов оценивалось совокупно при первичном и ревизионном замещении ТБС, из анализа были лишь исключены однополюсные эндопротезы, спейсеры, остеосинтезы и мышечные пластики. Ввиду крайне малого числа наблюдений сочетания головок из керамизированного металла с традиционным полиэтиленом сверхвысокой молекулярной массы (УНМВРЕ) они были сгруппированы с головками из керамики, но в сочетании с высокопоперечносвязанным полиэтиленом рассматривались в отдельной группе. Сочетание металлических головок с традиционным полиэтиленом сверхвысокой молекулярной массы прогрессивно уменьшается и в настоящий

момент в общей базе регистра в доле соотношении сравнялось с высокопоперечносвязанным полиэтиленом.

Пара трения металл-металл с 2011 г. использовалась в единичных случаях при ревизии поверхностных эндопротезов. В то же время общее количество других альтернативных вариантов пар трения в 2020 г. достигло 80%, и основную массу составляет сочетание металлических головок с высокопоперечносвязанным полиэтиленом, но отмечается также увеличение доли головок из керамизированного металла (рис. 30). При этом использование традиционного полиэтилена наблюдается в основном в старших возрастных группах, не превышая 10% у пациентов до 30 лет включительно (рис. 31).

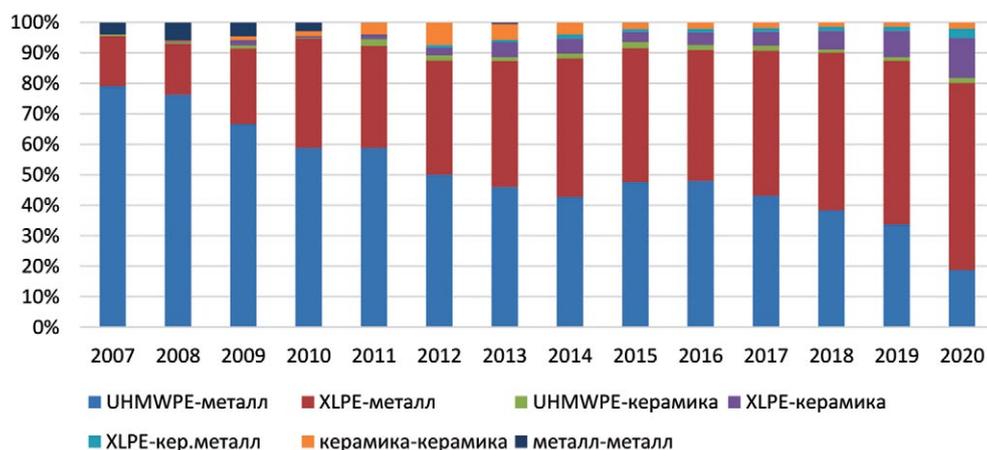


Рис. 30. Долевое распределение использования различных пар трения по годам

Fig. 30. The share distribution of the use of various articulating surfaces by year

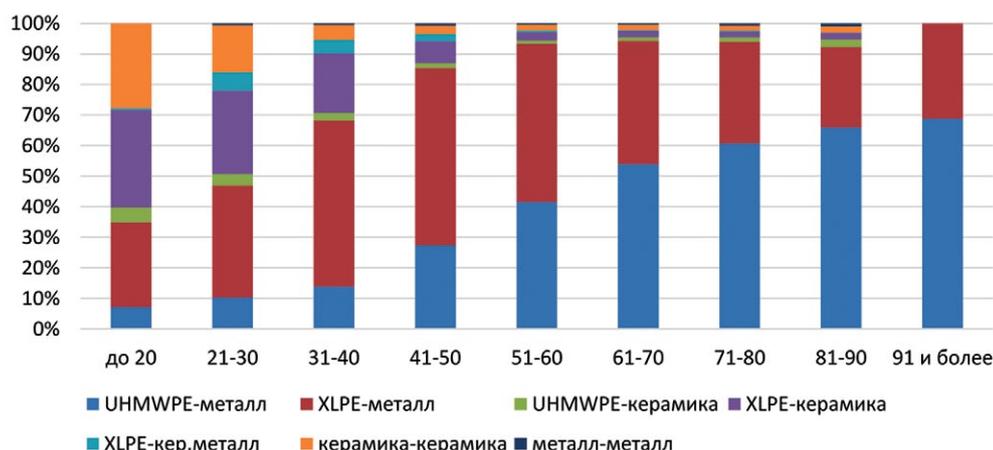


Рис. 31. Долевое распределение использования различных пар в разных возрастных группах пациентов

Fig. 31. The share distribution of the use of different articulating surfaces in different age groups of patients

Диаметр используемых головок

При анализе диаметра пар также были исключены однополюсные эндопротезы, спейсеры, остеосинтезы и мышечные пластики. Отмечается абсолютное преобладание в 2007–2010 гг. пар трения диаметром 28 мм и наличие небольшой, но заметной доли металл-металлических пар трения большого диаметра (более 36 мм). В дальнейшем доля головок большого диаметра стирается ввиду значительного увеличения числа операций — от 9 до 34 операций в год, главным образом вследствие использования пары керамика-керамика (рис. 32). Начиная с 2011 г. пара трения диаметром 28 мм вытесняется парами диаметром 32 и 36 мм

и в настоящий момент составляет около 20%. Это в основном вертлужные компоненты малого размера, где затруднительно использовать головки большого диаметра. Доля головок диаметром 22 мм совсем незаметна (0,03%), эти головки используются в основном в компонентах двойной мобильности при диаметре чашек менее 47 мм.

Компоненты с двойной мобильностью были использованы в 704 случаях при первичном ЭП ТБС, что составило 1,05% от всех первичных операций и в 362 ревизиях (4,68%). Количество случаев использования таких компонентов выросло в 7 раз с 2013 по 2019 г., в 2020 г. произошло падение вследствие сокращения общего числа наблюдений.

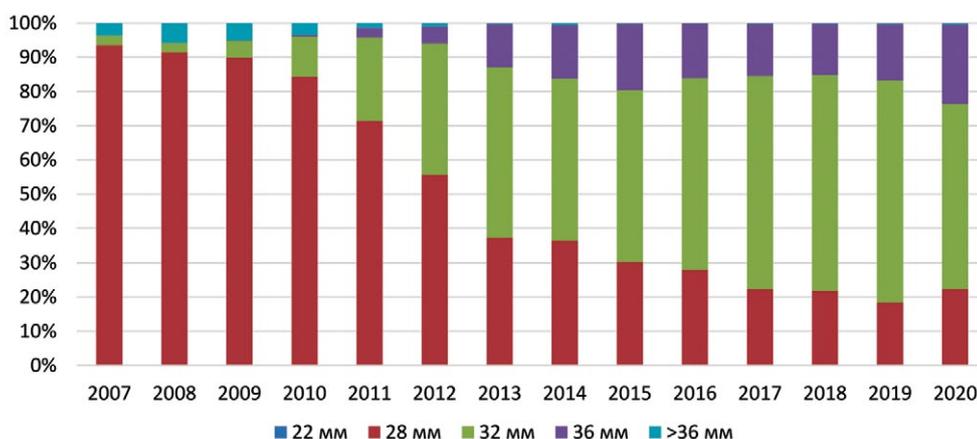


Рис. 32. Долевое соотношение пар трения различного диаметра с 2007 по 2020 г.

Fig. 32. The proportion of articulating surfaces of different diameters from 2007 to 2020

Анализ «связанных» записей в регистре с 2007 по 2020 г.

Учитывая ограниченность популяции пациентов, у которых сведения о первичных операциях эндопротезирования ТБС внесены в регистр, и удаленность места жительства значительной части пациентов, лечившихся в учреждениях-участниках регистра мы осознаем, что количество пациентов, нуждающихся в ревизии установленных им имплантатов, может отличаться от числа пациен-

тов, которые подверглись ревизии и были внесены в базу регистра с полными данными по ревизионной операции. Поэтому анализ «связанных» записей не может дать полноценное представление о выживаемости эндопротезов, но позволяет оценить сроки выполнения ревизий.

Всего с 2007 по 2009 г. было зарегистрировано 796 случаев выполнения ревизии после первичного эндопротезирования, сведения о котором имелись в базе регистра (табл. 7).

Таблица 7

Сведения о сроках выполнения ревизии у «связанных» пациентов с 2007 по 2020 г.

Год выполнения первичного ЭП ТБС	Количество первичных ЭП ТБС	Год выполнения ревизии ТБС															Итого	
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	n	%	
2007	1335	21	14	7	3	3	5	3	-	1	1	-	2	-	1	61	4,57	
2008	1566		21	12	16	10	10	-	3	1	1	2	2	-	-	78	4,98	
2009	1760			19	19	17	8	1	2	1	2	2	-	-	2	73	4,15	
2010	2124				5	20	11	2	-	1	2	2	1	2	-	46	2,17	
2011	2258					17	18	4	4	2	7	5	5	1	5	68	3,01	
2012	2623						18	16	5	1	2	1	8	5	3	59	2,25	
2013	4961							25	16	3	9	8	3	4	2	70	1,41	
2014	6321								6	24	15	8	4	4	-	61	0,97	
2015	8354									23	20	10	11	5	4	73	0,87	
2016	8177										17	21	14	6	1	59	0,72	
2017	8025											27	14	13	3	57	0,71	
2018	8089												19	24	4	47	0,58	
2019	7819													25	11	36	0,46	
2020	3605													-	8	8	0,22	
Всего	67017	21	35	38	43	67	70	51	36	57	76	86	83	89	44	796	1,19	

Особый интерес представляет то, что 87,94% этих ревизий были выполнены в первые 5 лет после первичного ЭП ТБС. Со временем количество ревизий нарастает, и в нашем случае достигает 4,98% за 12 лет. Но как было сказано выше, эта цифра не является окончательной и может значимо отличаться от реального значения. В дальнейшем во многих случаях потребовались дополнительные операции, и всего этим пациентам в данные сроки было выполнено 1579 ревизионных вмешательств.

Литература [References]

1. Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Николаев Н.С., Григоричева Л.Г., Овсянкин А.В., Черный А.Ж. и др. Эпидемиология первичного эндопротезирования тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики РНИИТО им. Р.Р. Вредена. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(2): 81-101. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101. Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Nikolaev N.S., Grigoricheva L.G., Ovsyankin A.V., Cherny A.Zh. et al. Epidemiology of primary hip arthroplasty: report from register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(2):81-101. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101.
2. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Черный А.Ж., Муравьева Ю.В., Гончаров М.Ю. Данные регистра эндопротезирования тазобедренного сус-

тава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2007–2012 годы. *Травматология и ортопедия России*. 2013;(3):167-190. doi: 10.21823/2311-2905-2013-3-167-190.

Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Cherniy A.Zh., Muravyeva Yu.V., Goncharov M.Yu. Data of hip arthroplasty registry of Vreden Institute for the period 2007-2012 years. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(3):167-190. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2013-3-167-190.

3. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Тотоев З.А., Лю Бо, Билык С.С. Структура ранних ревизий эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(2): 5-13. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-2-5-13. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Totoyev Z.A., Lyu Bo, Bilyk S.S. The structure of early revisions after hip replacement. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(2):5-13. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-2-5-13.
4. 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: 0.21823/2311-2905-2019-25-4-9-27. Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Denisov A.O., Akhmedilov M.A., Cherny A.Zh., Totoyev 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: 0.21823/2311-2905-2019-25-4-9-27.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шубняков Игорь Иванович — д-р мед. наук, заместитель директора по работе с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: shubnyakov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

Риахи Аймен — врач травматолог-ортопед, ООО «Медицентр ЮЗ», г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: riahi_aymen@outlook.com
<https://orcid.org/0000-0001-8407-5453>

Денисов Алексей Олегович — канд. мед. наук, ученый секретарь, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: med-03@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0828-7678>

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>

Алиев Алимурад Газиевич — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед отдела по организационно-методической работе с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: mur23mur@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6885-5473>

Вебер Евгений Валерьевич — канд. мед. наук, руководитель отдела по организационно-методической работе с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: wjhon@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0212-925X>

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

Серета Андрей Петрович — д-р мед. наук заместитель директора по инновациям и развитию, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: drsereda@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

Тихилов Рашид Муртузалиевич — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: rtikhilov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

AUTHORS' INFORMATION:

Igor I. Shubnyakov — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: shubnyakov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

Aymen Riahi — Medicenter YuZ, St. Petersburg, Russia
e-mail: riahi_aymen@outlook.com
<https://orcid.org/0000-0001-8407-5453>

Alexey O. Denisov — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: med-03@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0828-7678>

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>

Alimud G. Aliev — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: mur23mur@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6885-5473>

Eugeniy V. Veber — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
e-mail: wjhon@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0212-925X>

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>

Andrei P. Sereda — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia; Academy of Postgraduate Education of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
e-mail: drsereda@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; Mechnikov Nord West State Medical University
e-mail: rtikhilov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

Заявленный вклад авторов

Шубняков И.И. — запрос данных, сбор данных, интерпретация, написание и редактирование текста.

Риахи А. — запрос данных, сбор данных, интерпретация, написание текста.

Денисов А.О. — запрос данных, сбор данных.

Корыткин А.А. — запрос данных, сбор данных.

Алиев А.Г. — запрос данных, сбор данных.

Вебер Е.В. — запрос данных, сбор данных.

Муравьева Ю.В. — запрос данных, сбор данных.

Середа А.П. — взаимодействие с субъектами Российской Федерации, федеральными и частными учреждениями, запрос данных, сбор данных, интерпретация, редактирование текста.

Тихилов Р.М. — взаимодействие с субъектами Российской Федерации, федеральными и частными учреждениями, запрос данных, интерпретация, редактирование текста.

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 616.717.9-001.5
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-143-148>



Mallet fracture: перелом И.Ф. Буша, перелом W. Busch или перелом P. Segond?

А.С. Золотов¹, П.А. Березин², И.С. Сидоренко¹

¹ ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
г. Владивосток, Россия

² ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Архангельск, Россия

Реферат

Актуальность. В течение нескольких столетий эпонимы являются удобным средством для общения врачей-клиницистов. По поводу некоторых эпонимов среди современных хирургов не утихают споры в отношении авторского приоритета. До сих пор нет консенсуса по так называемому “mallet fracture” («молоткообразный перелом»). В отечественной и иностранной литературе встречаются несколько авторских названий этого перелома — перелом И.Ф. Буша, перелом W. Busch, перелом P. Segond. **Цель исследования** — собрать максимально достоверную информацию об истории возникновения эпонима отрывного перелома дистальной фаланги пальцев кисти в месте прикрепления сухожилия разгибателя, так называемого “mallet fracture”, определить и доказать приоритет истинного автора эпонима. **Материал и методы.** Проведен поиск информации в отечественных и иностранных базах данных (eLIBRARY, PubMed, Scholar Google), руководствах по травматологии и ортопедии, интернет-ресурсах. **Результаты.** В списке вероятных авторов “mallet fracture” оказались три хирурга: Иван Федорович Буш (1771–1843, Россия), Paul Ferdinand Segond (1851–1912, Франция), Karl David Wilhelm Busch (1826–1881, Германия). При анализе первоисточников установлено, что впервые “mallet fracture” был описан французским хирургом Paul Ferdinand Segond в 1880 г. Этот факт признавал и немецкий хирург W. Busch, который годом позже опубликовал статью, посвященную данному повреждению. В известном «Руководстве к преподаванию хирургии» Ивана Федоровича Буша, изданном в начале XIX века, сведений о переломе дистальной фаланги пальца кисти в месте прикрепления сухожилия разгибателя не обнаружено. **Заключение.** С учетом известных на сегодняшний день публикаций “mallet fracture” следует называть переломом Segond.

Ключевые слова: молоткообразный палец, молоткообразный перелом, перелом Segond, эпоним.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Золотов А.С., Березин П.А., Сидоренко И.С. Mallet fracture: перелом И.Ф. Буша, перелом W. Busch или перелом P. Segond? *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):143-148. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-143-148>.

Cite as: Zolotov A.S., Berezin P.A., Sidorenko I.S. [Mallet Fracture: I.F. Busch Fracture, W. Busch Fracture or P. Segond Fracture?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):143-148. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-143-148>.

✉ Золотов Александр Сергеевич / Aleksandr S. Zolotov; e-mail: dalexpk@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 24.01.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 15.07.2021.

© Золотов А.С., Березин П.А., Сидоренко И.С., 2021



Mallet Fracture: I.F. Busch Fracture, W. Busch Fracture or P. Segond Fracture?

Aleksandr S. Zolotov¹, Pavel A. Berezin², Il'ya S. Sidorenko¹

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

Abstract

Background. For several centuries, eponyms have been a convenient means of communication between clinicians. For some eponyms among modern surgeons, controversy over author's priority continues. There is still no consensus on the so-called "mallet fracture". In domestic and foreign literature, there are several author's names for this fracture — I.F. Bush fracture, W. Busch fracture, P. Segond fracture. **The aim of the study** is to collect the most reliable information about the history of the eponym of avulsion of the distal phalanx of the fingers at the site of attachment of the extensor tendon, the so-called "mallet fracture", to determine and prove the priority of the true author of the eponym. **Materials and Methods.** A search for information was carried out in domestic and foreign publications, manuals on traumatology and orthopedics, periodicals, Internet resources (eLIBRARY, PubMed, Scholar Google). **Results.** The list of likely authors of "mallet fracture" includes three surgeons: Ivan F. Busch (1771–1843, Russia), Paul Ferdinand Segond (1851–1912, France), Karl David Wilhelm Busch (1826–1881, Germany). When analyzing primary sources, it was found that for the first time "mallet fracture" was described by the French surgeon Paul Ferdinand Segond in 1880. This fact was also recognized by the German surgeon W. Busch, who a year later published an article on this damage. In the well-known "Guide to the Teaching of Surgery" by Ivan F. Bush, published in the early 19th century, information about a fracture of the distal phalanx of the finger at the site of attachment of the extensor tendon was not found. **Conclusion.** Taking into account the publications known to date, "mallet fracture" should be called the Segond fracture.

Keywords: mallet finger, mallet fracture, Segond fracture, eponym.

Funding: no funding or sponsorship was received for this study.

Введение

В разделе клинической медицины «травматология и ортопедия» используется большое количество эпонимов, в том числе при описании переломов костей. В течение нескольких столетий эпонимы являются удобным средством для общения врачей-клиницистов [1]. Информация об эпонимах переломов костей в различных учебниках, руководствах и периодических изданиях часто неполная, неточная, а иногда и противоречивая. Появившаяся в одной из публикаций ошибка может тиражироваться в последующих литературных изданиях. Это вносит путаницу, мешает анализу, сравнению и обсуждению результатов лечения ряда «эпонимических» переломов [2].

Даже по поводу некоторых уже казалось бы устоявшихся эпонимов среди современных хирургов не утихают споры в отношении авторского приоритета. В частности, до сих пор нет консенсуса по так называемому "mallet fracture" («молоткообразный перелом»). Этим термином называют особый тип перелома дистальной фаланги пальца кисти. При этом повреждении происходит отрыв треугольного костного фрагмента от основания дистальной фаланги вместе с сухожилием разгибателя пальца.

Данный перелом возникает при насильственном сгибании пальца при сокращенном разгибателе, вследствие чего палец принимает молоткообразную форму, а активное разгибание фаланги становится невозможным. В отечественной и иностранной литературе встречаются несколько авторских названий этого перелома — перелом Буша, перелом Busch, перелом Segond [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Цель исследования — собрать максимально достоверную информацию об истории возникновения эпонима отрывного перелома дистальной фаланги пальцев кисти в месте прикрепления сухожилия разгибателя, так называемого "mallet fracture", определить и доказать приоритет истинного автора эпонима.

Материалы и методы

Проведен поиск информации в отечественных и иностранных базах данных (eLIBRARY, PubMed, Scholar Google), руководствах по травматологии и ортопедии, интернет-ресурсах.

Результаты и обсуждение

В нашем списке вероятных авторов "mallet fracture" оказались три хирурга: Иван Федорович Буш

(1771–1843, Россия), Paul Ferdinand Segond (1851–1912, Франция), Karl David Wilhelm Busch (1826–1881, Германия).

Иван Федорович Буш (Johann Peter Friedrich Busch) — российский хирург немецкого происхождения, основатель петербургской хирургической школы, работал профессором Санкт-Петербургской медико-хирургической академии. Пять изданий выдержало написанное им в 1807 г. «Руководство к преподаванию хирургии». Составители «Большого медицинского словаря» считают Ивана Фёдоровича автором обсуждаемого эпонима перелома [9]. А авторы «Энциклопедического словаря по психологии и педагогике» даже указывают дату (1807 г.), когда российский хирург описал данный вид перелома [10]. Такая же информация присутствует и другом отечественном справочном издании [6]. В атласе по рентгенологии венгерских авторов, изданном на русском языке в 1964 г., этот перелом также называется переломом Буша без ссылки на литературный источник [3].

Мы изучили первое (1807) и четвертое издания выше упомянутого «Руководства к преподаванию хирургии». Более позднее издание оказалось и более полным, и более подробным. Четвертое издание руководства академика И.Ф. Буша было напечатано в типографии Императорского воспитательного дома в 1822–1823 гг. [11, 12, 13].

Первая часть руководства посвящена общим вопросам хирургии. Частные вопросы отражены во второй и третьей частях. Во втором томе на 13 страницах обсуждаются диагностика и лечение заболеваний кисти (полидактилия, синдактилия, различные формы панариция). И только в третьем томе есть информация по лечению переломов и вывихов костей верхней и нижней конечностей. Рекомендации по лечению переломов костей кисти отражены в одной фразе: «переломы костей пясти или перстов особенных примечаний не требуют». Более подробно описаны вывихи в суставах пальцев кисти, при этом основное внимание уделено лечению вывиха большого пальца. Информации об отрывном переломе дистальной фаланги пальцев кисти в месте прикрепления сухожилия разгибателя в руководстве И.Ф. Буша мы не встретили.

В 1880 г. в журнале *Progres Medical* французский хирург **Paul Segond** опубликовал статью с описанием необычного повреждения — отрыва сухожилия разгибателя на уровне дистальной фаланги мизинца, который был вызван принудительным сгибанием этой фаланги в межфаланговом суставе [14].

Первой в истории пациенткой с описанием характерного повреждения стала медицинская сестра Anna Beck, 37 лет, из госпиталя La Pitie.

У Анны произошел конфликт с одним из пациентов. Во время ссоры пациент схватил медсестру за мизинец и своими большим и указательным пальцами прижал дистальную фалангу ее пальца к средней фаланге. Возник треск, сопровождавшийся острой болью. При осмотре на следующее утро ногтевая фаланга была согнута под прямым углом, в области сустава имелись небольшая припухлость и кровоизлияние. При прикосновении к тыльной поверхности дистальной фаланги на уровне суставной щели определялась болезненность. Движения в суставах пальца были сохранены за исключением активного разгибания ногтевой фаланги. Причем пассивное разгибание было возможно, но без поддержки дистальная фаланга снова сгибалась под прямым углом, как будто под действием силы пружины. Гипотеза разрыва сухожилия разгибателя в месте прикрепления к дистальной фаланге показалась французскому хирургу единственной, способной объяснить клинические проявления. С помощью гуттаперчевой шины дистальная фаланга была фиксирована в положении разгибания. К сожалению, на следующий день пациентка сняла повязку, чтобы продолжить работу. При новом обследовании через четыре месяца активное разгибание было все еще невозможно, и даже пассивное разгибание было затруднительным. Данное событие произошло за 2 года до публикации — в 1878 г. Чтобы подтвердить свою гипотезу, P. Segond провел экспериментальное исследование на трупных кистях. На 20 пальцах ему удалось смоделировать разрыв сухожилия разгибателя путем принудительного сгибания дистальной фаланги. При этом сухожилие обычно отрывалось вместе с узкой костной пластинкой длиной 2 мм. У анатомических объектов, умерших в пожилом возрасте, возникал перелом с формированием более крупного костного фрагмента.

В конце статьи P. Segond делает следующие выводы: «Повреждение, историю которого мы обрисовали в этой заметке, безусловно, исключительно. Мы не знаем, описывалось ли оно до нас или сообщалось ли о нем ранее. Его этиология, механизм, симптомы, диагноз, как можно судить, весьма характерны, функциональный прогноз в основном благоприятный. Рекомендации по его лечению, наконец, очень просты и сводятся к неподвижной фиксации пальца с помощью соответствующего приспособления».

В 1881 г. немецкий хирург **Wilhelm Busch** опубликовал статью с описанием четырех клинических случаев повреждений сухожилий разгибателей пальцев кисти на уровне дистального межфалангового сустава [15]. У всех пациентов после резкого форсированного сгибания дистальной фаланги возникала молокообразная деформация на уровне дистального межфалангового

сустава. При этом терялась способность активного разгибания дистальной фаланги. Поврежденные пальцы фиксировались в положении разгибания дистальной фаланги с помощью гипсовой повязки. Консервативное лечение оказалось достаточно эффективным, даже в случае позднего обращения (через 4 недели после травмы). В своей статье W. Busch ссылается на недавнюю публикацию французского хирурга P. Segond, который описал похожее повреждение и опубликовал свою работу годом ранее. Именно клиническое наблюдение и эксперименты на трупных кистях, проведенные P. Segond, помогли W. Busch поставить правильный диагноз и выбрать оптимальное лечение для своих пациентов. В своей публикации W. Busch с большим уважением отзывается об исследовании французского хирурга. Он даже попытался провести аналогичный эксперимент на трупной кисти, а именно воспроизвести повреждение — отрыв сухожилия разгибателя от дистальной фаланги. Однако в своей статье W. Busch признается, что он и его помощники «были не так удачливы», как господин Segond. Им не удалось смоделировать обсуждаемое повреждение на трупе, несмотря на то, что экспериментаторы использовали мощные «плоскогубцы и подобные инструменты» для удержания и резкого сгибания дистальной фаланги относительно неподвижной средней фаланги.

Нас заинтересовал тот факт, что W. Busch и его помощникам не удалось воспроизвести эксперимент P. Segond на трупах и смоделировать «mallet fracture». Дело в том, что несколько лет назад мы проводили исследования, связанные с лечением «mallet finger», частью которых были испытания на трупных кистях. На кисти трупа мужчины, умершего в возрасте 68 лет, моделировалось повреждение «mallet fracture». Для удержания фаланг пальцев кисти мы использовали отгибатели для гипсовой повязки типа Вольфа. На всех пяти пальцах удалось смоделировать обсуждаемое повреждение — «mallet fracture». Фактически мы повторили испытания P. Segond и посчитали уместным представить фото кисти с результатом нашего эксперимента (рис. 1).

Итак, при анализе вышеупомянутых первоисточников становится очевидным, что впервые «mallet fracture» был описан французским хирургом Paul Ferdinand Segond в 1880 г. Этот факт признавал и немецкий хирург W. Busch. По мнению ряда современных авторов, термин «перелом Busch» также представляется не совсем корректным. При этом весьма авторитетные хирурги из Германии приводят следующие доводы. W. Busch предполагал, что у его пациентов были переломы тыльного края дистальной фаланги. Однако рентгенологического подтверждения диагноза не было (открытие рентгеновских лучей произошло только

в 1895 г.). Пациенты лечились консервативно, то есть место повреждения «не открывалось». Фактов наличия перелома в публикации W. Busch представлено не было. А молоткообразная деформация могла возникнуть в результате подкожного разрыва сухожилия и без перелома. Поэтому приоритет в первом описании «mallet fracture» должен принадлежать французскому хирургу [7].



Рис. 1. Моделирование повреждения «mallet fracture» на трупной кисти
Fig. 1. Simulation of «mallet fracture» on the cadaveric hand

Следует отметить, что P. Segond является автором еще одного эпонима перелома. В 1879 г. он впервые описал небольшой отрывной перелом наружного края проксимального отдела большеберцовой кости (чуть ниже плато), который часто сочетается с повреждением связок коленного сустава [16, 17, 18]. В книге *Titres et travaux scientifiques*, изданной в Париже в 1904 г., P. Segond описал в одной главе и особый вид перелома большеберцовой кости, и необычный перелом дистальной фаланги пальца кисти. Причем описание обоих переломов представлено с иллюстрациями (рис. 2, 3).

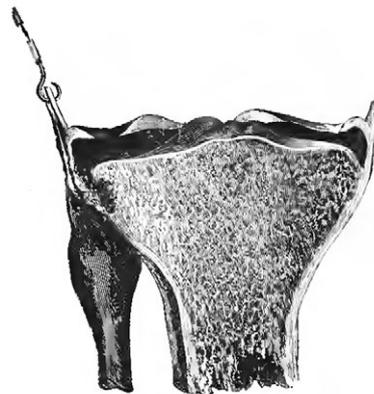


Рис. 2. Отрывной перелом наружного края проксимального отдела большеберцовой кости. Иллюстрация из книги P. Segond (1904)

Fig. 2. Avulsed fracture of the lateral edge of the proximal tibia. Illustration from the book by P. Segond (1904)



Рис. 3. Деформация 5-го пальца в результате “mallet fracture”
Иллюстрация из книги
P. Segond (1904).

Fig. 3. Deformation of the little finger as a result of “mallet fracture”.
Illustration from the book
by P. Segond (1904)

В этой же главе автор сообщает, что впервые описал и опубликовал клинический случай “mallet fracture” в бюллетене Парижского общества анатомов еще в 1879 г., то есть до известной публикации в журнале *Progres Medical* в 1880 г. [16].

Приоритет эпонима перелома большеберцовой кости не оспаривается и часто используется в публикациях и при общении хирургов. Данный эпоним перелома считается достаточно устоявшимся. В связи с этим при употреблении термина “перелом Segond” целесообразно уточнять локализацию перелома (кость или коленный сустав).

На сегодняшний день “перелом Segond” — не единственное название “mallet fracture”. Повреждения разгибательного аппарата на уровне дистального межфалангового сустава с формированием молоткообразной деформации (“mallet finger”) весьма неоднородны. Большинство современных хирургов при обсуждении повреждений типа “mallet finger” пользуются классификацией J.R. Doyle [19]:

– тип 1 — закрытое повреждение сухожилий разгибателей на уровне дистального межфалангового сустава (ДМФС) с небольшим отрывным переломом либо без него;

– тип 2 — открытое повреждение сухожилия разгибателя на уровне или проксимальнее ДМФС;

– тип 3 — открытое повреждение с глубокой «абразией» кожи, мягких тканей, ткани сухожилия на этом же уровне;

– тип 4 — перелом основания дистальной фаланги (А — эпифизеолиз у детей, В — перелом с захватом 20–50% суставной поверхности, С — перелом с захватом более 50% суставной поверхности с ранним или поздним подвывихом фаланги).

Согласно данной классификации, эквивалентом перелома Segond могут быть повреждения типа 1 с небольшим отрывным переломом или типа 4В и 4С с более крупными костными фрагментами.

Заключение

Очевидно, информация об эпонимах переломов не может быть окончательной и застывшей. Исследователи постоянно находят неизвестные ранее исторические факты о «старых» эпонимах, что служит поводом для новой дискуссии о приоритете в отношении того или иного названия перелома. Как правило, этот процесс носит интернациональный характер. Можно предположить, что информация об эпонимах переломов будет постоянно обновляться. Однако с учетом известных на сегодняшний день публикаций “mallet fracture” следует называть переломом Segond.

Литература [References]

- Schmitt R., Lanz U. Diagnostic imaging of the hand. Stuttgart, New York: Thieme, 2008. 608 p.
- Золотов А.С. Эпонимы переломов: имена собственные. Иркутск: Иркутский научный центр хирургии и травматологии, 2017. 98 с.
Zolotov A.S. [Fracture eponyms: personal names]. Irkutsk: Irkutsk scientific centre of traumatology and orthopedics, 2017. 98 p. (In Russian).
- Фогель М. Рентгенологический атлас по травматологии. Будапешт: Изд-во АН Венгрии, 1964. 440 с.
Fogel M. [X-ray atlas of traumatology]. Budapest: Publishing House of Hungary Academy of Sciences, 1964. 440 p. (In Russian).
- Волкова А.М. Хирургия кисти. Екатеринбург: Средне-Уральское кн. изд-во, 1991. Т. 1. 304 с.
Volkova A.M. [Hand surgery]. Ekaterinburg: Sredne-Ural'skoe knizhnoye izdatestvo, 1991. Vol. 1. 304 p. (In Russian).
- Лоскутов А.Е., Белый С.И. Кисть. Днепропетровськ: Пороги, 2002. 271 с.
Loskutov A.E., Belyi S.I. [Hand]. Dnipropetrovs'k: Porogi, 271 p. (In Russian).
- Бородулин В.И., Тополянский А.В. Синдромы и симптомы в клинической практике: эпонимический словарь-справочник. Москва: Эксмо, 2010. 464 с.
Borodulin V.I., Topolyanskii A.V. [Syndromes and symptoms in clinical practice: an eponymous dictionary]. Moscow: Eksmo, 2010. 464 p. (In Russian).
- Sauerbier M., Krimmer H., Hahn P., Lanz U. [Dorsal intra-articular end-phalangeal fractures]. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 1999;31(2):82-87. (In German). doi: 10.1055/s-1999-13499.
- Botero S.S., Diaz J.J.H., Benaïda A., Collon S., Facca S., Liverneaux P.A. Review of acute traumatic closed mallet finger injuries in adults. *Arch Plast Surg.* 2016;43(2):134-144. doi: 10.5999/aps.2016.43.2.134.
- Буша перелом. Большой медицинский словарь. Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/medic2/7380/%D0%91%D1%83%D1%88%D0%B0_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC. [Bush's fracture]. Bol'shoi meditsinskii slovar'. [Large Medical Dictionary]. [In Russian]. Available from: https://dic.academic.ru/dic.nsf/medic2/7380/%D0%91%D1%83%D1%88%D0%B0_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC.
- Буша перелом. Энциклопедический словарь по психологии и педагогике. Режим доступа:

- https://psychology_pedagogy.academic.ru/3273/%D0%91%D0%A3%D0%A8%D0%90_%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%95%D0%9B%D0%9E%D0%9C. [Bush's fracture]. Entsiklopedicheskii slovar' po psikhologii i pedagogike. [Encyclopedic Dictionary of Psychology and Pedagogy]. (In Russian). Available from: https://psychology_pedagogy.academic.ru/3273/%D0%91%D0%A3%D0%A8%D0%90_%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%95%D0%9B%D0%9E%D0%9C.
11. Буш И. Руководство к преподаванию хирургии. Ч. 1. Санкт-Петербург: Типография Императорского воспитательного дома, 1822. 490 с.
Bush I. [Guide to the teaching of surgery]. Vol. 1. Saint Petersburg: Tipografii Imperatorskogo Vospitatel'nogo Doma, 1822. 490 p. (In Russian).
 12. Буш И. Руководство к преподаванию хирургии. Ч. 2. Санкт-Петербург: Типография Императорского воспитательного дома. 1823. 855 с.
Bush I. [Guide to the teaching of surgery]. Vol. 2. Saint Petersburg: Tipografii Imperatorskogo vospitatel'nogo doma, 1823. 855 p. (In Russian).
 13. Буш И. Руководство к преподаванию хирургии. Ч. 3. Санкт-Петербург: Типография Императорского воспитательного дома, 1823. 727 с.
Bush I. [Guide to the teaching of surgery]. Vol. 3. Saint Petersburg: Tipografii Imperatorskogo vospitatel'nogo doma, 1823. 727 p. (In Russian).
 14. Segond P. Note sur un cas d'arrachement du point d'insertion des deaux laguettes phalangettiennes de l'extenseur du petit doigt, par flexion force de la phalangette sur la phalagine. *Le Progres Medical*. 1880;VIII:534-535.
 15. Busch W. Uber den Abriss der Strecksehne von der Phalanx des Nagelgliedes. *Zbl Chir*. 1881;8:1-5.
 16. Segond P. Titres et travaux scientifiques. Paris: Masson et Cie, 1904. pp. 128.
 17. Hunter T.B., Peltier L.F., Lund P.J. Radiologic history exhibit. Musculoskeletal eponyms: who are those guys? *Radiographics*. 2000;20(3):819-836. doi: 10.1148/radiographics.20.3.g00ma20819.
 18. Wong P. K.-W., Hanna T.N., Shuaib W., Sanders S.M., Khosa F. What's in a name? Lower extremity fracture eponyms (Part 2). *Int J Emerg Med*. 2015;8(1):76. doi: 10.1186/s12245-015-0076-1.
 19. Doyle J.R. Extensor tendons – acute injuries. In: *Operative Hand Surgery*. Ed by D.P. Green. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1993. pp. 1933-1938.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Золотов Александр Сергеевич — д-р мед. наук, руководитель отделения травматологии и ортопедии Медицинского центра, профессор Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия
e-mail: dalexpk@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0045-9319>

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>

Сидоренко Илья Сергеевич — врач травматолог-ортопед центра травматологии и ортопедии Медицинского центра, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия
e-mail: sidorenko.is@dvfu.ru

Заявленный вклад авторов

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

Березин П.А. — сбор и обработка материала, написание текста.

Сидоренко И.С. — сбор и обработка материала, участие в эксперименте.

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

Pavel A. Berezin — Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia
e-mail: medicinehead@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8777-2596>

Il'ya S. Sidorenko — Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
e-mail: sidorenko.is@dvfu.ru



Surgical Treatment of Osteochondral Lesions of the Talar Dome: Review

Ekaterina A. Pashkova, Evgenii P. Sorokin, Viktor A. Fomichev, Nikita S. Konovalchuk, Ksenia A. Demyanova

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

Abstract

Background. The relevance of the talar dome osteochondral lesions problem is associated with the difficulties of diagnosis, the lack of unified treatment algorithm and the great number of unsatisfactory clinical and functional results. In the last decade, there has been increasing interest in this topic in the literature, which is demonstrated by a great number of publications with series of observations or clinical cases. However, attempts to create the universal algorithm for this group of patients treatment are limited by the low level of existing studies evidence, high frequency of the new data publications, as well as the impossibility of using a number of surgical methods in different countries for legislative or other reasons. **The aim** is to determine the current state of the problem of the talar dome osteochondral lesions surgical treatment and to identify types of surgical interventions in patients with the studied pathology. **Material and methods.** 120 international articles published from 2000 to 2021, as well as 18 domestic publications for the period from 2007 to 2021 were selected for the literature analysis. The search for publications was carried out in the PubMed/MedLine and eLibrary databases. **Results.** The most widespread are surgical interventions aimed at stimulation of the bone marrow, and plastic surgery using osteochondral auto- and allografts. Currently, there is no consensus on the indications for different types of surgical methods, and the previously used indications are being questioned. This determines the need to improve diagnostic and treatment concepts. **Conclusions.** The studied literature cannot fully answer a number of questions related to the methods of surgical treatment of patients with symptomatic osteochondral lesions of the talar dome and indications for them. A more detailed assessment of the medium- and long-term clinical outcomes of various surgical methods and the development of algorithms for this group of patients treatment, specific for different countries, are needed.

Keywords: osteochondral lesions of the talar dome, mosaic osteochondroplasty, osteochondral defect, talus, ankle arthroscopy.

Funding: no funding or sponsorship was received for this study.

 **Cite as:** Pashkova E.A., Sorokin E.P., Fomichev V.A., Konovalchuk N.S., Demyanova K.A. [Surgical Treatment of Osteochondral Lesions of the Talar Dome: Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):149-161. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-149-161>.

 Ekaterina A. Pashkova; e-mail: caterinapashkova@yandex.ru

Received: 29.03.2021. Accepted for publication: 07.07.2021.



Обзорная статья
УДК 616.718.71-006.33-089
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-149-161>

Хирургические методы лечения остеохондральных повреждений блока таранной кости: обзор литературы

Е.А. Пашкова, Е.П. Сорокин, В.А. Фомичев, Н.С. Коновальчук,
К.А. Демьянова

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

Реферат

Введение. Актуальность проблемы остеохондральных повреждений блока таранной кости обусловлена трудностями диагностики, отсутствием единой схемы лечения и большим количеством неудовлетворительных результатов. В последнее десятилетие отмечается повышение интереса к этой теме в литературе, что проявляется большим количеством публикаций, представленных сериями наблюдений или клиническими случаями. Однако попытки создания универсального алгоритма лечения этой группы пациентов ограничены низким уровнем доказательности имеющихся исследований, быстротой появления новых данных, а также невозможностью применения ряда хирургических методов в разных странах по законодательным или иным причинам. **Цель** — оценить современное состояние проблемы хирургического лечения остеохондральных повреждений блока таранной кости и выявить спектр оперативных вмешательств у пациентов с изучаемой патологией. **Материал и методы.** Для анализа литературы было отобрано 120 иностранных статей, опубликованных с 2000 по 2021 г., а также 18 отечественных публикаций за период с 2007 по 2021 г. Поиск публикаций проводился в базах данных PubMed/MedLine и eLIBRARY. **Результаты.** Наибольшее распространение получили вмешательства, направленные на стимуляцию костного мозга, и пластические операции с использованием остеохондральных ауто- и аллотрансплантатов. В настоящее время нет единого мнения о показаниях к разным хирургическим методам, а используемые ранее показания ставятся под сомнение. Это определяет необходимость совершенствования диагностических и лечебных концепций. **Заключение.** Изученная литература не может в полной мере ответить на ряд вопросов, связанных со способами оперативного лечения пациентов с симптомными остеохондральными повреждениями блока таранной кости и показаниями к ним. Необходима более детальная оценка среднесрочных и отдаленных клинических исходов различных хирургических методов и разработка алгоритмов лечения этой группы пациентов, специфичных для разных стран.

Ключевые слова: остеохондральные повреждения блока таранной кости, мозаичная остеохондропластика, костнохрящевой дефект, таранная кость, артроскопия голеностопного сустава.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Пашкова Е.А., Сорокин Е.П., Фомичев В.А., Коновальчук Н.С., Демьянова К.А. Хирургические методы лечения остеохондральных повреждений блока таранной кости: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(3):149-161. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-149-161>.

Пашкова Екатерина Анатольевна; e-mail: caterinapashkova@yandex.ru

Рукопись поступила: 29.03.2021. Принята в печать: 07.07.2021.

© Пашкова Е.А., Сорокин Е.П., Фомичев В.А., Коновальчук Н.С., Демьянова К.А., 2021

Background

Surgical treatment of patients with chondral and osteochondral lesions of the talar dome (OLTLD) is a difficult task for orthopedic surgeons, since there is no single algorithm to develop indications for various treatment methods, and the contradiction of the data available in the literature complicates the treatment of patients with this pathology [1, 2]. In recent decades, there has been a trend towards a detailed consideration of the etiology and pathogenesis of OLTLD and the introduction of modern types of surgery [1]. However, most of the publications are presented by a series of observations or clinical cases with a low level of evidence, and some of the proposed surgical methods of treatment are not applicable in a number of countries for various reasons [3].

The aim of the study was to determine the current state of the problem of surgical treatment of patients with OLTLD based on the analysis of foreign and domestic literature and to identify the range of possible surgical options.

Materials and methods

To analyze the literature on this topic, 120 foreign articles published from 2000 to 2021 were selected, as well as 18 domestic publications for the period from 2007 to 2021. Publications were searched in PubMed/MedLine and eLibrary databases. Keywords and phrases were used: osteochondral lesions of the talar dome; Dias's disease; osteochondritis dissecans; mosaic osteochondroplasty; tunneling; microfracturing; osteochondral transplantation; talus; bone-cartilage defect; osteochondral defect; osteochondral lesion; talus; microfracture; osteochondral autogenous transfer; bone marrow aspirate concentrate; cartilage repair.

From the publications reviewed during the analysis, the most relevant sources indicated in the list of references were selected. A number of classifications proposed in 1950-1990 are presented with references to primary sources.

Results

Anatomical background

The participation of the talus bone in the formation of the joints of the posterior foot explains its extensive cartilage coverage (up to 60-73% of the surface) and the features of blood supply [4, 5, 6, 7]. A small number of artery entry points make the talus bone at risk of aseptic necrosis and limit its regenerative potential due to the formation of numerous "watershed lines" of vascular areas [5, 6, 7].

The ankle joint is the most congruent among the large joints of the lower limb and in comparison, has thinner cartilage coating. The average thickness of the cartilage of the talus dome is 1.06-1.63 mm, while the thickness of the cartilage of the knee joint is 1.65-2.65 mm. Due to the high congruence of the ankle joint, even minor post-traumatic disorders of the ratios lead to rapidly progressive injury to the cartilage and subchondral bone [5, 7].

The talus bone is responsible for redistributing the load from the lower limb, acting as "meniscus of the foot", and pronounced axial loads passing through the posterior foot affect the regenerative capabilities of the talus bone, provoking the progression of OLTLD and osteoarthritis [7].

Prevalence and etiology

The occurrence of OLTLD is not precisely determined due to the difficulties of diagnosis, especially in the early stages. It is believed that they account for 4% of all osteochondritis dissecans and up to 63% of patients with cruralgia of unknown origin. At the same time, attention is drawn to the high incidence of young people of working age: the predominant age group is from 20 to 40 years, the incidence in men is greater than in women (1.6:1) [5].

The etiology of OLTLD remains not fully understood. According to the literature, 76-85% of observations are associated with trauma: fractures of the bones forming the ankle joint; ligaments injury; repeated microtraumatization. The incidence of OLTLD in patients with acute ruptures of the lateral ligamentous complex of the ankle joint is 5-13%, and concomitant OLTLD are detected in 50-73% of cases of acute injuries of the ankle joint [5, 8]. Lateral OLTLD is associated with trauma in 93-98% of cases. Medial injuries are associated with acute trauma less often: from 61 to 70% of cases [5, 9].

Several theories of the development of OLTLD of non-traumatic genesis have been proposed, including vascular and synovial injuries, soft tissue impingement by an additional anteroinferior tibi-fibular ligament (Bassett ligament), chronic instability of the ankle joint [5]. F. König in his original study suggested that non-traumatic injuries are the result of subchondral vascular occlusion leading to subsequent cystic changes [10].

Clinics and diagnosis of OLTLD

The most typical complaint of patients with OLTLD is diffuse deep pain in the ankle joint associated with physical loads. Moreover, there may be a discrepancy between the localization of pain syndrome and OLTLD [5, 9, 11, 12]. Less common are complaints

of swelling of the ankle joint and limitation of the range of motions. There may be mechanical symptoms, such as clicks, joint blockage and a feeling of instability [13, 14].

There are no specific symptoms of the disease, untimely and incorrect diagnosis of OLTLD in the group of patients with chronic pain in the ankle joint reaches 81% [15]. The results of physical examination of patients are often uninformative, osteochondral injuries may be asymptomatic and be a random finding. The diagnosis of OLTLD can be made immediately after the injury, but it is often associated with prolonged cruralgia, which gives grounds for dividing osteochondral defects into acute and chronic without specifying the dates in the literature.

The first-line diagnostic method for OLTLD is anteroposterior and lateral radiographs of the ankle joint, as well as radiographs in the mortise projection under load [5, 12]. The absence of an identifiable lesion on radiographs does not exclude the diagnosis of OLTLD. According to S. Hepple et al, 43% of OLTLD visualized on MRI were not initially detected on radiographs [16]. Computed tomography (CT) provides a more detailed visualization of the lesion and reflects the true size of the detached fragment. It is especially useful for determining the state of the surrounding bone tissue and the volume of cysts associated with OLTLD, which can be used for preoperative planning [5]. Magnetic resonance imaging (MRI) is useful for identifying bone marrow edema in the early stages of OLTLD and correlates fairly well with the results of arthroscopy. But it should be taken into account that MRI can exaggerate the severity of damage due to the variability of signal changes [5, 12, 17].

Scintigraphy is not used in all medical institutions due to the high cost, however, there are indications of 99% sensitivity when using scintigraphy with technetium 99m in the diagnosis of OLTLD. The addition of the method of SPECT-CT (single-photon emission computed tomography) can help in the detection of asymptomatic lesions by assessing the actual metabolic changes in the bone [5].

Pathophysiology of pain syndrome

Various assumptions are made about the cause of pain syndrome in OLTLD: increased intra-articular pressure, increased intraosseous pressure, synovial pain, etc. [9, 18]. The pathogenetic theory proposed by S.N. van Dijk has become the most widespread. He associates the appearance of pain syndrome directly with the anatomy of the talus dome. The fluid content in the interstitial matrix of cartilage,

the subchondrally located cortical bone plate and the underlying richly innervated spongy bone are of great importance [18].

When a cartilage defect occurs that passes through the subchondral bone plate, a connection occurs between the articular space and the subarticular spongy bone. The local fluid pressure in the spongy bone is a powerful stimulus for the nerve endings located in it. Cartilage is a viscoelastic material, interstitial fluid is released from the cartilage matrix as it is compressed. In a congruent joint, when compressed, the fluid remains in the cartilage and does not penetrate into the articular space. In case of congruence violation, the fluid tends both into the joint cavity and into the underlying tissues, and when the subchondral bone plate is injured, it penetrates into the subcortical spongy bone, provoking the development of pain syndrome. During exercise, there is a recurring local fluid pressure that leads to osteolysis and is a powerful bone resorptive stimulus. Bone resorption leads to the formation of subchondral cystic changes surrounded by a newly formed calcified zone [18].

As the subchondral bone continues to be damaged, its ability to retain the cartilage coating decreases, which leads to a more extensive detachment of articular cartilage [9, 18]. The resulting local OLTLD changes the biomechanics of the entire joint, predisposing to the development of osteoarthritis [11, 12].

Classifications

In 2001, I. Elias et al, and later in 2006, S.M. Raikin et al. proposed systems for clarifying the localization of OLTLD, providing for the division of the talus dome into 9 zones [19]. The systematic review by P.R. van Diepen et al. reviewed studies that included 2,087 observations of OLTLD. According to the results of their analysis, the overwhelming majority of OLTLD were localized in the posteromedial (28%) and central medial (31%) zones. At the same time, a correlation was revealed between the size of the defect and its localization: the damage was greatest in the central-central zone [20].

Currently, a large number of OLTLD classifications have been proposed, which are used in individual studies. All of them reflect the stages of the ongoing processes, but none of them determines the prognosis and a single treatment tactic. Historically, the first is the radiographic classification of A. Berndt and M. Harty (1959): stage I - subchondral impression (impression fracture); stage II - partial detachment of the osteochondral fragment; stage III - completely detached fragment

without displacement from the detachment zone; stage IV - dislocated fragment [21].

Some of the new classification schemes modify the system of A. Berndt and M. Harty, adding a subtype that takes into account the presence of subchondral cystic changes, for example, the classification of P.E. Scranton et al. in 2001 [22].

The classification of S. Hepple, based on the results of MRI, has become widespread, which makes it possible to distinguish chondral lesions into a separate stage [16]. Also relevant is the classification of R.D. Ferkel and N.A. Sgalione based on CT, recommended for use in preoperative planning [23]. In addition, it is possible to classify OLTLD intraoperatively based on arthroscopic data, the most widely used classification system is R.D. Ferkel and M.S. Cheng [24].

There is a tendency to create classifications based on several research methods and classification schemes that have a confirmed correlation with arthroscopic data, for example, the MRI classification of D.N. Mintz et al [25].

Treatment of patients with OLTLD

Treatment of patients with OLTLD is a difficult task due to the limited regenerative potential of the articular surface of the talus and significant loads transmitted through the ankle joint. The preferred method of treatment for symptomatic OLTLD remains surgical.

The existing surgical methods of treatment are based on one of the following principles–

- surgical debridement of lesion and stimulation of the bone marrow (microfracturing, tunneling);
- fixing of the detached bone-cartilaginous fragment on the talar dome (fixation);
- stimulation of hyaline cartilage development (osteocondroplasty using auto- and allografts, implantation of autologous and juvenile chondrocytes) [18].

In some literature sources, surgical methods of treating patients with OLTLD are divided into primary restorative (fixation), lavage and debridement (palliative treatment), restorative (reparative techniques) and plastic (restorative techniques). The restorative methods include surgery aimed at stimulating the bone marrow: abrasive arthroplasty, microfracturing, tunneling. Plastic methods include implantation of autologous chondrocytes (ACI – autologous chondrocyte implantation), ACI using membranes/matrices (MACI – matrix/membrane autologous chondrocyte implantation), the use of osteochondral allografts and autografts (OATS and mosaic transplantation), transplantation of juve-

nile chondrocytes, the use of cartilage implants and scaffolds saturated with stem cells, etc. [15].

There are a number of conditions that must be taken into account when choosing tactics: the severity of symptoms, the size and depth of the defect, the displacement of the fragment, the presence of cystic changes in the subchondral bone, patient factors, etc.

Most often, the largest diameter of the OLTLD with a boundary value of 15 mm is used to differentiate the indications for restorative techniques (reparative techniques) and plastic surgery of the talus (restorative techniques) [12, 15, 17, 26]. According to the international consensus on the restoration of ankle cartilage (2017), the lack of clinical studies comparing the long-term results of these groups of surgery makes such a differentiation of indications (15 mm) "historically conditioned". Currently, there is no consensus on the reliability of this principle [26].

Lavage, debridement, curettage

The ankle lavage, debridement and curettage described in early sources are non-radical in nature and are not able to fully restore the cartilaginous surface, so they are currently used as an adjunct to the main intervention. Isolated use of these techniques is acceptable for incomplete chondral injuries of the talus dome, acute OLTLD, accidental findings during arthroscopy and cartilage damage caused by other diseases (gouty arthritis, pigmented villesonodular synovitis, etc.) [4, 26].

Surgical debridement, bone marrow stimulation

The main goal of surgical treatment of the defect is to stabilize the bone and articular cartilage within the boundaries of the lesion and create an environment that will promote the formation of fibrous cartilage tissue [18, 19]. Bone marrow stimulation (BMS) involves the removal of unstable fragments of the cartilaginous coating, followed by tunneling or microfracturing of the subchondral bone, the result of which is the induction of blood supply in the area of OLTLD. In addition to mechanical stimulation of regenerative processes, a fibrin clot forms inside the treated defect, initiating an inflammatory reaction and the subsequent release of cytokines and growth factors to stimulate the healing process. Pluripotent mesenchymal stem cells migrate from the bone marrow to the clot, begin to differentiate and proliferate, forming a fibrous-cartilaginous type of tissue, subsequently coarse-fibrous cartilage forms at the site of injury [26, 27].

Disputes about indications for BMS continue: 94% of participants in the consensus on the restoration of ankle cartilage (2017) agreed that the "ideal" OLTD for BMS are injuries with a diameter of <10 mm, an area of <100 mm² and a depth of <5 mm. The probability of a good outcome after BMS in lesions with a diameter of 15 mm or more is considered doubtful [26].

This is confirmed by recent data that injuries with a diameter of >10 mm after BMS have a greater risk of progression, which is presumably due to mechanical inferiority of coarse-fibrous cartilage [28].

L. Ramponi et al. in a systematic review define the area of OLTD as one of the predictors of the outcome of BMS: according to their data, the optimal area of OLTD for BMS is less than 107.4 mm² [17]. J.I. Choi et al. found a deterioration in OAFAS indicators in the groups of increased lesion size: groups 100-149 mm², 150-199 mm² and >200 mm² were associated with an increased probability of clinical inefficiency of BMS compared with lesions <100 mm² [29]. The ambiguity of the data suggests that the indications for BMS, determined by the size of the damage, should be revised.

Microfracturing is carried out using an awl with a given bending angle, which is used to process the bone with the formation of multiple microfractures in the area of lesion. Tunneling of the OLTD zone is performed with a drill or a k-wire before the appearance of blood dew from the subchondral layer of bone [29]. Antegrade and retrograde tunneling are distinguished. Retrograde tunneling under C-arm intraoperative control can be used in isolated subchondral injuries with intact proper articular cartilage [30]. Previously popular antegrade transmalleolar tunneling is currently not recommended for use due to damage to the articular cartilage of the tibia/fibula. The most used is antegrade tunneling of the lesion area using arthroscopic technique. However, with posteromedial lesions, the use of standard arthroscopic approaches is impossible, in this situation, classical transmalleolar open approach can be used [26].

For tunneling, it is recommended to use k-wires or drills with a diameter of 1-2 mm. The holes and bone channels during tunneling should be located approximately 5 mm apart and 3-4 mm deep. J.I. Choi et al. found that a greater depth (up to 6 mm) leads to better results even when using thinner means for tunneling than processing to a smaller depth (2 mm) [29].

A number of studies demonstrate up to 85% of good and excellent results in the group of patients who underwent OLTD tunneling. In particular, the

study of B. Chuckpaiwong et al. described the results in 105 patients: OLTD with a size of less than 15 mm (73 observations) after microfracturing were characterized by a successful result. At the same time, only 1 out of 32 OLTD larger than 15 mm met the criteria for successful treatment, and none of the 24 OLTD larger than 20 mm was successful [31].

Fixation of the detached bone-cartilage fragment (fixation on the talar dome)

One of the available options for surgical treatment of patients with primary OLTD is internal fixation of a detached bone-cartilage fragment. The theoretical advantage of fixation is that it facilitates the healing of bone tissue, restores the natural congruence of the subchondral bone plate and preserves the hyaline cartilage of the talar dome [32, 33]. In the long term, this leads to less formation of coarse-fibrous cartilage tissue, which was described in the publication of M.L. Reilingh et al [32]. Studies of the clinical effectiveness of fixation methods (series of observations) demonstrate good and excellent functional results in the range from 78 to 100% [33, 34, 35].

The analysis of the results of fixation with OLTD is difficult due to the variability of the described surgical methods and the wide variety of fixing devices available on the market. Fixation can be performed openly or using arthroscopic techniques and applied with different types of OLTD, while there is no consensus on the optimal surgical technique, method of fixation or defect characteristics that are prognostically favorable.

Fixation can be used in the presence of an intact osteochondral fragment with a diameter of more than 10 mm with a thickness of the bone part of at least 3 mm. Fixation of symptomatic displaced and non-displaced fragments should be performed as soon as possible to increase the healing potential and reduce intra-articular injuries. Most authors recommend debridement and BMS before fixation. The separated fragment due to "swelling" may not correspond to the donor defect on the talar dome and exceed its size, in this situation its modeling is permissible [32, 33].

It is recommended to use at least one bioresorbable compression screw for fixation. To prevent rotation, it is possible to use additional bioresorbable screws or pins, while the size of the fixator should not violate the structural integrity of the fragment, therefore, the maximum recommended diameter of biodegradable fixators is 3.0 mm, steel screws or bone pins (bone peg) — 2.0 or 2.7 mm [32, 33].

Given that most current studies report short-term results of OLTD fixation, future prospective studies should focus on long-term results of clinical efficacy in comparison with BMS.

Stimulation of hyaline cartilage development

Osteochondroplasty using autografts is widely used for the treatment of patients with OLTD. It is indicated in the presence of large symptomatic cystic lesions, as well as when revision interventions are necessary, for example, in case of failure of BMS [17, 36]. The obvious advantage of the technique is the possibility of replacing the OLTD with a graft containing a bone base and hyaline cartilage belonging to the patient [36, 37].

Clinical studies demonstrate the effectiveness of using autologous osteochondral transplantation (AOT): for example, in the review of medium-term clinical outcomes Y. Shimozono et al., good and excellent outcomes were obtained in 87% of patients [38].

Currently, there is no consensus or comparative studies that allow us to formulate reliable indications for AOT and determine the optimal donor site for grafting. The most commonly used area is the lateral condyle of the femur, which is due to the ease of approach, anatomical features and curvature of the articular surface, close to the bend of the talar dome. This area makes it possible to take at least three bone-cartilage grafts without compromising the patellofemoral articulation [36].

There are no unambiguous recommendations regarding the optimal size of the OLTD for the use of AOT, and most studies have a low level of evidence or represent expert opinions [3]. According to the literature sources of recent years, AOT is indicated for primary cystic OLTD more than 1 cm in diameter, as well as for revision interventions after unsuccessful primary treatment with a lesion size of more than 1 cm in diameter. In the review of L. Ramponi et al. considered outcomes after BMS, and the size of OLTD greater than 107 mm² was associated with worse results, which can be interpreted as an indication for AOT [17].

An important aspect is the congruence of the implanted graft(s); positioning is recommended, in which the articular surface of the graft will be located as close as possible to the native cartilage of the talus bone. In a cadaveric study, L.D. Latt et al. used 10 cadaveric samples with varying degrees of graft standing over the articular surface of the talar dome to assess their condition under load [39]. It was found that full graft compliance restores the normal mechanics of the ankle joint, and towering grafts are subject to a significant increase in peak

contact pressure: standing by 1 mm increases contact pressure by 675% in lateral OLTD and 255% in medial [39]. According to A.M. Fansa et al., graft implantation in the most congruent position restores strength, average pressure and peak pressure on the medial region of the talus bone to levels characteristic of intact cartilage [40].

The recommended depth of treatment of OLTD and the length of the graft during sampling is 12-15 mm. A cadaveric study conducted by N.B. Kock et al. demonstrated that the treatment of OLTD with a depth of 12-16 mm and the introduction of the corresponding graft to the level of articular cartilage have greater stability than grafts of shorter length (8 mm) [41].

In situations where the size of the defect exceeds the size of one graft, but does not correspond to two, it is permissible to expand the implantation zone and install two similar bone-cartilage columns or use overlapping grafts in the shape of a crescent, which will help to reduce the "dead zones". A comparison of the use of one and two autografts did not reveal significant differences in clinical outcomes, but the use of three or more had worse results due to an increase in the proportion of patients complaining of soreness of the donor zone [36, 38]. Currently, it is believed that only 1% of patients after osteochondral autotransplantation have graft failure and progression of OLTD with an unsatisfactory clinical outcome [36].

Postoperative cystic changes of the talar dome are quite common, but the degree of their influence is not clear. Thus, in the study of I. Savage-Elliott et al., an analysis of MRI results was carried out in 37 patients after AOT, subchondral cysts were found in 65% with an average follow-up period of 15 months after surgery. In the short term, there were no symptoms and no effect on the clinical outcome [42].

The incidence of soreness in the donor area is less than 10%, but its probability should be discussed with the patient in the preoperative period, especially with high body mass index values and extensive OLTD [43, 44]. In a multicenter series of observations of 354 patients who underwent mosaic plastic surgery, with an average follow-up period of 9.6 years, the incidence of soreness of the donor zone was 5% [43].

Filling in donor defects is rarely used and does not affect the clinical outcome. In a series of observations assessing the soreness of the donor zone in 40 patients with filling of graft collection sites with bone substitutes, E.J. Fraser et al. reported a 5% occurrence with an average follow-up period of 42 months, which correlates with the literature data

on the frequency of this complication in patients without filling donor zones [45].

The choice of approach to the talar bone depends on the localization and size of the OLTD. Medial OLTD more often have central-medial and posteromedial localization, in this case, transmalleolar access with tibial osteotomy can be used. Lateral OLTD are more often observed in the anterior third of the talar dome, approach to it is possible with the help of arthrotomy, in rarer cases — osteotomy of the lateral malleolus [36]. Complications associated with osteotomy are rare, but it is important to ensure reliable fixation.

Osteochondroplasty using allografts involves the replacement of the OLTD with a cylindrical or volumetric cadaveric graft. It can be used when it is necessary to fill in large defects for which other methods of surgical treatment are not applicable due to size or localization [46]. The advantages of allotransplantation include the absence of the need for tissue collecting from the patient's intact joints [46, 47].

Despite the favorable outcomes when used in complex and revision cases, the decision to perform osteochondral allotransplantation requires consideration of numerous factors that remain the subject of discussion. It is necessary to take into account the characteristics of the OLTD, the preferred type of allograft and its storage parameters, the method of intraoperative measurement of size compliance and potential methods of graft fixation.

Several series of observations have been published demonstrating the clinical outcomes of the use of osteochondral allografts [46, 47, 48]. Survival and success vary depending on the duration of follow-up. For example, C.E. Gross et al. published a study with one of the longest observation periods for the use of osteochondral allotransplantation in OLTD with a size of more than 1 cm: 9 patients with stage IV OLTD according to the classification of A. Berndt and M. Harty were observed for 12 years after surgery. Three patients required further fusion of the ankle joint. The remaining 6 patients demonstrated a functional range of motion, only one of the 6 patients described mild pain, the remaining five patients reported no pain symptoms [47].

Osteochondral allotransplantation helps to reduce pain and improve the function of the ankle joint, but there is also evidence of pain retention after surgery. In particular, R. Haene et al. published the results of treatment of 16 patients with an average follow-up period of 4.1 years. The authors noted an improvement in indicators on the AOS (Ankle Osteoarthritis Scale) and AAOS (American

Academy of Orthopedic Surgeons) scales, in their series of observations 62.5% of patients had a good or excellent result [48].

In certain situations, the use of cylindrical osteochondral allografts is preferable to autologous ones, in particular with OLTD more than 1.5 cm in diameter, osteoarthritis of the knee joint, a history of knee joint infection and in patients who are negatively inclined towards the risk of complications of autotransplantation (soreness of the donor site). In their study, J. Ahmad and K. Jones compared the results of using autografts ($n = 20$) and cylindrical allografts ($n = 20$) and did not reveal a statistically significant difference in clinical outcomes [49]. According to the consensus on the restoration of ankle cartilage (2017), osteochondral allotransplantation can be recommended in situations where the size of the OLTD does not allow it to be restored with two cylindrical autografts [44].

The use of cadaveric talus bone grafts is recommended, taking into account the size and side of the injury for the greatest compliance with cartilage thickness, morphology and congruence. C.R. Henak et al. published a study of biomechanical differences between bone-cartilage grafts from the femur and talus bones. The authors found that the femoral cartilage is about twice as thick as the talus, which leads to a mismatch in the height of the cartilage during the implantation of femoral grafts. In addition, the femoral cartilage is softer than the cartilage of the talus bone near the articular surface, and the minimum shear modulus for femoral cartilage is 4 times lower than for the talus. The authors concluded that the femoral cartilage is less resistant to stress. This can lead to an increase in tension in the native tissue surrounding the graft [50].

The allograft can be modeled according to specific size requirements. There are several types of transplants that differ in the ways they are stored and harvested: previously used frozen and freshly frozen allografts are characterized by low viability of chondrocytes (20-30%). Currently, fresh unfrozen grafts are used for plastic surgery of the OLTD, which after harvesting are placed in Ringer's solution or in a nutrient medium. This type of grafts is characterized by greater viability of chondrocytes (up to 67% within 30 days) and is recommended for implantation within 7 days (in some sources — 28 days) [44, 51, 52].

During preoperative planning, in order to select an allograft suitable in size, it is necessary to measure the patient's talus bone according to CT results (length, width and height). A bone-cartilage allo-

graft should contain at least 10 mm of bone tissue [44, 51].

A tight fit of the allograft using fixators is recommended. A systematic review by P. Johnson and D.K. Lee analyzed 15 publications reporting the results of osteochondral allotransplantation of the ankle joint with various fixation methods. Metal screws were used in 59.7%, bioabsorbable fixation was used in 16.2%, and combined fixation was used in 24.1% of cases. The authors concluded that none of the fixation methods had clinical advantages over the others [46].

There are conflicting data on the prevalence of graft collapse. In a series of observations by S.B. Adams et al., no signs of destruction were found, and in a systematic review by G.F. Pereira et al., the overall survival of transplants was 86.6% [53, 54]. This contradicts the conclusions of C.E. Gross et al. and S.M. Raikin et al., who report graft resorption or collapse in 56% and 67% of cases, respectively [47, 52].

Despite the described good results of using allografts, this method cannot be considered an ideal solution. In the study of R. Haene et al, with an average follow-up period of 48 months, 16 patients showed an improvement on the AOFAS scale from an average value of 45 before surgery to 81 points after surgery (the average lesion size was 2.67 cm²). All patients were able to return to their previous motor activity within a year after surgery and reported satisfaction with the results. However, control radiographs revealed the presence of osteophytes in all but one patient and moderate progression of osteoarthritis in two patients [44, 48].

The use of allografts helps to restore function, relieves pain and allows patients to return to their previous motor activity, but does not stop the development of degenerative changes in the ankle joint.

Implantation of autologous chondrocytes

The reparative tissue after surgery aimed at stimulating the bone marrow does not fully correspond to the normal articular cartilage of the talar dome. It has a fibrous-cartilaginous nature and differs from hyaline cartilage in the content of collagen. Osteochondral grafts carry intact cartilage with preserved architecture, but achieving anatomical congruence, graft incorporation and complete healing may be difficult. The principle underlying cell repair methods is the ability of transplanted chondrocytes to generate hyaline-like reparative tissue with biochemical and biomechanical properties closer to the native articular cartilage of the talar dome [5, 55].

Implantation of autologous chondrocytes (ACI – autologous chondrocyte implantation) is a two-stage procedure in which chondrocytes are collected with their in vitro cultivation and subsequent implantation into the defect area [55]. The collection of chondrocytes can be carried out from the knee joint, ankle joint or from a detached bone-cartilage fragment. During implantation, several options for covering implanted cells can be used. In the original description of M. Brittberg et al. used periosteal flap for the coating, however, due to problems with graft hypertrophy, a collagen membrane I/III was developed [56]. In a study comparing two types of coating, C. Gooding et al. found similar clinical and arthroscopic results with fewer complications in the group using membranes [57].

Studies demonstrate positive results of implantation of autologous chondrocytes: with an average follow-up period of 26 months in 8 patients, S. Giannini et al. reported no complications in the postoperative period and an improvement on the AOFAS scale from 32.1 points before surgery to 80.6 points after 6 months, 90 points after 12 months and 91 points after 24 months (the average size of the OLTD was 3.3 cm²). Moreover, histological analysis revealed positive staining for type II collagen and proteoglycan in the extracellular matrix of all samples [58]. M Battaglia et al. reported a similar improvement in average AOFAS scores in 20 patients with a longer follow-up period of 5±1 year (average lesion size 2.7±1 cm²) [59].

Implantation of autologous chondrocytes using matrices (MACI – matrix/membrane autologous chondrocyte implantation) involves the cultivation of chondrocytes on collagen or hyaluronic acid-based matrices before implantation. The advantages of this method include a more uniform distribution of chondrocytes on the implant, the exclusion of chondrocyte differentiation disorders and the absence of the need for a cover layer [55, 60]. Clinical studies show promising results after MACI with OLTD: B. Magnan et al. reported the results of 30 OLTD with an average lesion size of 2.36 cm² after MACI using a collagen matrix. Good and excellent results were obtained in 28 out of 30 patients, and postoperative MRI results showed improved integration [61]. Common indications for MACI are age from 15 to 55 years, single, delimited OLTD, relapse after previous surgery, small lesions with extensive subchondral cystic changes [55, 60].

In the Russian Federation, the use of MACI is limited by the absence of matrices/membranes registered for use in the ankle joint.

Conclusions

The data obtained as a result of a review and analysis of the literature are very heterogeneous. The studied literature could not fully answer a number of questions related to the methods of surgical treatment of patients with symptomatic OLTD and indications for them.

The lack of unambiguous indications for different groups of surgical interventions and the large variability of treatment results emphasize the urgency of the problem and the need for further improvement of diagnostic and therapeutic concepts. It is obvious that a more detailed assessment of the medium- and long-term clinical outcomes of the use of various surgical methods and the development of algorithms for the treatment of this group of patients, specific to different countries, is needed.

References

- Dahmen J., Lambers K.T.A., Reilingh M.L., van Bergen C.J.A., Stufkens S.A.S., Kerkhoffs G.M.M.J. No superior treatment for primary osteochondral defects of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(7):2142-2157. doi: 10.1007/s00167-017-4616-5.
- Kuznetsov V.V., Pakhomov I.A. [Osteochondral lesions of the trochlea tali: modern approaches to surgical treatment (review)]. *Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal [The Siberian Scientific Medical Journal]*. 2016;(2):56-61. (In Russian).
- Pinski J.M., Boakye L.A., Murawski C.D., Hannon C.P., Ross K.A., Kennedy J.G. Low Level of Evidence and Methodologic Quality of Clinical Outcome Studies on Cartilage Repair of the Ankle. *Arthroscopy.* 2016;32(1): 214-222.e1. doi: 10.1016/j.arthro.2015.06.050.
- Younce N. Osteochondral Lesions of the Talus: Literature Review. *Northern Ohio Foot Ankle J.* 2016;5(1):1-7. Available from: NOFA Journal OLT April 2016, revised (nofafoundation.org).
- Looze C.A., Capo J., Ryan M.K., Begly J.P., Chapman C., Swanson D., Singh B.C., Strauss E.J. Evaluation and Management of Osteochondral Lesions of the Talus. *Cartilage.* 2017;8(1):19-30. doi: 10.1177/1947603516670708.
- Lomax A., Miller R.J., Fogg Q.A., Jane Madeley N., Senthil Kumar C. Quantitative assessment of the subchondral vascularity of the talar dome: a cadaveric study. *Foot Ankle Surg.* 2014;20(1):57-60. doi: 10.1016/j.fas.2013.10.005.
- Sorrentino R., Carlson K.J., Bortolini E., Minghetti C., Feletti F., Fiorenza L. et al. Morphometric analysis of the hominin talus: Evolutionary and functional implications. *J Hum Evol.* 2020;142:102747. doi: 10.1016/j.jhevol.2020.102747.
- Dekker T.J., Dekker P.K., Tainter D.M., Easley M.E., Adams S.B. Treatment of Osteochondral Lesions of the Talus: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev.* 2017;5(3):01874474-201703000-00001. doi: 10.2106/JBJS.RVW.16.00065.
- Zeinalov V.T., Shkuro K.V. [Recent methods of treatment of osteochondral lesions (osteochondritis dessicans) of the talus (literature review)]. *Kafedra travmatologii i ortopedii [Department of Traumatology and Orthopedics]*. 2018;4(34):24-36. doi: 10.17238/issn2226-2016.2018.4.24-36. (In Russian).
- Konig F. Uber freie korper in den gelenken. *Dtsch Z Chir.* 1887;27;90-109.
- Prado M.P., Kennedy J.G., Raduan F., Nery C. Diagnosis and treatment of osteochondral lesions of the ankle: current concepts. *Rev Bras Ortop.* 2016;51(5):489-500. doi: 10.1016/j.rboe.2016.08.007.
- van Bergen C.J.A., Baur O.L., Murawski C.D., Spennacchio P., Carreira D.S., Kearns S.R. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Diagnosis: History, Physical Examination, Imaging, and Arthroscopy: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018 Jul;39(1_suppl):3S-8S. doi: 10.1177/1071100718779393
- Gianakos A.L., Yasui Y., Hannon C.P., Kennedy J.G. Current management of talar osteochondral lesions. *World J Orthop.* 2017;8(1):12-20. doi: 10.5312/wjo.v8.i1.12.
- Skoroglyadov A.V., Naumenko M.V., Zinchenko A.V., Korobushkin G.V. [Osteochondral lesions of the talus]. *Vestnik Rossiiskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta [Bulletin of Russian State Medical University]*. 2012;(5):40-45. (In Russian).
- Coughlin M.J., Saltzman C.L., Anderson R.B. *Mann's Surgery of the Foot and Ankle, 2-Volume Set: 9th Ed.* Mosby; 2013. pp. 1748-1759.
- Hepple S., Winson I.G., Glew D. Osteochondral lesions of the talus: a revised classification. *Foot Ankle Int.* 1999;20(12):789-793. doi: 10.1177/107110079902001206.
- Ramponi L., Yasui Y., Murawski C.D., Ferkel R.D., DiGiovanni C.W., Kerkhoffs G.M.M.J. et al. Lesion Size Is a Predictor of Clinical Outcomes After Bone Marrow Stimulation for Osteochondral Lesions of the Talus: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2017;45(7):1698-1705. doi: 10.1177/0363546516668292.
- Van Dijk C.N. *Ankle arthroscopy: Techniques developed by the Amsterdam foot and ankle school.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. pp. 149-184.
- Elias I., Jung J.W., Raikin S.M., Schweitzer M.W., Carrino J.A., Morrison W.B. Osteochondral lesions of the talus: change in MRI findings over time in talar lesions without operative intervention and implications for staging systems. *Foot Ankle Int.* 2006;27(3):157-166. doi: 10.1177/107110070602700301.
- van Diepen P.R., Dahmen J., Altink J.N., Stufkens S.A.S., Kerkhoffs G.M.M.J. Location Distribution of 2,087 Osteochondral Lesions of the Talus. *Cartilage.* 2020:1947603520954510. doi: 10.1177/1947603520954510.
- Berndt A., Harty M. Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 1959;41-A:988-1020.
- Scranton P.E. Jr., McDermott J.E. Treatment of type V osteochondral lesions of the talus with ipsilateral knee osteochondral autografts. *Foot Ankle Int.* 2001;22(5):380-384. doi: 10.1177/107110070102200504.

23. Ferkel R.D., Sgaglione N.A., Del Pizzo W. Arthroscopic treatment of osteochondral lesions of the talus: technique and results. *Orthop Trans.* 1990;(14): 172-175.
24. Cheng M.S., Ferkel R.D., Applegate G.R. Osteochondral lesions of the talus: a radiologic and surgical comparison. Oral presentation presented at: Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. New Orleans, 1995.
25. Mintz D.N., Tashjian G.S., Connell D.A., Deland J.T., O'Malley M., Potter H.G. Osteochondral lesions of the talus: a new magnetic resonance grading system with arthroscopic correlation. *Arthroscopy.* 2003;19(4):353-359. doi: 10.1053/jars.2003.50041.
26. Hannon C.P., Bayer S., Murawski C.D., Canata G.L., Clanton T.O., Haverkamp D. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Debridement, Curettage, and Bone Marrow Stimulation: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1_suppl):16S-22S. doi: 10.1177/1071100718779392.
27. Polat G., Erşen A., Erdil M.E., Kızılkurt T., Kılıçoğlu Ö., Aşık M. Long-term results of microfracture in the treatment of talus osteochondral lesions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1299-1303. doi: 10.1007/s00167-016-3990-8.
28. Hunt K.J., Lee A.T., Lindsey D.P., Slikker W., Chou L.B. Osteochondral lesions of the talus: effect of defect size and plantarflexion angle on ankle joint stresses. *Am J Sports Med.* 2012;40(4):895-901. doi: 10.1177/0363546511434404.
29. Choi J.I., Lee K.B. Comparison of clinical outcomes between arthroscopic subchondral drilling and microfracture for osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(7):2140-2147. doi: 10.1007/s00167-015-3511-1.
30. Shimozone Y., Brown A.J., Batista J.P., Murawski C.D., Gomaa M., Kong S.W. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Subchondral Pathology: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1_suppl):48S-53S. doi: 10.1177/1071100718781866.
31. Chuckpaiwong B., Berkson E.M., Theodore G.H. Microfracture for osteochondral lesions of the ankle: outcome analysis and outcome predictors of 105 cases. *Arthroscopy.* 2008;24(1):106-112. doi: 10.1016/j.arthro.2007.07.022.
32. Reilingh M.L., Murawski C.D., DiGiovanni C.W., Dahmen J., Ferrao P.N.F., Lambers K.T.A. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Fixation Techniques: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1_suppl):23S-27S. doi: 10.1177/1071100718781096.
33. Kerkhoffs G.M., Reilingh M.L., Gerards R.M., de Leeuw P.A. Lift, drill, fill and fix (LDF): a new arthroscopic treatment for talar osteochondral defects. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1265-1271. doi: 10.1007/s00167-014-3057-7.
34. Kraeutler M.J., Chahla J., Dean C.S., Mitchell J.J., Santini-Araujo M.G., Pinney S.J. et al. Current concepts review update: osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle Int.* 2017;38(3):331-342. doi: 10.1177/1071100716677746.
35. Van Bergen C.J., Kox L.S., Maas M., Sierevelt I.N., Kerkhoffs G.M., van Dijk C.N. Arthroscopic treatment of osteochondral defects of the talus: outcomes at eight to twenty years of follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(6):519-525. doi: 10.2106/JBJS.L.00675.
36. Hurley E.T., Murawski C.D., Paul J., Marangon A., Prado M.P., Xu X. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Osteochondral Autograft: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1_suppl):28S-34S. doi: 10.1177/1071100718781098.
37. Koryshkov N.A., Khapilin A.P., Khodzhiyev A.S., Voronkevich I.A., Ogarev E.V., Simonov A.B. et al. [Treatment of local talus osteochondral defects using mosaic autogenous osteochondral plasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii [Traumatology and Orthopedics of Russia].* 2014;(4):90-98. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-4-90-98.
38. Shimozone Y., Hurley E.T., Myerson C.L., Kennedy J.G. Good clinical and functional outcomes at mid-term following autologous osteochondral transplantation for osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(10):3055-3062. doi: 10.1007/s00167-018-4917-3.
39. Latt L.D., Glisson R.R., Montijo H.E., Usulli F.G., Easley M.E. Effect of graft height mismatch on contact pressures with osteochondral grafting of the talus. *Am J Sports Med.* 2011;39(12):2662-2669. doi: 10.1177/0363546511422987.
40. Fansa A.M., Murawski C.D., Imhauser C.W., Nguyen J.T., Kennedy J.G. Autologous osteochondral transplantation of the talus partially restores contact mechanics of the ankle joint. *Am J Sports Med.* 2011;39(11):2457-2465. doi: 10.1177/0363546511419811.
41. Kock N.B., Van Susante J.L., Buma P., Van Kampen A., Verdonschot N. Press-fit stability of an osteochondral autograft: influence of different plug length and perfect depth alignment. *Acta Orthop.* 2006;77(3):422-428. doi: 10.1080/17453670610046352.
42. Savage-Elliott I., Smyth N.A., Deyer T.W., Murawski C.D., Ross K.A., Hannon C.P. et al. Magnetic resonance imaging evidence of postoperative cyst formation does not appear to affect clinical outcomes after autologous osteochondral transplantation of the talus. *Arthroscopy.* 2016;32(9):1846-1854. doi: 10.1016/j.arthro.2016.04.018.
43. Hangody L., Dobos J., Baló E., Pánics G., Hangody L.R., Berkes I. Clinical experiences with autologous osteochondral mosaicplasty in an athletic population: a 17-year prospective multicenter study. *Am J Sports Med.* 2010;38(6):1125-1133. doi: 10.1177/0363546509360405.
44. Smyth N.A., Murawski C.D., Adams S.B.Jr, Berlet G.C., Buda R., Labib S.A. et al. International Consensus Group on Cartilage Repair of the Ankle. Osteochondral Allograft: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1_suppl):35S-40S. doi: 10.1177/1071100718781097.

45. Fraser E.J., Savage-Elliott I., Yasui Y., Ackermann J., Watson G., Ross K.A. et al. Clinical and MRI donor site outcomes following autologous osteochondral transplantation for talar osteochondral lesions. *Foot Ankle Int.* 2016;37(9):968-976. doi: 10.1177/1071100716649461.
46. Johnson P., Lee D.K. Evidence-based rationale for ankle cartilage allograft replacement: a systematic review of clinical outcomes. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54(5):940-943. doi: 10.1053/j.jfas.2014.12.008.
47. Gross C.E., Adams S.B., Easley M.E., Nunley J.A. II. Role of fresh osteochondral allografts for large talar osteochondral lesions. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(1):e9-e17. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00302.
48. Haene R., Qamirani E., Story R.A., Pinsker E., Daniels T.R. Intermediate outcomes of fresh talar osteochondral allografts for treatment of large osteochondral lesions of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(12):1105-1110. doi: 10.2106/JBJS.J.02010.
49. Ahmad J., Jones K. Comparison of osteochondral autografts and allografts for treatment of recurrent or large talar osteochondral lesions. *Foot Ankle Int.* 2016;37(1):40-50. doi: 10.1177/1071100715603191.
50. Henak C.R., Ross K.A., Bonnevie E.D., Fortier L.A., Cohen I., Kennedy J.G. et al. Human talar and femoral cartilage have distinct mechanical properties near the articular surface. *J Biomech.* 2016;49(14):3320-3327. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.08.016.
51. Schmidt K.J., Tírico L.E., McCauley J.C., Bugbee W.D. Fresh osteochondral allograft transplantation: is graft storage time associated with clinical outcomes and graft survivorship? *Am J Sports Med.* 2017;45(10):2260-2266. doi: 10.1177/0363546517704846.
52. Raikin S.M. Fresh osteochondral allografts for large-volume cystic osteochondral defects of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(12):2818-2826. doi: 10.2106/JBJS.I.00398.
53. Adams S.B. Jr, Viens N.A., Easley M.E., Stinnett S.S., Nunley J.A. 2nd. Midterm results of osteochondral lesions of the talar shoulder treated with fresh osteochondral allograft transplantation. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(7):648-654. doi: 10.2106/JBJS.J.00141.
54. Pereira G.F., Steele J.R., Fletcher A.N., Clement R.D., Arasa M.A., Adams S.B. Fresh Osteochondral Allograft Transplantation for Osteochondral Lesions of the Talus: A Systematic Review. *J Foot Ankle Surg.* 2021;60(3):585-591. doi: 10.1053/j.jfas.2021.02.001.
55. Rothrauff B.B., Murawski C.D., Anghong C., Becher C., Nehrer S., Niemeyer P. et al. Scaffold-Based Therapies: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int.* 2018;39(1_suppl):41S-47S. doi: 10.1177/1071100718781864.
56. Brittberg M., Lindahl A., Nilsson A., Ohlsson C., Isaksson O., Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *N Engl J Med.* 1994;331(14):889-895.
57. Gooding C., Bartlett W., Bentley G., Skinner J.A., Carrington R., Flanagan A. A prospective, randomised study comparing two techniques of autologous chondrocyte implantation for osteochondral defects in the knee: periosteum covered versus type I/III collagen covered. *Knee.* 2006;13(3):203-210. doi: 10.1016/j.knee.2006.02.011.
58. Giannini S., Battaglia M., Buda R., Cavallo M., Ruffilli A., Vannini F. Surgical treatment of osteochondral lesions of the talus by open-field autologous chondrocyte implantation: a 10-year follow-up clinical and magnetic resonance imaging T2-mapping evaluation. *Am J Sports Med.* 2009;37 Suppl 1: 112S-118S. doi: 10.1177/0363546509349928.
59. Battaglia M., Vannini F., Buda R., Cavallo M., Ruffilli A., Monti C. et al. Arthroscopic autologous chondrocyte implantation in osteochondral lesions of the talus: mid-term T2-mapping MRI evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(8):1376-1384. doi: 10.1007/s00167-011-1509-x.
60. Gao L., Orth P., Cucchiari M., Madry H. Autologous matrix-induced chondrogenesis: a systematic review of the clinical evidence. *Am J Sports Med.* 2019;47(1):222-231. doi: 10.1177/0363546517740575.
61. Magnan B., Samaila E., Bondi M., Vecchini E., Micheloni G.M., Bartolozzi P. Three-dimensional matrix-induced autologous chondrocytes implantation for osteochondral lesions of the talus: mid-term results. *Adv Orthop.* 2012;2012:942174. doi: 10.1155/2012/942174.

AUTHORS' INFORMATION:

Ekaterina A. Pashkova — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
 caterinapashkova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3198-9985>

Evgenii P. Sorokin — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia
 sorokinortoped@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9948-9015>

Viktor A. Fomichev — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

fomichev@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0864-0171>

Nikita S. Konovalchuk — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

konovalchuk91@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2762-816X>

Ksenia A. Demyanova — Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

ksunyablack@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2239-2792>

Authors' contribution:

Pashkova E.A. — idea, search for scientific literature on the topic, generalization and analysis.

Sorokin E.P. — idea, search for scientific literature on the topic, generalization and analysis.

Fomichev V.A. — search for scientific literature on the topic.

Konovalchuk N.S. — search for scientific literature on the topic.

Demyanova K.A. — search for scientific literature on the topic.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to be responsible for all aspects of the work in order to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Conflict of interest:

The authors declare that there is no conflict of interest.



Hoffa Fracture: Review

Anastasiia E. Shinkevich¹, Vladimir V. Khominets², Arvid B. Abolin^{1,2},
Nikodim G. Kulik^{2,3}, Vladimir I. Kotov^{3,2}

¹ St. Petersburg City Hospital No. 3, St. Petersburg, Russia

² Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

³ Saint-Petersburg City Hospital No.15, St. Petersburg, Russia

Abstract

Hoffa fracture is an extremely rare injury of one or two condyles of the femur in the frontal plane, more often associated with injury to other structures of the knee joint area. The main cause of the Hoffa fracture is considered to be a high-energy injury (road accident — in 80.5% of cases). The isolated Hoffa fracture accounts for 0.65% of all femoral fractures. To date, there is no consensus on surgical approach or optimal technique of internal fixation for the frontal fracture of the femoral condyles. There is also a large percentage of mistakes in the X-ray diagnosis of this pathology. The existing classifications have not found wide application in clinical practice, being difficult and inapplicable for solving the issue of treatment tactics and preoperative planning. The aim of the study is to present modern views on the diagnosis, principles and techniques of surgical treatment of patients with the Hoffa fractures based on the analysis of the literature. Based on the analyzed literature, conclusions are drawn about the need for careful collection of injury anamnesis, increased surgeon caution in the presence of this injury clinical picture and the simultaneous absence of pathology on standard knee joint X-rays, the need to perform an additional examination in the form of lateral (non-standard) projections of the knee joint X-rays, CT or MRI. During preoperative planning, preference should be given to minimally invasive technologies, including arthroscopically-associated methods of treatment.

Keywords: Hoffa fracture, frontal femoral condyle fracture, hidden fracture.

Funding: no funding or sponsorship was received for this study.

 **Cite as:** Shinkevich A.E., Khominets V.V., Abolin A.B., Kulik N.G., Kotov V.I. [Hoffa: Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):162-172. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-162-172>.

 Vladimir V. Khominets; e-mail: khominets_62@mail.ru

Received: 29.07.2021. Accepted for publication: 24.09.2021.

© Shinkevich A.E., Khominets V.V., Abolin A.B., Kulik N.G., Kotov V.I., 2021



Обзорная статья
УДК 616.718.46-001.5
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-162-172>

Перелом Гоффа: обзор иностранной литературы

А.Е. Шинкевич¹, В.В. Хоминец², А.Б. Аболин^{1,2}, Н.Г. Кулик^{2,5}, В.И. Котов^{5,2}

¹ СПб ГБУЗ «Елизаветинская больница», г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБ ВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

³ СПб ГБУЗ «Городская больница № 15», г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Перелом Гоффа (ПГ) — это крайне редкая травма одного или двух мыщелков бедренной кости во фронтальной плоскости, чаще ассоциированная с повреждением других структур области коленного сустава. Основной причиной ПГ считается высокоэнергетическая травма. На долю изолированного перелома Гоффа приходится 0,65% всех переломов бедренной кости. На сегодняшний день не существует единого мнения о хирургическом доступе или оптимальной технике внутренней фиксации при фронтальном переломе мыщелков бедренной кости. Также существует большой процент ошибок при рентгенологической диагностике данной патологии. Существующие классификации не нашли широкого применения в клинической практике, являясь громоздкими и неприменимыми для решения вопроса о тактике лечения и предоперационного планирования. Цель обзора — на основании анализа литературы представить современные взгляды на диагностику, принципы и технику хирургического лечения пациентов с переломами Гоффа. На основе анализа литературы сделаны выводы о необходимости тщательного сбора анамнеза травмы, повышенной настороженности хирурга при наличии клинической картины данного повреждения и одновременного отсутствия патологии на стандартных рентгенограммах коленного сустава, необходимости выполнять дополнительное обследование в виде боковых (нестандартных) проекций рентгенографии коленного сустава, СКТ или МРТ. Во время предоперационного планирования следует отдавать предпочтение малоинвазивным технологиям, в том числе артроскопически-ассоциированным методам лечения.

Ключевые слова: перелом Гоффа, фронтальный перелом мыщелка бедренной кости, скрытый перелом.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Шинкевич А.Е., Хоминец В.В., Аболин А.Б., Кулик Н.Г., Котов В.И. Перелом Гоффа: обзор иностранной литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):162-172. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-162-172>.

Хоминец Владимир Васильевич; e-mail: khominets_62@mail.ru

Рукопись поступила: 29.07.2021. Принята в печать: 24.09.2021.

© Шинкевич А.Е., Хоминец В.В., Аболин А.Б., Кулик Н.Г., Котов В.И., 2021

Background

Hoffa fracture (HF) is a rare injury to one or both femoral condyles in the frontal plane. The fracture was first described by Albert Hoffa in 1904, but the general recognition of this pathology by the orthopedic community came in the 1970s after the appearance of J. Letenneur's classification of frontal femoral fractures [1] and its publication in the 2nd edition of the Manual of Internal Fixation [2].

HF is often associated with multiple high-energy injuries of the knee joint area [3]. Therefore, according to S. Pathak et al., it is sometimes not diagnosed during routine research [4]. Based on the insignificant frequency (on average, isolated HF occurs in 0.007% of all bone injuries), studies on this injury are relatively few represented in the scientific literature. Thus, O. Martinet et al. believe that the share of all fractures of the distal femur accounts for 6%, and HF, according to Y. Zhou et al. account for only 8.7-13.0% of intra- and periarticular injuries [5, 6]. However, the results of a retrospective study performed by S.E. Nork et al. showed that, out of 220 cases of supra- and transcondylar femoral fractures, associated HF was detected in 38.1%, but isolated HF was diagnosed in only 0.65% of all femoral fractures [3].

M. Manfredini et al. showed that due to the anatomical features of the region, a fracture of the lateral condyle occurs in 78-87% of HF: physiological valgus of the distal femur leads to the primary involvement of its external part in the structure of the injury [7]. According to the research of B. Harna et al., bicondylar HF is more common in the children's age group [8].

Most researchers consider high-energy trauma to be the main cause of HF in young people (road accidents, including motorcycle injury – 80.5%, catatrauma – 9.1%), with an average age of 42.8 years, men of working age twice prevail [6]. In elderly people and patients with severe osteoporosis, this injury is more often caused by low-energy trauma. In addition, Y. Zhou and S.E. Nork et al. investigated the causes and nature of iatrogenic HF [4, 6].

According to J.-S. Bel et al., in 95% of cases of HF, a decision is made on surgical treatment [9]. Surgical treatment is also recommended for HF without displacement of fragments due to the high risk of secondary displacement, non-union, development of post-traumatic osteoarthritis,

contractures and other complications, while there is currently no consensus on surgical approaches and optimal technique of internal fixation [10].

It should be noted a large percentage of mistakes in the diagnosis: according to W. Mak et al., with standard radiography of the knee joint in two projections (direct and lateral), the correct diagnosis is established in less than 70% of cases, so many researchers classify HF as a "hidden fracture" [11].

The purpose of the review is to present modern views on the diagnosis, principles and techniques of surgical treatment of patients with HF based on the analysis of the literature.

Diagnostic features

HF without displacement are usually difficult to diagnose from radiographs made in standard projections, because the fracture line is overlapped by the lateral condyle. The latter, according to M. Manfredini et al., leads to wrong radiological conclusions in 30% of cases [7]. Radiography should include a straight, lateral, internal or external oblique projection (if injury to the lateral or medial condyle is suspected, respectively). Also, when detecting hemarthrosis and severe pain syndrome, it is necessary to suspect a "hidden" fracture of the knee joint area, which, according to J.S. Apple et al., turns out to be HF in 14% of cases [12]. Computed tomography (CT) remains the gold standard for the diagnosis of intra-articular fractures, and in the case of HF, CT allows you to determine the presence of fracture and its nature, the degree of displacement and the location of the fracture line relative to soft tissues. This makes it possible to adequately classify this injury and determine further treatment tactics [13]. According to S.E. Nork et al., among 102 patients who underwent CT, HF was diagnosed in 47. In the control group of 100 patients who did not undergo CT, the injury in question was detected only in 29% – 1.5 times less often [3].

In connection with the above, A.M. Wagih considers it necessary to increase the alertness of orthopedic surgeons to potential HF. In his opinion, in such patients anamnesis and the mechanism of injury must carefully collected. Most of the patients note instability of the knee joint in the 30 ° flexion position, but with full extension, instability is not determined. With timely undi-

agnosed HF, patients will experience pain and restricted movement in the knee joint, followed by the development of post-traumatic osteoarthritis [14].

An analysis of the literature shows the need for a thorough clinical examination of a patient with knee joint injuries, the appointment of more complex studies (CT and MRI) in any doubtful cases, especially taking into account the careful collection of anamnesis and understanding of the injury mechanism.

Mechanism of injury

The most common cause of high-energy injuries in the modern world remain road accidents. Y. Zhou et al. described in detail the mechanism of injury that leads to HF during an accident: during collision on a knee bent at 90 degrees, a large inertial force causes a shock load in the direction from the proximal femur to the condyles of the lower leg. At the same time, the braking force creates high shear forces between the femoral condyles and the tibial plateau, which leads to the displacement of the femoral condyle in the ascending direction, as well as ruptures of the quadriceps tendon, its own patellar ligament, severe dislocations of the lower leg and other injuries. Depending on the valgus or varus direction of the axial force, fractures of the lateral or medial femoral condyle occur, and two-condyle injuries are possible [6].

Low-energy fractures of the femoral condyles were studied by A.K. Mootha et al.: in addition to elderly people and patients with severe osteoporosis, HF occur in patients who have had polio and have long-term consequences in the form of paresis of the lower extremities, as well as in cases of bone hypoplasia or some metabolic disorders [15].

The main cause of iatrogenic HF is considered by B.C. Werner and M.D. Miller to be incorrect surgical interventions during the reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) [16]. The most common surgical mistake during surgery is the incorrect formation of the bone canal in the lateral femoral condyle, which causes up to 70% of the unsatisfactory results of the ACL reconstruction. J.P. Rue et al. came to the conclusion that when the femoral canal is formed too close to the posterior edge of the articular surface, tendon conduction, as well as its fixation with an in-

terference screw, can lead to a fracture [17]. The same conclusions were reached by T.S. Wilson et al., considering intraoperative destruction of the posterior wall of the canal as a technical error of the operative technique [18]. Both groups of researchers calculated that the bone canal for grafting and fixing with a screw with a diameter of more than 20% of the total diameter of the femur reduces bone strength by more than 2 times. Therefore, the formation of a bone canal of more than 10 mm is always accompanied by a risk of fracture, especially in delicate patients. A single case of stress fracture of the proximal femur to the formed canal 8 months after surgery has also been described [18].

Based on the specific mechanism of this injury, increased alertness of the doctor is necessary when examining and collecting anamnesis in patients with suspected HF. The described clinical picture, the specific mechanism of injury of the knee joint, located at a certain angle at the time of exposure to it, both in young people and in elderly patients, are indications for the appointment of radiography in atypical planes, CT and MRI of the knee joint to exclude HF.

Classifications

Currently, several classifications of HF are known: the first and most famous among foreign surgeons is the classification of J. Letenneur (1978), the classification of W.H. Li (2013), V. Bagaria (2019), the classification of AO with additions (2018) [1, 19, 20, 21 22].

J. Letenneur divided HF into three types. Type I (the most common): the fracture line runs parallel to the posterior cortical layer of the femur with the involvement of the entire condyle. Often, the fracture line is located at the site of attachment of the ACL and lateral collateral ligament (LCL) to the femur, while the tendon of the popliteus muscle (TPM) and the lateral head of the gastrocnemius muscle (LHGM) remain attached to the distal fragment. Type II: the fracture line is located posteriorly and parallel to the posterior cortical layer of the femur, also posteriorly from the attachment of the LCL; it is divided into 3 subtypes depending on the attachment of soft tissues to the fragment. The fragments located behind the dotted line "a" retain the attachment of the TPM and LHGM. The fragments located behind the dotted line "b" retain partial attachment

of the TPM or LHGM. There is no attachment of soft tissues to the fracture fragments located behind the dotted line "c". Type III: oblique fracture of the femoral condyle involving the entire condyle with a fracture line located anteriorly from the joint capsule, ACL, LCL, TPM and LHGM (Fig. 1).

In fractures of types I and III, the prognosis is favorable, because soft tissues retain attachment to fragments, thereby providing sufficient blood supply to the fracture area. With type II injuries, there is a high risk of non-union and avascular necrosis due to poor blood supply (intra-articular fracture with the formation of a free intra-articular fragment) [1].

W.H. Li et al. improved the Letenneur classification in 2013. After additional CT imaging, two lines are drawn in the sagittal plane of the thigh: the first is the anatomical axis of the thigh, the second is parallel to the axis of the thigh, and the third line is drawn along the posterior cortical layer of the femur. Thus, the distal femur is divided into three parts [19]. However, due to the sufficient complexity, this classification has not been widely recognized in the scientific literature and is mentioned only in the work of Y. Zhou et al. [6].

According to the AO classification, HF are classified as 33-B2 and 33-B3 [21]. However, due to excessive generalization, A. Dua and R. Shamshey consider it impossible to use this classification for preoperative planning. The researchers proposed an addition to the AO classification (2010), identifying 4 subtypes of HF, and tried to adapt the classification to select the type of fixation. The proposed clarifications are based on the location of the fracture line and combined injuries of the distal femur. Type I is characterized by an isolated frontal fracture of one condyle, while

the authors consider it sufficient to fix such injury with two or three spongy screws carried out in the anteroposterior direction. Type II, in which both condyles of the femur are involved, requires fixing both condyles with screws, also in the anteroposterior direction. In these cases, if the line of one of the fractures is proximal to the other, a medial or lateral buttress plate is required. Type III is a single-condylar HF with associated supracondylar fracture, type IV is a single-condylar HF with a comminuted intraarticular fracture of the distal femur in other planes. In case of injuries of types III and IV, osteosynthesis of the fracture is performed similarly to isolated HF with additional fixation of the concomitant fracture with a buttress plate [22].

V. Bagaria et al. identified 4 types of HF in 2019: type 1 – all frontal fractures with a fragment of more than 2.5 cm coming from the posterior edge of the condyle, type 2 – a fragment of less than 2.5 cm, type 3 – a comminuted fracture of one condyle, 4a – a frontal fracture of the anterior femoral condyle, 4b – a bicondylar fracture, 4c – an osteochondral fracture, 4d - HF associated with a supracondylar fracture [20] (Fig. 2). Depending on the type of fracture, the tactics of surgical treatment are determined, i.e. in type I, it is recommended to carry out spongy screws in the anterior-posterior direction (hereinafter A-P), type II – carrying out spongy screws in the posterior-anterior (hereinafter P-A), type III – carrying out spongy screws with additional fixation with a buttress plate; 4a - fixing screws in the direction A-P, 4b – tactics is determined depending on the size of the fragment and the nature of the fracture, 4c – fixing with a Herbert screw or biodegradable screws, 4d – fixing with spongy screws with additional fixation by locking plate for the distal femur (Fig. 3).

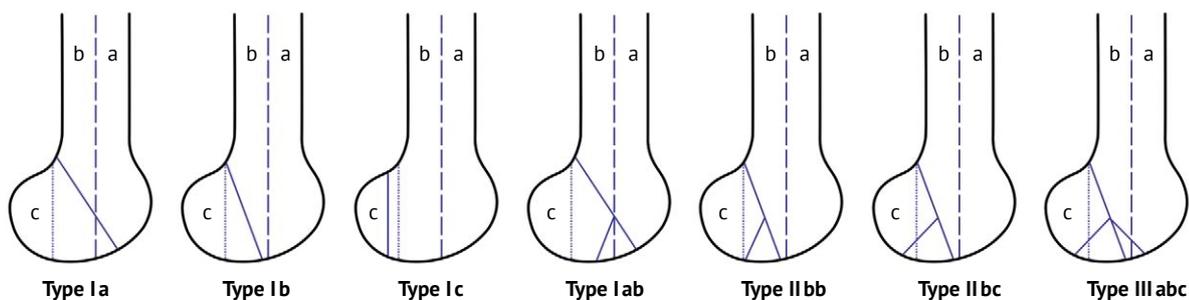


Fig. 1. Letenneur's classification (1978) [1]

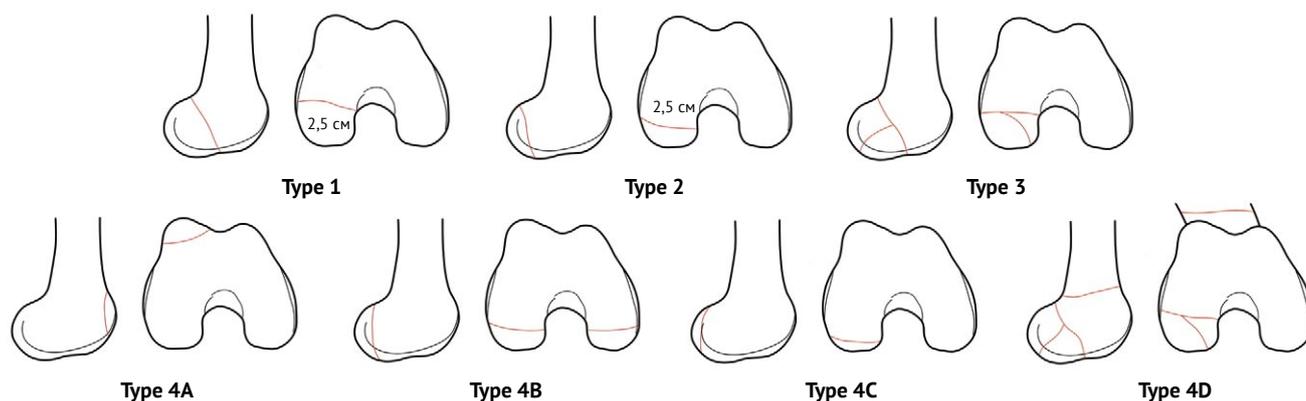


Fig. 2. Classification of V. Bagaria et al. (2019)

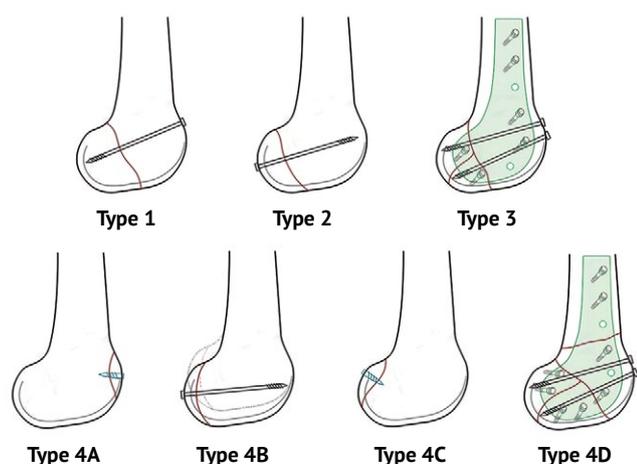


Fig. 3. Osteosynthesis with screws and plate for all types of the Hoffa fracture

The determination of the size of the fragment is 2.5 cm due to the average value of the compression ability of spongy screws with a thread length of 16 mm.

The classification is based on a retrospective analysis of 30 cases of HF in the period 2013-2017, as well as 77 studies that meet the requirements of "Hoffa's fracture", "coronal fracture", "osteochondral fracture distal femur", "Letenneur classification", describing 412 cases of HF. The main goal of the authors was the convenience and universality of classification for preoperative planning. Assessment of the perception of classification was carried out by six independent surgeons. As a result, the kappa Cohen consistency coefficient reached 1, which means a complete match, the so-called the consent of experts in the study of the material [20]. The classification was published relatively recently — in 2019, which is

probably why it has not yet found wide application among surgeons. Nevertheless, it seems to be quite universal and convenient for the unification of fractures and the definition of surgical treatment tactics.

Currently, the Letenneur classification remains the most frequently mentioned among foreign surgeons and appears in all the articles studied, but it does not meet the criteria necessary for preoperative planning, it is cumbersome. An increase in interest in this pathology and the emergence of new, including improved classifications based on CT imaging, may gradually lead to a decrease in the popularity of the Letenneur classification, leaving it only as the historically most well-known.

Features of treatment

A. Dua and P. Shamsheery perform conservative treatment for HF without displacement of fragments: immobilization is carried out in the average physiological position of the knee joint (flexion 20–35°). Also, conservative treatment of a bicondylar HF is possible using skeletal traction carried out through the tuberosity of the tibia. However, in most cases, secondary displacement, joint contracture and early development of osteoarthritis are observed [22]. Therefore, the overwhelming number of researchers are inclined to early internal fixation of this injury.

Surgical approaches

The choice of surgical approach depends on the location and nature of the fracture, but there are no generally accepted recommendations [6, 13]. Most authors use standard lateral and lateral parapatellar approaches when the lateral condyle is damaged.

Some authors believe that combined lateral parapatellar approach with Gerdy tubercle osteotomy provides the most adequate visualization for bicondylar HF. A skin incision is made from the middle of the lateral condyle of the femur along the iliotibial tract, not reaching 2 cm to the tuberosity of the tibia, passing between the Gerdy tubercle and the anterior edge of the fibular head; skin, soft tissues are mobilized, the Gerdy tubercle is released. Osteotomy of the anterior part of the tubercle is approximately 10 mm wide, 20 mm long and 7-10 mm with the place of attachment of the iliotibial tract, which is diverted in the proximal direction. The m. biceps, LCL, popliteus muscle, posterolateral joint capsule, posterior horn of the lateral meniscus are visualized [23, 24, 25].

With a medial fracture of the femoral condyle, medial parapatellar approach is more often used. In addition, D.G. Viskonas et al. describe medial "subvastus" access. The researchers consider the advantages of the latter to be the preservation of the quadriceps femoral muscle, good visualization of the patellofemoral ligament with its subsequent anatomical restoration, preservation of the medial superior knee artery, which reduces the risk of avascular necrosis and non-union [26].

To fix fractures of the external condyle at the end of the last century (1999), a modified anterolateral "swashbuckler" ("hooligan") access was described: a lateral approach located between the lateral patellofemoral ligament and M. vastus lateralis. A parapatellar arthrotomy is performed, m. quadriceps with the patella are removed medially, which allows you to visualize almost the entire articular surface of the distal femur. The advantage of approach is its location: the skin incision does not interfere with subsequent approach during knee arthroplasty [27].

In some cases, technically more complex approaches are also offered. Thus, Y. Tan et al. describe a variant of posterolateral approach starting from the space between the N. peroneal and biceps femoris muscle [28]. M. Gao et al. propose a minimally invasive posteromedial approach that begins between M. gracilis, the medial head of m. gastrocnemius and the medial collateral ligament [29].

W. Orapiriyakul et al. conducted a large study on cadaveric material based on the Letenneur classification, as a result of which the follow-

ing data were obtained. With HF of the medial condyle with a distal fracture fragment of less than 18.3% of the length of the medial condyle in the anteroposterior direction and a fragment of less than 10.1%, similarly for the lateral condyle, parapatellar approaches incompletely visualize the fracture zone, which corresponds to type II according to the Letenneur classification. However, with a fragment of more than 28.7% for the medial condyle and more than 19.9% for the lateral condyle, parapatellar approaches are recommended. Direct posteromedial and posterolateral approaches are recommended in the case of fragments less than 28.7% for the medial and less than 19.8% for the lateral condyles, respectively [30].

An analysis of the literature shows that even though there is not always sufficient visualization of the fracture area, most researchers tend to fairly simple and accessible parapatellar medial and lateral approaches. Posterior approaches due to the high risk of nearby major vessels and nerves injury are technically extremely difficult and require high skill. However, in some cases, given the small size of the displaced fragments or other features, they need to be considered during preoperative planning after adequate two- and three-dimensional visualization of the fracture area.

Arthroscopy options

Considering surgical approaches, it is impossible not to bypass the options of modern arthroscopy, while standard ports are usually sufficient [14, 31]. The advantages of arthroscopic treatment are known: this is a low injury rate, minimal impact on blood supply, early exercise and, as a result, prevention of contractures. In HF arthroscopic technique due to the limited intra-articular space for manipulation is not always applicable. However, visualization of the soft tissues interposition and their elimination is technically feasible arthroscopically, while the most difficult tasks are reduction and carrying out screws perpendicular to the fracture line. A.M. Wagih and A. Goel independently describe the course of therapeutic and diagnostic arthroscopies of the knee joint with a frontal fracture of the lateral femoral condyle [14, 31]. After diagnostic part, the knee joint bends to 120°, the distal fragment is fixed with an arthroscopic instrument. In the femoral condyle, 2 k-wires are percutaneously carried out, along which cannulated screws are inserted,

after having countersink the insertion point to immerse the screw heads below the surface of the articular cartilage.

With all the current trends in reducing the traumatic nature of surgery, one of the goals of which is arthroscopic technique, it is impossible not to mention the risk of possible negative consequences. Thus, the possibility of developing one of the most formidable complications — compartment syndrome, has been known since the last century [32]. At the same time, the probability of injury to the joint capsule leading to the release of the solution into the soft tissues is extremely high. Nevertheless, a number of authors consider arthroscopically assisted fracture fixation technique to be quite safe [33, 34].

In contrast to fractures of the tibial plateau, relatively few works have been devoted to the arthroscopic technique of HF fixation. Limiting factors in the use of the technique are technical difficulties in the manipulation of fragments and their reduction, removal of soft-tissue interponents, difficulties in carrying out various hardware, especially if additional fixation with a plate is necessary. However, significant advantages in the form of good visualization of the fracture, including subchondral injuries, combined with low trauma and skin scars insignificant for any subsequent surgeries, make arthroscopy one of the most promising methods of treating HF.

Implants selection and fixation technique

Back in the last century, S. Lewis et al. showed that fixation with two or three cortical or spongy screws (cannulated or conventional) of various diameters is sufficient to eliminate possible rotation and secondary displacement of femoral condyle fracture fragments [10]. The main screw was inserted from the intact extra-articular anterolateral surface of the lateral condyle in the posterior direction, an additional screw was carried through the lateral outer fragment to the center of the diaphysis inside to eliminate the rotational component. S.Y. Lee et al. demonstrated a satisfactory result of fixation with six Herbert compression screws with a diameter of 4.5 mm, carried out in the P-A direction of the two-condyle HF [23]. The advantage of this fixation was considered to be a smaller square of injury to the articular surface and, accordingly, a lower risk of developing post-traumatic changes in the joint.

For long-standing fractures of the femoral condyles, M.P. Somford et al. proposed options for internal fixation using Herbert compression screws with a diameter of 5.0 and 6.5 mm with a bone autograft from the iliac crest, while a neutralizing plate should additionally be implanted [35].

A. Dua et al. describe the osteosynthesis of a bicondylar HF with three spongy screws 6.5 mm in diameter, carried out in the direction A-P proximal to the articular surface, strictly perpendicular to the fracture line; the lateral condyle is additionally fixed by a buttress plate due to the concomitant supracondylar fracture [22].

A number of researchers believe that screws in combination with a lateral or posterior anti-slide buttress plate are indicated for patients who have a high body mass index (BMI) or will not (cannot) comply with the recommended regimen. Also, an additional fixator can be recommended for patients with osteoporosis, fractures passing to the metaphysis of the femur and multifragmental HF. It should be especially noted that the use of posterior buttress plate damages more soft tissues, especially the place of attachment of the head of the gastrocnemius muscle. The latter can lead to disruption of the fragment's blood supply, while the lateral plate provides fairly stable support and, in combination with an autograft, demonstrates consolidation even with long-standing fractures [6, 35, 36].

The results of biomechanical tests conducted by independent scientists are interesting, the purpose of which was to find an adequate method of fixation and study the factors affecting the strength of osteosynthesis. So, G.J. Jarit et al. in their study performed osteotomy of the femoral bones on 8 cadavers, then used two methods of fixing the femoral condyles: 2 screws with a partial thread with a diameter of 6.5 mm and 2 similar screws in the direction of P-A were carried out in the A-P direction. The difference in the load applied to the displacement of the fragments fixed by the screws was significantly greater for the screws held in the P-A direction [37]. However, due to technically difficult approach and a high risk of injury to the neurovascular structures, carrying out screws in the P-A direction is used less often by surgeons.

D.J. Hak et al. performed osteotomy on 20 synthetic femurs and performed fixation with screws in four different ways. It has been proved that the

use of two parallel screws with a diameter of 6.5 mm is the strongest fixation, while the second screw does not significantly change the strength of the fixation [38]. In addition, there was no significant difference in the rigidity of the fixation between one 6.5 mm diameter screw and one or two 3.5 mm screws. The authors believe that an increase in the diameter and number of screws increases the load required to shift the fracture fragments, but at the same time damage to the articular surface increases. The passage of screws with a diameter of 6.5 mm through small fracture fragments increases the risk of their further destruction. When choosing to fix a fracture with 3.5 mm screws, at least two screws should be used to create optimal rigidity. The obvious advantage of smaller diameter screws is the preservation of more space for the implantation of the metaphysical plate [39].

G.L. Westmoreland et al. studied the strength of fixing hardware by pulling out screws of various diameters (6.5 mm spongy screws with incomplete threads, 3.5 mm and 4.5 mm cortical screws). As a result, data were obtained on a slight difference in the tear-off force of screws of different diameters. Fixation with several screws of smaller diameter has the same "tear-off" ability compared to screws of larger diameter, which can minimize damage to both bone tissue and articular cartilage [40].

In most publications of recent years, there has been a persistent tendency to fix the fracture with screws and additionally with a buttress plate. However, V. Lu et al. conducted a comparative analysis of the HF fixation results with compression screws with an anti-slide plate (24 patients) and fixation only with compression screws (21 patients). The result showed that there is no significant difference between the two methods of HF fixation: satisfactory functional results were achieved in both cases, consolidation occurred, there was no displacement and other complications [41].

It should be noted that in most works, regardless of the chosen method of fracture fixation, with anatomical reduction, timely detection of pathology and elimination of possible rotational displacement due to the additional screw, the results were mostly good and satisfactory. Evaluation of the functional result of treatment was carried out mainly using the Knee Society Score (KSS) and the achieved knee range of motion (ROM) [42].

However, T. Onay et al. described unsatisfactory long-term results after 93 months in 13 patients with HF who underwent fracture fixation with two screws, among which were cortical 2.5-3.5 mm and cannulated 4.0-6.5 mm (depending on the size of the distal fragment). Anatomical reduction was achieved in all cases, however, varus deformity was formed in one patient, osteoarthritis – in 7 patients [43].

Thus, the analysis of the literature shows that the choice of the final fixation remains with the surgeon, clinically proven algorithms for choosing the number and type of fixing structures have not yet been proposed. However, the analyzed material leads to the conclusion that it is necessary to fix the HF with at least two screws that will run parallel to each other and strictly perpendicular to the fracture line, while the diameter and length of the screws will be determined depending on the size of the distal fragment. Depending on the clinical situation, preoperative planning and the chosen surgical approach in difficult or doubtful cases, as well as in case of poor quality of bone tissue, a buttress plate can be additionally applied along the lateral or posterior surfaces.

Conclusions

Hoffa fracture is a relatively rare injury of the lower limb, occurring both in isolation and as part of multiple and combined high-energy injuries. Analysis of foreign literature has shown that, first of all, a thorough collection of anamnesis and special caution regarding these rather rare fractures are required. This injury is attributed to the concept of "hidden" fractures, and the absence of signs of bone damage on standard radiographs should not reassure surgeons.

Given the intra-articular and unstable nature of HF, the tactics of treating patients should be primarily operative. The choice of surgical approach and the method of fixation of the fracture is determined by several factors: the localization and nature of the fracture based on the existing classification, the premorbid background of the patient, the condition of the skin and soft tissues, the experience of the surgeon, as well as the technical capability of the medical institution. With a rough displacement of bone fragments, soft tissues interposition, multifragmental or combined injury to the knee joint area, arthroscopic technique is not always possible. However, in the surgical treatment of such patients, it is necessary to give preference to minimally invasive technologies.

The question of how to fix HF remains open, but the analysis of publications has shown that satisfactory results are achieved in the case of anatomical reduction and fixation with at least two compression screws passed strictly perpendicular to the fracture line.

References

- Letenneur J., Labour P.E., Rogez J.M., Lignon J., Bainvel J.V. [Hoffa's fractures. Report of 20 cases (author's transl)]. *Ann Chir.* 1978;32(3-4):213-219. (In French).
- Müller M.E., Allgöwer M, Schneider R., Willenegger H. Manual of internal fixation. Techniques Recommended by the AO Group. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1979. 409 p. doi: 10.1007/978-3-642-96505-0.
- Nork S.E., Segina D.N., Aflatoon K., Barei D.P., Henley M.B., Holt S. et al. The association between supracondylar-intercondylar distalfemoral fractures and coronal plane fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(3):564-569. doi: 10.2106/JBJS.D.01751.
- Pathak S., Salunke A., Karn S., Ratna H.V.K., Thivari P.S., Sharma S. et al. Hoffa's Fracture with Associated Injuries Around the Knee Joint: An Approach to a Rare Injury. *Cureus.* 2020;12(4):e7865. doi: 110.7759/cureus.7865.
- Martinet O., Cordey J., Harder Y., Maier A., Bühler M., Barraud G.E. The epidemiology of fractures of the distal femur. *Injury.* 2000;31(Suppl 3):C62-C63. doi: 10.1016/s0020-1383(00)80034-0.
- Zhou Y., Pan Y., Wang Q., Hou Z., Chen W. Hoffa fracture of the femoral condyle. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(8):e14633. doi: 10.1097/md.00000000000014633.
- Manfredini M., Gildone A., Ferrante R., Bernasconi S., Massari L. Unicondylar femoral fractures: therapeutic strategy and long-term results: a review of 23 patients. *Acta Orthop Belg.* 2001;67(2):132-138.
- Harna B., Goel A., Singh P., Sabat D. Pediatric conjoint Hoffa's fracture: An uncommon injury and review of literature. *J Clin Orthop Trauma.* 2017;8(4):353-354. doi: 10.1016/j.jcot.2016.12.001.
- Bel J.-C., Court C., Cogan A., Chantelot C., Piétu G., Vandenbussche E. Unicondylar fractures of the distal femur. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100(8):873-877. doi: 10.1016/j.otsr.2014.10.005.
- Lewis S.L., Pozo J.L., Muirhead-Allwood W.F. Coronal fractures of the lateral femoral condyle. *J Bone Joint Surg Br.* 1989;71(1):118-120. doi: 10.1302/0301-620x.71b1.2914979.
- Mak W., Hunter J., Escobedo E. Hoffa Fracture of the Femoral Condyle. *Radiol Case Rep.* 2015;3(4):231. doi: 10.2484/rcr.v3i4.231.
- Apple J.S., Martinez S., Allen N.B., Caldwell D.S., Rice J.R. Occult fractures of the knee: tomographic evaluation. *Radiology.* 1983;148(2):383-387. doi: 10.1148/radiology.148.2.6867329.
- Arastu M.H., Kokke M.C., Duffy P.J., Korley R.E.C., Buckley R.E. Coronal plane partial articular fractures of the distal femoral condyle: current concepts in management. *Bone Joint J.* 2013;95-B(9):1165-1171. doi: 10.1302/0301-620X.95B9.30656.
- Wagih A.M. Arthroscopic Management of a Posterior Femoral Condyle (Hoffa) Fracture: Surgical Technique. *Arthrosc Tech.* 2015;4(4):e299-303. doi: 10.1016/j.eats.2015.03.005.
- Mootha A.K, Majety P., Kumar V. Undiagnosed Hoffa fracture of medial femoral condyle presenting as chronic pain in a post-polio limb. *Chin J Traumatol.* 2014;17(3):180-182. doi: 10.3760/cma.j.issn.1008-1275.2014.03.013.
- Werner B.C., Miller M. Intraoperative Hoffa fracture during primary ACL reconstruction: can hamstring graft and tunnel diameter be too large? *Arthroscopy.* 2014;30(5):645-650. doi: 10.1016/j.arthro.2014.02.009.
- Rue J.P., Busam M.L., Dettlerline A., Bach B.R. Jr. Posterior wall blowout in anterior cruciate ligament reconstruction: avoidance, recognition, and salvage. *J Knee Surg.* 2008;21(3):235-240. doi: 10.1055/s-0030-1247824.
- Wilson T., Rosenblum W.J., Johnson D.L. Fracture of the Femoral Tunnel After an Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy.* 2004;20(5):e45-47. doi: 10.1016/j.arthro.2004.03.021.
- Li W.H, Liu Y., Wang M. Hoffa fracture: the CT classification system. *Chin J Orthop Trauma.* 2013;15(9):737-741.
- Bagaria V., Sharma G., Waghchoure C., Chandak R.M., Nemade A., Tadepelli K. et al. A proposed radiological classification system of Hoffa's fracture based on fracture configuration and consequent optimal treatment strategy along with the review of literature. *SICOT J.* 2019;5:18. doi: 10.1051/sicotj/2019016.
- Kellam J.F., Meinberg E.G., Karam M.D., Roberts C.S. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma.* 2018;32(Suppl 1):40-43. doi: 10.1097/BOT.0000000000001063.
- Dua A., Shamsheery P. Bicondylar Hoffa Fracture: Open Reduction Internal Fixation Using the Swashbuckler Approach. *J Knee Surg.* 2010;23(1):21-24. doi: 10.1055/s-0030-1262319.
- Lee S.Y., Niikura T., Iwakura T., Sakai Y., Kuroda R., Kurosaka M. Bicondylar hoffa fracture successfully treated with headless compression screws. *Case Rep Orthop.* 2014;2014:139897. doi: 10.1155/2014/139897.
- Liebergall M., Wilber J.H., Mosheiff R., Segal D. Gerdy's tubercle osteotomy for the treatment of coronal fractures of the lateral femoral condyle. *J Orthop Trauma.* 2000;14(3):214-215. doi: 10.1097/00005131-200003000-00013.
- Garofalo R., Wettstein M., Fanelli G., Mouhsine E. Gerdy tubercle osteotomy in surgical approach of posterolateral corner of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(1):31-35. doi: 10.1007/s00167-006-0121-y.
- Viskontas D.G., Nork S.E., Barei D.P., Dunbar R. Technique of reduction and fixation of unicondylar medial Hoffa fracture. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2010;39(9):424-428.
- Starr A.J., Jones A.L., Reinert C.M. The «swashbuckler»: a modified anterior approach for fractures of the distal femur. *J Orthop Trauma.* 1999;13(2):138-140. doi: 10.1097/00005131-199902000-00012.
- Tan Y., Li H., Zheng Q., Li J., Feng G., Pan Zh. A modified posterolateral approach for Hoffa fracture. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2014;24(7):1321-1323.

29. Gao M., Tao J., Zhou Z., Liu Q., Du L., Shi J. Surgical treatment and rehabilitation of medial Hoffa fracture fixed by locking plate and additional screws: A retrospective cohort study. *Int J Surg*. 2015;19:95-102. doi: 10.1016/j.ijso.2015.05.027.
30. Orapiriyakul W., Apivatthakakul T., Buranaphatthana T. How to determine the surgical approach in Hoffa fractures? *Injury*. 2018; 49(12):2302-2311. doi: 10.1016/j.injury.2018.11.034.
31. Goel A., Sabat D., Agrawal P.K. Arthroscopic-assisted fixation of Hoffa fracture: A case report and description of technique. *J Clin Orthop Trauma*. 2016;7(1):61-65. doi: 10.1016/j.jcot.2015.08.005.
32. Fruensgaard S., Holm A. Compartment syndrome complicating arthroscopic surgery: brief report. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70(1):146-147. doi: 10.1302/0301-620X.70B1.3339049.
33. Gill T.J., Moezzi D.M., Oates K.M., Sterett W.I. Arthroscopic reduction and internal fixation of tibial plateau fractures in skiing. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;(383):243-249. doi: 10.1097/00003086-200102000-00028.
34. Duan X.J., Yang L., Guo L., Chen G.X., Dai G. Arthroscopically assisted treatment for Schatzker type I-V tibial plateau fractures. *Chin J Traumatol*. 2008;11(5):288-292. doi: 10.1016/s1008-1275(08)60058-9.
35. Somford M.P., Ooij B., Schafroth M.U., P. Kloen. Hoffa nonunion, two cases treated with headless compression screws. *J Knee Surg*. 2013;26 Suppl 1:S89-93. doi: 10.1055/s-0032-1319781.
36. Patel P.B., Tejwani N.C. The Hoffa fracture: Coronal fracture of the femoral condyle a review of literature. *J Orthop*. 2018;15(2):726-731. doi: 10.1016/j.jor.2018.05.027.
37. Jarit G.J., Kummer F.J., Gibber M.J., Egol K.A. A Mechanical Evaluation of Two Fixation Methods Using Cancellous Screws for Coronal Fractures of the Lateral Condyle of the Distal Femur (OTA type 33B). *J Orthop Trauma*. 2006;20(4):273-276. doi: 10.1097/00005131-200604000-00007.
38. Hak D.J., Nguyen J., Curtiss S., Hazelwood S. Coronal fractures of the distal femoral condyle: a biomechanical evaluation of four internal fixation constructs. *Injury*. 2005;36(9):1103-1106. doi: 10.1016/j.injury.2005.02.013.
39. Karunakar M.A., Egol K.A., Peindl R., Harrow M.E., Bosse M.J., Kellam J.F. Split depression tibial plateau fractures, a biomechanical study. *J Orthop Trauma*. 2002;16(3):172-177. doi: 10.1097/00005131-200203000-00006.
40. Westmoreland G.L., Hutton W.C., Mclaurin T.M. Screw Pullout Strength: A Biomechanical Comparison of Large-fragment and Small-fragment Fixation in the Tibial Plateau. *J Orthop Trauma*. 2002;16(3):178-181. doi: 10.1097/00005131-200203000-00007.
41. Lu B., Zhao S., Luo Z., Lin Z., Zhu Y. Compression screws and buttress plate versus compression screws only for Hoffa fracture in Chinese patients: a comparative study. *J Int Med Res*. 2019;47(1):142-151. doi: 10.1177/0300060518798224.
42. Scuderi G.R., Bourne R.B., Noble P.C., Benjamin J.B., Lonner J.H., Scott W.N. The New Knee Society Knee Scoring System. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;470(1):3-19. doi: 10.1007/s11999-011-2135-0.
43. Onay T., Gülabi D., Çolak İ., Bulut G., Gümüştas S.A., Çeçen G.S. Surgically treated Hoffa Fractures with poor long-term functional results. *Injury*. 2018;49(2):398-403. doi: 10.1016/j.injury.2017.11.026.

AUTHORS' INFORMATION:

Anastasiia E. Shinkevich — St. Petersburg City Hospital No. 3, St. Petersburg, Russia

e-mail: dr.shinkevich@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8079-4426>

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

e-mail: khominets_62@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9391-3316>

Arvid B. Abolin — Cand. Sci. (Med.), St. Petersburg City Hospital No. 3; Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

e-mail: arvidabolin@list.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9901-8400>

Nikodim G. Kulik — Cand. Sci. (Med.), Kirov Military Medical Academy; St. Petersburg City Hospital No. 15, St. Petersburg, Russia

e-mail: 011078n@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6627-1530>

Vladimir I. Kotov — Cand. Sci. (Med.), St. Petersburg City Hospital No. 15; Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

e-mail: kotovvladimir1959@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6171-7871>

Authors' contribution:

All authors have made an equivalent contribution to the publication preparation.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to be responsible for all aspects of the work in order to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.



Обзорная статья
УДК 616.728.3-089.844:616.71-003.93
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>

Методы замещения костного дефицита большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава: систематический обзор литературы

М.Б. Гуражев, В.С. Байтов, А.Н. Гаврилов, В.В. Павлов, А.А. Корыткин

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Реферат

Актуальность. Проблема замещения дефицита костной ткани остается одной из задач, с которыми сталкивается хирург при первичном эндопротезировании коленного сустава. Поскольку количество таких операций с каждым годом увеличивается, то современные научные исследования и разработки, направленные на решение проблемы восполнения костного дефекта, остаются очень важными. **Цель исследования** — на основе анализа научной литературы оценить эффективность различных методов замещения костных дефектов при первичном эндопротезировании коленного сустава. **Материал и методы.** Проведен поиск источников в электронных базах PubMed, eLIBRARY, Scopus с 2005 по 2020 г. **Результаты.** После проведенного поиска публикаций, их скрининга и оценки было включено в систематический обзор 19 статей. Каждый из методов восполнения дефицита костной ткани имеет свои преимущества и недостатки. Результаты исследований показывают, что имеющийся объем дефекта не является ключевым показателем для выбора метода, так как при относительно одинаковых параметрах дефекта применялись разные варианты пластики с удовлетворительным клиническим исходом. При замещении дефекта нужно добиться закрепления компонента эндопротеза как минимум в двух зонах фиксации. Предпочтение при выборе метода замещения дефекта у молодых пациентов с хорошим качеством кости должно отдаваться костным трансплантатам, так как это позволяет сохранить костный запас. На основе анализа научных публикаций нами предложен рабочий алгоритм выбора метода замещения костного дефекта для каждого конкретного случая. **Заключение.** Каждый хирург выбирает метод замещения костных дефектов исходя из собственных предпочтений, а также таких критериев, как оснащение операционной, профессионализм хирургической бригады, качество кости пациента и объем дефекта, выявленный во время операции.

Ключевые слова: первичное эндопротезирование коленного сустава, костный дефект, методы замещения костных дефектов.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Гуражев М.Б., Байтов В.С., Гаврилов А.Н., Павлов В.В., Корыткин А.А. Методы замещения костного дефицита большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава: систематический обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):173-188. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>.

Cite as: Gurazhev M.B., Baitov V.S., Gavrilov A.A., Pavlov V.V., Korytkin A. A. [Methods of the Tibia Bone Defect in Primary Knee Arthroplasty: Systematic Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):173-188. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>.

✉ Гуражев Михаил Борисович / Mikhail B. Gurazhev; e-mail: Tashtagol@inbox.ru

Рукопись поступила/Received: 24.05.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 02.09.2021.

© Гуражев М.Б., Байтов В.С., Гаврилов А.Н., Павлов В.В., Корыткин А.А., 2021

Methods of the Tibia Bone Defect Management in Primary Knee Arthroplasty: Systematic Review

Mikhail B. Gurazhev, Vladislav S. Baitov, Andrei A. Gavrillov, Vitalii V. Pavlov, Andrey A. Korytkin

Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia

Abstract

Background. The problem of management of bone tissue defects remains one of the tasks that a surgeon faces during primary total knee arthroplasty (TKA). Since the number of TKA is increasing every year, modern scientific research aimed at solving the problem of bone defect replacement remains important. **The aim of the study** was to evaluate the effectiveness of various methods of bone defects management in primary TKA based on the analysis of literature. Materials and Methods. We conducted a search of articles in PubMed, eLIBRARY, Scopus from 2005 to 2020. **Results.** On the whole our search led to 1217 papers. Finally 19 articles that met inclusion criteria were included in this review. Each of the methods of bone defect replacement has its advantages and disadvantages. The results of the studies show that the defect size is not a key factor for choosing the method, since with relatively identical defect parameters, different plastic options were used with a satisfactory clinical outcome. The endoprosthesis component should be fixed in at least two zones in every chosen method. In young patients with good bone quality preference in chosen methods should be given to bone grafts, which allow to preserve the bone stock. Based on the papers analysis, we have proposed the algorithm for method choosing for each clinical case. **Conclusion.** Each surgeon chooses a method for replacing bone defects based on their own preferences and such criteria as the equipment of the operating room, the surgical team experience, the quality of the patient's bone and the defect size.

Keywords: primary total knee arthroplasty, bone defect, methods of bone defects replacement.

Funding: no funding or sponsorship was received for this study.

Введение

Одним из самых биомеханически сложных и несущих осевую нагрузку всей массы тела является коленный сустав (КС), что обуславливает повышенный риск возникновения его травм. Травмы КС способствуют раннему возникновению дегенеративно-дистрофических изменений и анатомо-функциональной неполноценности различной степени [1, 2]. В структуре патологии суставов 80% составляют дегенеративно-дистрофические заболевания, а из них 33,4% приходится на КС, при этом от 14 до 41% — у людей трудоспособного возраста [3].

Эндопротезирование КС все чаще является методом выбора завершающего лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний, когда попытка сохранения суставных поверхностей консервативными методами привела к неблагоприятному функциональному результату [4]. В настоящее время этот метод хирургического лечения выполняется не только в крупных специализированных центрах, но и в городских больни-

цах. Прослеживается тенденция к ежегодному увеличению доли более сложных реконструктивных вмешательств на КС [5]. Для достижения хорошего результата при первичном эндопротезировании хирургу приходится решать ряд задач — дефекты костей, образующих КС, является одной из них [6].

В настоящее время применяется несколько методов восполнения костного дефицита медиального мыщелка большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. В исследуемых публикациях относительно одинаковые по объему дефекты авторы замещали разными способами. Пластику малых дефектов выполняли как цементом [7, 8, 9, 10], так и при помощи аутокости [11, 12, 13]. При замещении костных дефектов среднего размера успешно выполняли реконструкцию металлическими блоками [14, 15, 16, 17], костными аутоотрансплантатами [18, 19, 20] и аллотрансплантатами [9, 21]. А замещение больших дефектов выполняли как металлическими блоками [5, 22, 23], так и костными аллотрансплантатами [24].

Обнаруженное в литературе разнообразие вариантов замещения одинаковых по объему дефектов подтолкнуло нас к выполнению данной работы.

Цель исследования — на основе анализа научной литературы оценить эффективность различных методов замещения костных дефектов при первичном эндопротезировании коленного сустава.

Материал и методы

Проведен информационный поиск в базах данных eLIBRARY, PubMed и Scopus. Глубина поиска составила 15 лет — с 2005 по 2020 гг. В анализ включались исследования, в которых описывались методы замещения костного дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. Для поиска русскоязычных работ использовались ключевые слова «эндопротезирование коленного сустава», «костные дефекты», «методы замещения костных дефектов». А для поиска в зарубежных источниках использовали ключевые слова “primary total knee arthroplasty”, “bone defects”, “management of bone defects”.

В общей сложности было найдено 1217 статей. Затем были исключены дублирующие работы (408); статьи, полные тексты которых были недоступны

(42); работы, не связанные с темой исследования (213). Также были исключены публикации, в которых рассматривались методы замещения костного дефекта только при ревизионном эндопротезировании коленного сустава (507 статей).

Оценку полнотекстовых статей для возможного включения в анализ проводили в оставшихся 47 публикациях. Критерии включения: средний срок наблюдения не меньше 12 мес., количество наблюдений не меньше 5 случаев. При выполнении заданных критериев включения выявлено ограниченное количество публикаций (1 ссылка), связанных с применением аллотрансплантата для замещения костного дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. На этом основании нами сделаны вынужденные исключения для 2 статей: в работе [24] описано 3 случая, что не соответствует критериям по количеству случаев, а исследование [21] выполнено в 1999 г., что не соответствует 15-летнему критерию глубины исследования. Блок-схема, выполненная по рекомендациям PRISMA для систематических обзоров и метаанализов [25, 26], представлена на рисунке 1.

В конечном итоге с учетом критериев исключения и включения для анализа было отобрано 19 публикаций (табл. 1).

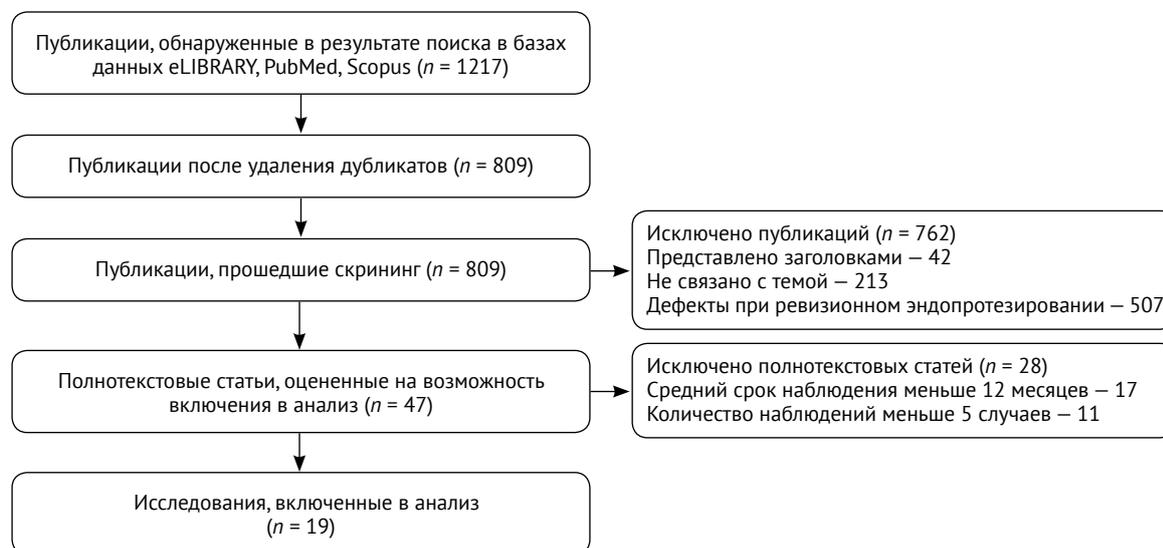


Рис. 1. Блок-схема этапов систематического обзора

Fig. 1. Flowchart of the systematic review stages

Таблица 1

Статьи, включенные в систематический обзор

Авторы	Год	Кол-во случаев	Возраст пациентов, лет	Средний срок наблюдения, мес.
You J.S. с соавт. [5]	2018	17	71	42
Bilgen M.S. с соавт. [7]	2017	24	66	34
Zheng C. с соавт. [8]	2016	40	65	24
Корнилов Н.Н. с соавт. [9]	2008	32/12		62/42
Азизов М.Ж. с соавт. [10]	2015	19	67	12
Sugita T. с соавт. [11]	2015	45	73	65
Sohn J.M. с соавт. [12]	2018	50	65	117
Гиркало М.В. с соавт. [13]	2012	32	62	36
Hube R.B. с соавт. [14]	2015	31	72	74
Lee J.K. с соавт. [15]	2011	46	63	78
Загородний Н.В. с соавт. [16]	2017	32	68	48
Baek S.W. с соавт. [17]	2011	9	65	60
Tanwar Y.S. с соавт. [18]	2019	26	63	75
Hosaka K. с соавт. [19]	2017	68	67	78
Тихилов Р.М. с соавт. [20]	2010	24	67	60
Van Loon C.J. с соавт. [21]	1999	6	62	38
Tsukada S. с соавт. [22]	2013	33	75	54
Martín-Hernández C. с соавт. [23]	2018	25	64	79
Tigani D. с соавт. [24]	2011	3	65	30

Результаты**Классификации костных дефектов**

Причинами формирования дефектов и, как следствие, грубых деформаций коленного сустава являются:

- асептический некроз мышечков, который составляет от 8 до 22% всех дегенеративно-дистрофических заболеваний коленного сустава [27];
- кистовидная перестройка эпифизов бедренной и большеберцовой костей [6];
- посттравматическая импрессия суставной поверхности [6].

Доля деформаций, сопровождающихся формированием костных дефектов при заболевании КС, составляет от 25 до 31% [28]. При первичном эндопротезировании КС в 30,4% случаев встречаются костные дефекты, которые требуют замещения дефектов как бедренной, так большеберцовой костей [29]. Варусная деформация коленного сустава в 15–20% случаев обусловлена сформировавшимся костным дефектом внутреннего мышечка

большеберцовой кости в зоне асептического некроза [20]. При такой деформации в патологический процесс вовлекаются как мягкотканые, так и костные структуры КС.

При анализе публикаций по классификациям костных дефектов мы обратили внимание, что в основном все классификации разрабатывались для ревизионного эндопротезирования КС. Окончательная оценка костного дефицита производится во время операции после удаления компонентов эндопротеза, а не после выполнения стандартных костных опилов, как это должно быть при первичном эндопротезировании. Таким образом, не всегда удается правильно оценить первичный дефект по классификации, которая создавалась для ревизионного эндопротезирования. Классификация костных дефектов необходима для предоперационной оценки имеющегося костного дефицита, чтобы во время операции у хирурга уже был готовый план, какими вариантами замещения костного дефицита можно будет воспользоваться во время операции.

Одна из самых первых, но не самая детальная классификация, предложена L.D. Dorr в 1989 г. [30]. В ней дефекты в области большеберцовой кости делятся на центральные, периферические, первичные и ревизионные. Недостаток этой классификации заключается в отсутствии учета размера дефектов.

Классификация, предложенная J.A. Rand в 1991 г., более подробно описывает глубину и площадь поверхности кости, вовлеченной в дефект, на основании интраоперационных наблюдений [31]. Основным недостатком этой классификации — отсутствие рекомендаций для выбора вариантов лечения, а также ее авторы не учитывают этиологию возникновения костного дефицита.

В 1993 г. J.N. Insall, учитывая недостатки предыдущих классификаций, разработал свою классификацию, в которой, помимо описания самих дефектов, добавил рекомендации по выбору вариантов восполнения костного дефицита [32]. Дефекты, окруженные кортикальной костью, обозначаются как ограниченные, они могут быть малыми — меньше 5 мм или большими — больше 5 мм. Дефекты, не имеющие кортикальной костной поддержки с одной из сторон, обозначаются как неограниченные, они могут быть малыми — меньше 5 мм, средними — от 5 до 10 мм и большими — более 10 мм. Также в эту классификацию включено расположение дефекта: симметричное, асимметричное, центральное, медиальное или латеральное. Эта классификация достаточно наглядна и включает практически все формы костных дефектов с учетом этиологии возникновения костного дефицита, но не содержит информации о площади дефекта мыщелка.

Наиболее удобная и широко применяемая классификация костных дефектов для ревизионного эндопротезирования коленного сустава разработана G.A. Engh в Anderson Orthopaedic Research Institute (AORI) в 1998 г. [33]. Основная идея авторов — это создание простой и понятной классификации, которая позволит при имеющемся костном дефекте обоснованно выбрать конкретный вариант лечения (аугмент, ножка, трансплантат). Эта классификация специально разрабатывалась для ревизионного эндопротезирования, но она также применяется для оценки костного дефицита при первичном эндопротезировании КС [13, 22, 29].

С ростом мирового опыта эндопротезирования КС и улучшением качества инструментального исследования появляются новые варианты классификаций костных дефектов, которые, как правило, являются модернизацией старых классификаций.

На основании этиологии возникновения дефицита костной структуры и анатомического расположения дефектов в костях, образующих КС,

T.W. Huff и T.P. Sculco в 2007 г. предложили классификацию для ревизионного эндопротезирования, представляющую собой упрощенный вариант классификации AORI [34]. В ней выделены 4 типа костных дефектов. Первый тип — кистозные небольшие дефекты губчатой кости по линии соприкосновения «имплантат-кость». Второй тип — эпифизарные дефекты, где есть дефицит кортикальной кости в эпифизарно-метафизарной зоне. Третий тип — полостные обширные дефекты губчатой и кортикальной кости метафизов. Четвертый тип — сегментарные, объединяющие две предыдущие группы, нередко в этой группе происходит потеря костной структуры с местами прикрепления коллатеральных связок. Основным ее недостатком заключается в том, что эпифиз резецируется при первичном эндопротезировании коленного сустава, и поэтому существование эпифизарных дефектов сомнительное.

А.Х. Джигкаев с соавторами в 2012 г. предложили дополнить классификацию Insall [35]. Авторы к исходной классификации добавили новую характеристику — площадь поверхности дефекта, а глубину дефекта, которая измеряется в миллиметрах, оставили прежней. Таким образом, было сформировано три размера дефекта. Малые дефекты — площадь дефекта не больше 1/3 поверхности мыщелка и глубина не больше 5 мм. Средние дефекты — площадь дефекта не больше 1/2 поверхности мыщелка, а глубина от 5 до 10 мм. Большие дефекты — площадь дефекта составляет 2/3 от поверхности мыщелка, глубина более 10 мм. Предложенная классификация также сходна с классификацией J.A. Rand, так как помимо глубины дефекта учитывает такой показатель, как площадь дефекта. Единственное различие заключается в том, что площадь дефекта имеет более узкий диапазон границ, что позволяет более точно определить, к какой именно группе отнести дефект. При практическом использовании это является преимуществом.

Идеальная система классификации должна быть удобной в использовании, точно оценивать имеющейся дефект для предоперационного планирования, прогнозировать исходы операции с последующими рекомендациями по реабилитации пациента. И также, что немаловажно, идеальная классификация должна облегчить общение, сравнение и понимание среди оперирующих хирургов, о каком объеме дефекта идет речь. В изучаемых работах нет единой классификации костного дефекта, а это затрудняет сравнение объема костных дефектов в публикациях, включенных в наш обзор. Поскольку большинство авторов описывают глубину дефекта и его площадь относительно общей площади плато большеберцовой кости, нами принято решение во всех случаях использовать

классификацию Insall, дополненную ФГБУ НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена [35], которая, на наш взгляд, наиболее оптимальна. Здесь также нужно отметить, что выбранная нами классификация Insall* не охватывает все значения глубины описанных дефектов в изучаемой литературе и поэтому для определения типа дефекта при спорных моментах решающую роль отдавали размеру площади дефекта, а не глубине. Такое решение обосновано тем, что характеристика площади более важный показатель, чем глубина, так как в конечном итоге площадь опоры определяет количество точек фиксации для имплантата, и от нее в большей степени зависит последующая стабильность компонента. В своей работе R. Morgan-Jones с соавторами описывают классификацию зональной фиксации компонентов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, где выделяют эпифизарную, метафизарную, диафизарную зоны. В конечном итоге авторы приходят к выводу, что для стабильной фиксации компонентов эндопротеза необходимо достигать прочной фиксации минимум в двух зонах [36].

Если этот подход применить в первичном эндопротезировании КС, то площадь дефекта характеризует состояние эпифизарной зоны, а глубина дефекта характеризует состояние метафизарной зоны и по логике вещей должна характеризовать и диафизарную зону, но в первичном эндопротезировании КС такие дефекты встречаются крайне редко.

Методы замещения дефектов

Существует несколько методов замещения костного дефекта медиального мыщелка большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. К ним относится пластика дефекта при помощи костного цемента, при помощи металлических модульных блоков, костная алло- и аутопластика. В свою очередь цементная пластика может выполняться как с армированием, так и без него, а ауто- и аллопластика — с фиксацией трансплантата винтами или спицами, так и без фиксации. Все перечисленные методы взаимозаменяемы и могут дополнять друг друга

Цементная пластика

К одному из первоначальных способов замещения костного дефекта относится цементная пластика. Для более прочной фиксации цемента в склерозированной кости выполняется предварительное формирование анкерных отверстий, что в конечном итоге дает хорошую фиксацию тиббиального компонента и предотвращает раннее расшатывание компонентов — к такому выводу

приходят в своей работе М.Ж. Азизов с соавторами [10]. Авторы в своем исследовании наблюдали 19 пациентов, а послеоперационные оценки по опросникам Knee Score и Function Score у 10 пациентов были хорошие, у 9 — удовлетворительные.

Для создания дополнительной площадки для цемента также подходит использование спиц Кишнера. Во время операции спица сгибается П-образно и обоими концами плотно вставляется в костный дефект M.S. Bilgen с соавторами сообщают о хороших результатах по опросникам KSS knee score (в среднем 93 балла) и function score (89 баллов) [7].

О хороших послеоперационных клинических результатах (KSS Knee Score — 91, Function Score — 93) сообщают в своей работе и С. Zheng с соавторами, которые выполняли костную пластику медиального дефекта большеберцовой кости цементом с армированием винтами [8].

Применение для замещения дефекта как одного цемента, так и цемента с винтами в своей работе описывают Н.Н. Корнилов с соавторами — послеоперационные опросники Knee Score и Function Score показали удовлетворительный результат [9].

В исследованиях, где замещение костного дефекта выполняли цементом с армированием и без армирования, средний возраст пациентов составил 66 лет, средний период наблюдения — 33 мес., а размер дефекта по Insall относился к малым. Каких-либо осложнений, в том числе и инфекционных, в период наблюдения авторы не отмечают. Рентгенопрозрачные линии на границе между костью и цементом описаны в работе Н.Н. Корнилова с соавторами, где цементную пластику с армированием они применяли в 28%, а без армирования — в 55% случаев [9]. В то же время M.S. Bilgen наблюдал 2 таких случая [7]. В обеих работах при наблюдении в динамике прогрессирование этих линий не выявлено. Н.Н. Корнилов с соавторами большинство операций выполняли с применением эндопротезов CR связанности, в остальных же работах выполнялось эндопротезирование конструкциями PS. Никто из авторов не использовал удлиняющие ножки при выполнении операции [9].

Металлические блоки

У современных эндопротезов имеется опция, которая предлагает дополнительные металлические модульные блоки, они доступны в форме клина и прямоугольника, а также бывают разных размеров. Металлические блоки фиксируются к выбранному компоненту винтами или цементом. Совместно с модульным блоком применяют удлиняющие ножки, которые могут быть цементными и бесцементными.

* Здесь и далее использована классификация J.N. Insall в модификации ФГБУ НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена [35].

Об удовлетворительных клинических результатах применения металлических блоков прямоугольной и клинообразной формы сообщают R.V. Hube с соавторами: Knee Score — 85, Function Score — 82 [14]. Самое объемное как по среднему сроку наблюдения (78 мес.), так по и количеству случаев (46) исследование провели J.K. Lee с соавторами. Они замещали костные дефекты металлическими аугментами прямоугольной формы, оценки по опросникам были хорошими: Knee Score — 88, Function Score — 73 [15]. Отечественные исследователи так же отмечают хорошие послеоперационные результаты (Knee Score — 95, Function Score — 85) применения металлических аугментов для замещения медиальных дефектов большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава [16].

Хирургическая техника, при которой один металлический аугмент крепится винтами к большеберцовому компоненту, а второй фиксируется на цемент к первому, не нарушает рекомендаций производителя — об этом сообщают в своей работе S.W. Baek с соавторами [17]. Использование двух аугментов с последующим удовлетворительным клиническим результатом (Knee Score — 82, Function Score — 73) описывают также S. Tsukada с соавторами [22].

Применение малораспространенной техники для замещения медиального дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава описывают J.S. You с соавторами [5]. Авторы используют смоделированный во время операции танталовый конус, а именно обрабатывают целый конус осциллирующей пилой таким образом, чтобы получившийся трансплантат полностью соответствовал имеющемуся дефекту. Применение этой методики имеет некоторые технические сложности и должно выполняться опытной хирургической бригадой в хорошо оснащенной операционной. Послеоперационный клинический результат оценен как хороший (Knee Score — 94, Function Score — 78).

Опытом использования метафизарной втулки делятся в своей работе С. Martín-Hernández с соавторами [23]. Этот метод использовался у пациентов, которые ранее перенесли остеосинтез костей, образующих коленный сустав. Во время операции первым этапом выполнялось удаление металлоконструкций, вторым этапом — эндопротезирование КС, причем те металлоконструкции, которые не мешали, не удалялись. Этот метод позволяет достичь хорошей стабильности компонентов эндопротеза при поврежденной эпифизарной зоне и приводит к хорошим клиническим результатам (Knee Score — 78, Function Score — 81).

В исследованиях, где замещение дефекта выполняли металлическими трансплантатами, сред-

ний возраст пациентов составил 68 лет, средний период наблюдения — 62 мес. Размеры дефекта по Insall в основном относились к среднему, большие дефекты замещались при помощи двух аугментов (10 мм + 5 мм) [22], смоделированного танталового конуса [5] и метафизарной втулки [23]. О двух повторных оперативных вмешательствах по поводу инфекции в области хирургического вмешательства сообщают R.V. Hube с соавторами [14]. В 4 работах авторы описывают наличие рентгенопрозрачных линий: у R.V. Hube — в 12,1% всех случаев [14], у J.K. Lee — в 11% [15], у S. Tsukada — в 30% [22], а у Н.В. Загороднего с соавторами — в 21,8% [16]. Все авторы отмечают, что при наблюдении в динамике прогрессирования этих линий не наблюдалось. В итоге среднее количество наблюдаемых рентгенопрозрачных линий в описанных случаях составило 18,5%. S. Tsukada с соавторами наблюдали наличие умеренного лизиса медиального края большеберцовой кости у 51% прооперированных пациентов и считают, что это явление не имеет риска для стабильности тиббиального компонента и клинического результата [22].

Практически все авторы использовали удлиняющие ножки. С. Martín-Hernández с соавторами описывают один случай возникновения stress shielding синдрома в области большеберцовой кости, который клинически проявлялся незначительными болями [23]. В основном все авторы использовали степень связанности PS, в одной работе связанность была увеличена до VVC у 3 пациентов [14], а в другой работе такую связанность использовали у всех пациентов [23].

Костные аллотрансплантаты

Мы выявили лишь несколько публикаций, которые соответствуют нашим критериям включения, описывающих применение костного аллотрансплантата при первичном эндопротезировании КС для замещения костного дефекта [9, 21, 24]. Применение этого метода позволяет максимально восстановить костную ткань. Аллотрансплантаты могут быть структурными или измельченными. Структурный, как порой и измельченный трансплантат, нуждаются в дополнительной фиксации. Для уменьшения осевой нагрузки на восстановленную область при больших дефектах используют удлиняющую ножку, которая позволяет перераспределить нагрузку на дистальный отдел кости. Обычно структурные трансплантаты изготавливают из головки бедренной кости, дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей. Одно из главных преимуществ данной методики состоит в возможности формировать аллотрансплантат в соответствии с дефектом. Н.Н. Корнилов с соавторами считают, что для перестройки аллотрансплантата должна отсут-

ствовать нагрузка на оперированную конечность в течение 3 мес. после операции. В их исследовании проанализированы 12 пациентов, которым выполнялось замещение костного дефекта структурными аллотрансплантатами. Послеоперационные опросники показали хороший клинический результат: Knee Score — 94, Function Score — 78 баллов [9]. Хорошие клинические результаты (Knee Score — 81, Function Score — 83) при замещении посттравматических дефектов большеберцовой кости с помощью структурных аллотрансплантатов, фиксированных винтами, у трех пациентов представили в своей работе D. Tigani с соавторами [24].

Полную костную перестройку мелко измельченного аллотрансплантата при гистологическом анализе ткани, взятой на границе трансплантат-кость через 6 мес. после операции, наблюдали в своем исследовании С. J. Van Loon с соавторами [21]. Полученная ими оценка результатов по опросникам свидетельствует об удовлетворительном клиническом результате: Knee Score — 85, Function Score — 48 баллов.

Средний возраст пациентов в рассматриваемых исследованиях составил 63,5 года, средний период наблюдения — 36,6 мес. При больших дефектах по Insall этот метод реконструкции применяли D. Tigani с соавторами [24], остальные авторы — при средних размерах дефекта. Рентгенопрозрачные линии в 25% случаев наблюдали Н. Н. Корнилов с соавторами [9], а 2 случая асептического расшатывания тибиаляного компонента описывают С. J. Van Loon [21]. Все авторы выполняли эндопротезирование КС с удлиняющей ножкой эндопротеза, степень связанности конструкции в двух работах была PS [21, 24], в одной — VVC [9].

Костные аутоотрансплантаты

Наиболее биологическим методом является восполнение дефекта большеберцовой кости собственной костью пациента. Аутоотрансплантат чаще всего берется из фрагментов резецированных мышечков бедренной или большеберцовой кости, но также может браться из гребня подвздошной кости. В зависимости от объема дефекта и хирургической техники цельные костные трансплантаты могут быть дополнительно фиксированы винтом или спицей, а сеткой производится фиксация мелкоизмельченных аутоотрансплантатов.

Интересный метод аутопластики предложили Т. Sugita с соавторами [11]: для более прочной фиксации в дефекте предварительно формировали два желоба, в которые помещали субхондральные костные пластинки в качестве костных опорных столбов, а остальное пространство заполняли костной аутологичной стружкой. Клинический результат: Knee Score — 79, Function Score — 82 баллов.

Прочной фиксации мелкоизмельченного аутоотрансплантата можно достигнуть и за счет треугольной проволочной сетки, которая выполняет роль медиальной опоры, а сама сетка фиксируется винтами 3,5 мм к большеберцовой кости. Такой вариант аутопластики с хорошим клиническим результатом (Knee Score — 90, Function Score — 86) описывают в своей работе Y.S. Tanwar с соавторами [18]. Аутоотрансплантат, полученный из резецированных фрагментов мышечков и фиксированный дополнительно винтами, создает надежную и хорошую опору для тибиаляного компонента — к такому выводу пришли в своих работах Р. М. Тихилов с соавторами [20] и К. Hosaka с соавторами [19].

Метод, при котором цельный аутоотрансплантат не нуждается в дополнительной фиксации металлоконструкцией при замещении дефекта медиального мышечка большеберцовой кости, описан в работе J. M. Sohn с соавторами [12]. Авторы во время операции при помощи хирургического инструментария трансформировали неограниченный дефект в ограниченный за счет создания медиальной поддерживающей костной стенки и получали в последующем хороший клинический результат (Knee Score — 89, Function Score — 91). Хороший клинический результат при использовании остеокондуктивного материала MIIG (Wright Medical Technology, США) и цельного аутоотрансплантата для замещения костного дефекта отражают в своей работе М. В. Гиркало с соавторами [13].

В исследованиях, где применялся аутоотрансплантат для замещения медиального костного дефекта большеберцовой кости, средний возраст пациентов составил 66 лет, а средний период наблюдения — 72 мес. Размер дефекта по Insall в трех работах относился к малым [11, 12, 13], в других трех был средний [18, 19, 20]. Единичные случаи инфекции в области хирургического вмешательства, которые требовали повторного хирургического вмешательства, описаны в работах К. Hosaka с соавторами [19] и J. M. Sohn с соавторами [12]. Два случая, в которых выявлен бурсит «гусиной лапки», возникший в результате локального соприкосновения проволочной сетки и купированный консервативно, описан в работе Y.S. Tanwar с соавторами [18]. Рентгенопрозрачные линии в 16% случаев описали Т. Sugita [11] и J. M. Sohn [12], последующих осложнений и увеличение ширины линий авторы не отмечали. Степень связанности эндопротезов во всех работах была PS, удлиняющие ножки применялись в двух работах [18, 19], где размер дефекта был средним по классификации Insall.

Методы замещения костных дефектов по данным различных авторов при первичном эндопротезировании коленного сустава приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

**Методы замещения костных дефектов при первичном эндопротезировании
коленного сустава по данным литературы**

Метод	Размер дефектов по Insall	Вид эндопротеза	Кол-во случаев	Средний срок наблюдения, мес.	Осложнения
<i>Цемент</i>					
Азизов с соавт. [10]	Малые	PS	19	12	Нет
<i>Цемент с армированием</i>					
Bilgen M.S. с соавт. [7]	Малые	PS	24	34	Нет
Zheng С.И с соавт. [8]	Малые	PS	40	24	Нет
Корнилов Н.Н. с соавт. [9]	Малые	PS/ CR	32	62	Нет
<i>Металлические блоки</i>					
Hube R.B. с соавт. [14]	Средние	28 PS + ножка 3 VVC + ножка	31	74	2 ИОХВ
Lee J.K. с соавт. [15]	Средние	PS 27 ножек	46	78	Нет
Загородний Н.В. с соавт. [16]	Средние	PS + ножка	32	48	Нет
Baek S.W. с соавт. [17]	Средние	PS + ножка	9	60	Нет
Tsukada S. с соавт. [22]	Большие	PS + ножка	33	54	Нет
<i>Метафизарные втулки</i>					
Martín-Hernández C. с соавт. [23]	Большие	VVC 15 ножек	25	79	1 расхождение послеоперац. раны
<i>Обработанный танталовый конус</i>					
You J.S. с соавт. [5]	Большие	PS	17	42	Нет
<i>Цельные аллотрансплантаты</i>					
Корнилов Н.Н с соавт. [9]	Средние	VVC + ножка	12	42	Нет
Tigani D. с соавт. [24]	Большие	PS+ ножка	3	30	Нет
<i>Мелкоизмельченные аллотрансплантаты</i>					
Van Loon C.J. с соавт. [21]	Средние	PS + ножка	6	38	2 случая расшатывания
<i>Аутоотрансплантаты без дополнительной фиксации</i>					
Sohn J.M. с соавт. [12]	Малые	PS	50	117	1 ИОХВ, 1 расшатывание
<i>Утрамбованный измельченный аутоотрансплантат</i>					
Sugita T. с соавт. [11]	Малые	PS	45	65	Нет
<i>Измельченный аутоотрансплантат, фиксированной сеткой</i>					
Tanwar Y.S. с соавт. [18]	Средние	PS+ ножка	26	72	Нет
<i>Аутоотрансплантат, фиксированный винтами</i>					
Hosaka K. с соавт. [19]	Средние	PS + ножка	68	78	Нет
Тихилов Р.М. с соавт. [20]	Средние	PS	24	60	Нет
<i>Аутоотрансплантат, фиксированный остеокондуктивным материалом MIIG</i>					
Гиркало М.В. с соавт. [13]	Малые	PS	32	36	Нет

**Дифференциальный подход к замещению костных дефектов
в зависимости от их объема**

Параметры	Дефекты по Insall		
	малые	средние	большие
Методы замещения, степень связанности	Цемент — PS (1 работа)	Металлический блок — PS + ножка (4 работы)	Совместно 2 металлических блока — PS + ножка (1 работа)
	Цемент с армированием — PS (3 работы)	Аутопластика PS + ножка (3 работы)	Метафизарная втулка — VVC + ножка (1 работа)
	Аутопластика — PS (3 работы)	Аллопластика PS/VVC + ножка (2 работы)	Обработанный танталовый конус PS (1 работа) Аллопластика PS + ножка (1 работа)

Обсуждение

Замещение костных дефектов при помощи костного цемента показывает хороший и долгосрочный результат. А армирование расширяет возможность его применения при обширных дефектах [37, 38]. Другой сильной стороной метода является экономическая выгода по сравнению с другими вариантами пластики. Но все же цемент не является биологической основой и в ряде случаев может вызвать термический некроз окружающей кости, также цементу свойственно во время полимеризации усаживаться до 2% [7]. Чем больше дефект, тем больше риск возникновения этих явлений и, следовательно, больше шансов получить раннее расшатывание компонента эндопротеза. В исследовании С. Zheng с соавторами при помощи программного обеспечения Mimics и компьютерной томографии коленного сустава была построена геометрическая модель коленного сустава. Авторы пришли к выводу, что техника использования винтов и цемента превосходит технику использования только одного цемента даже при дефектах не глубже 5 мм, а также, что вертикальное введение винтов обеспечивает лучшую устойчивость по сравнению с горизонтальным [39].

Наличие рентгенопрозрачных линий не является угрозой для стабильности компонента, если они не превышают 2 мм [40]. Объем дефектов в работах, где выполнялась цементная реконструкция, был малым по Insall, и никто из авторов не использовал удлиняющие стержни. Тем самым они не усиливали диафизарную зону фиксации, так как при таких дефектах необходимо усилить фиксацию только в эпифизарной зоне, а метафизарная зона остается сохранный.

Применение модульных металлических блоков для замещения костных дефектов при эндопротезировании КС обеспечивает надежную

первичную опору для компонентов эндопротеза и возможно при значительных костных дефектах. На основании биомеханического исследования, проведенного Т.К. Fehring с соавторами [41], можно судить, что прямоугольные блоки имеют некоторое преимущество перед клиньями в силу простоты подготовки ложа и снижения проксимального напряжения большеберцовой кости, а это положительно влияет на стабильность компонента. Сообщения об использовании танталового конуса и метафизарных втулок для замещения костного дефекта только при первичном эндопротезировании встречаются редко, чаще всего в имеющихся исследованиях наблюдают группы пациентов и не разделяют их на первичное и ревизионное эндопротезирование коленного сустава [42]. Нам встретилась работа N.M. Brown с соавторами где отмечены хорошие клинические результаты лечения четырех пациентов, которым был имплантирован танталовый конус при первичном эндопротезировании; костный дефект был средним по Insall Но поскольку количество наблюдений было меньше 5, эта работа не вошла в наше исследование [43].

Существует вероятность возникновения интраоперационного ятрогенного осложнения в виде перелома кости при установке метафизарной втулки [44]. В систематическом обзоре литературы А. Zanirato с соавторами сравнивают результаты установки 21 конуса и 16 втулок при ревизионном эндопротезировании КС [45]. Авторы приходят к выводу, что оба метода дают хорошие краткосрочные и среднесрочные рентгенологические и клинические результаты. Частота интраоперационных переломов при использовании конусов составила $1,2 \pm 4,8\%$, а втулок — $0,54 \pm 1,2\%$. Объем дефектов в работах, где выполнялась реконструкция металлическими блоками, был средним

и большим по Insall. При средних дефектах страдает как эпифизарная зона фиксации, так и частично метафизарная, а использование металлического аугмента позволяет усилить фиксацию в этих зонах. Такой объем дефекта не нуждается в использовании удлиняющего стержня, но надо отметить, что у большинства фирм-производителей при использовании аугмента толще 5 мм согласно технологии имплантации нужно использовать удлиняющую ножку. По-другому дело обстоит с большими дефектами, при которых уже необходимо усиливать фиксацию в диафизарной зоне, и это является прямым показанием к использованию удлиняющей ножки. Металлическая аугментация зарекомендовала себя не только как надежный способ замещения дефекта медиального мыщелка большеберцовой кости, но и как один из наиболее часто используемых методов борьбы с потерей костной массы [46].

Костные аллотрансплантаты применяют в качестве биологического материала для восстановления костного дефицита. Биосовместимость метода дает возможность повторного прикрепления коллатеральных связок, а его универсальность позволяет лечить широкий спектр костной недостаточности. Это, прежде всего, позволяет хирургу сформировать трансплантат в соответствии с имеющимся дефицитом и избежать ненужного удаления кости пациента. Тщательное исследование перестройки костной ткани провели в своей работе N.L. Parks с соавторами [47]. Доказательная глубина этого исследования заключается в изучении перестройки костной ткани у 7 умерших пациентов, которым было выполнено эндопротезирование КС с замещением костного дефекта аллотрансплантатом. Все трансплантаты при исследовании были состоятельны, но реваскуляризация была слабой.

Одно из первых сообщений о применении аллотрансплантатов было опубликовано в 1992 г. I. Stockley с соавторами описали хороший клинический результат у 20 прооперированных пациентов, выживаемость за 4,5 лет составила 85%, а рентгенопрозрачные линии без дальнейшего прогрессирования наблюдались в 24% [48]. Имеющийся риск несращения с костью пациента и риск передачи инфекционных заболеваний относится к недостаткам метода [21, 24]. Также не у всех медицинских учреждений есть возможность пользоваться костным банком, а транспортная логистика доставки до места установки трансплантата затруднена и затратна.

Методы использования аутологичных материалов в разных областях хирургии известны на протяжении многих десятилетий. Основным преимуществом использования аутологичных тканей является их полная биологическая

совместимость в отличие аллопластики, при которой имеется риск передачи инфекции от донора [49, 50]. Одними из первых применили и описали аутооттрансплантат, фиксированный винтом, для пластики медиального дефекта большеберцовой кости R.E. Windsor с соавторами [51]. В настоящее время отмечается тенденция к снижению травматичного воздействия на трансплантат путем применения спиц Киршнера вместо винтов [49, 52, 53]. В последующих работах авторы отмечают, что можно сохранить надежную опору для тиббиального компонента, не применяя какую-либо фиксацию аутооттрансплантата, путем интраоперационного моделирования неограниченного дефекта в ограниченный [12, 29]. Применение аутооттрансплантата является экономически выгодным методом, при котором сохраняется костный запас, что очень важно для молодых пациентов, так как это в последующем упростит ревизионное эндопротезирование коленного сустава [11, 54]. Но следует отметить, что у метода замещения костного дефекта аутооттрансплантатом есть свои недостатки. Это ограничение по объему самого трансплантата, поэтому его невозможно использовать при больших дефектах, а также остается риск несращения трансплантата с костью реципиента, и имеются ограничения со стороны качества кости [18, 55].

Помимо усиления фиксации эндопротеза в диафизарной зоне удлиняющая ножка при выполнении алло- и аутопластики нужна для перераспределения нагрузки на дистально расположенные от суставной линии костные структуры. Это предотвращает смещение компонентов эндопротеза в сторону дефекта и создает благоприятные условия для перестройки трансплантата [56].

Независимо от объема имеющегося костного дефекта и выбранного метода его замещения степень связанности эндопротеза в первую очередь зависит от целостности коллатеральных связок. Но как показывает практика, при наличии больших костных дефектов увеличивается вероятность связочной нестабильности коленного сустава, при которой возможно придется увеличивать степень связанности эндопротеза, начиная от VVC и заканчивая Hinge системами.

Таким образом, анализ публикаций, отобранных для систематического обзора, показал, что самое большое количество исследований относится к применению металлических блоков и аутологичной кости для замещения костного дефекта. Такая распространенность, по всей видимости, говорит о простоте и универсальности этих методов. Самый большой средний срок наблюдения был в исследованиях, где авторы применяли аутопластику (72 мес.), а самый маленький — при использовании цементной пластики (33 мес.).

Интересны данные анализа объема дефектов в приведенных работах: малые дефекты по Insall встречались в работах, где реконструкция выполнялась при помощи костного цемента и аутокости. В остальных исследованиях имелись средние объемы дефектов. Исключением стали 4 работы: в трех применялись металлические блоки [5, 22, 23] и в одной — аллотрансплантаты [24], так как авторы выполняли реконструкцию при больших объемах дефектов. Самый распространенный размер дефекта относится к среднему по Insall и встречается в 9 работах. Применение различных методов пластики дефекта при одинаковых объемах костного дефицита лишней раз подчеркивает, что объем дефекта не является ключевым фактором при выборе метода замещения.

Для достижения хорошей стабильности компонентов эндопротеза при замещении костных дефектов нужно учитывать вовлеченность зон фиксации в имеющийся дефект, а это значит, что при малых и средних дефектах использование удлиняющих ножек необязательно. Но при замещении дефекта металлическими блоками, согласно рекомендациям большинства фирм-производителей

эндопротезов, хирург должен использовать удлиняющую ножку, а при замещении костными материалами дефекта удлиняющая ножка (диафизарная фиксация) нужна для создания оптимальных условий для перестройки трансплантата. При больших дефектах значительно страдают эпифизарная и метафизарная зоны, поэтому использование удлиняющей ножки необходимо.

Метод замещения костного дефекта металлическими блоками молодым пациентам с хорошим качеством кости не может быть рекомендован как вариант предпочтительного выбора, так как при обработке ложа под аугмент теряется и здоровая кость, а также металлический блок не восстанавливает костный запас [46, 57]. В то же время при плохом качестве кости метод восполнения дефекта костными материалами увеличивает риск несращения и лизиса трансплантата и не может быть рекомендован [11].

Учитывая результаты проведенного анализа публикаций, а также зональную фиксацию компонента эндопротеза, мы модифицировали предложенный А.К. Aggarwal с соавторами [46] рабочий алгоритм подхода к замещению костных дефектов (рис. 2).

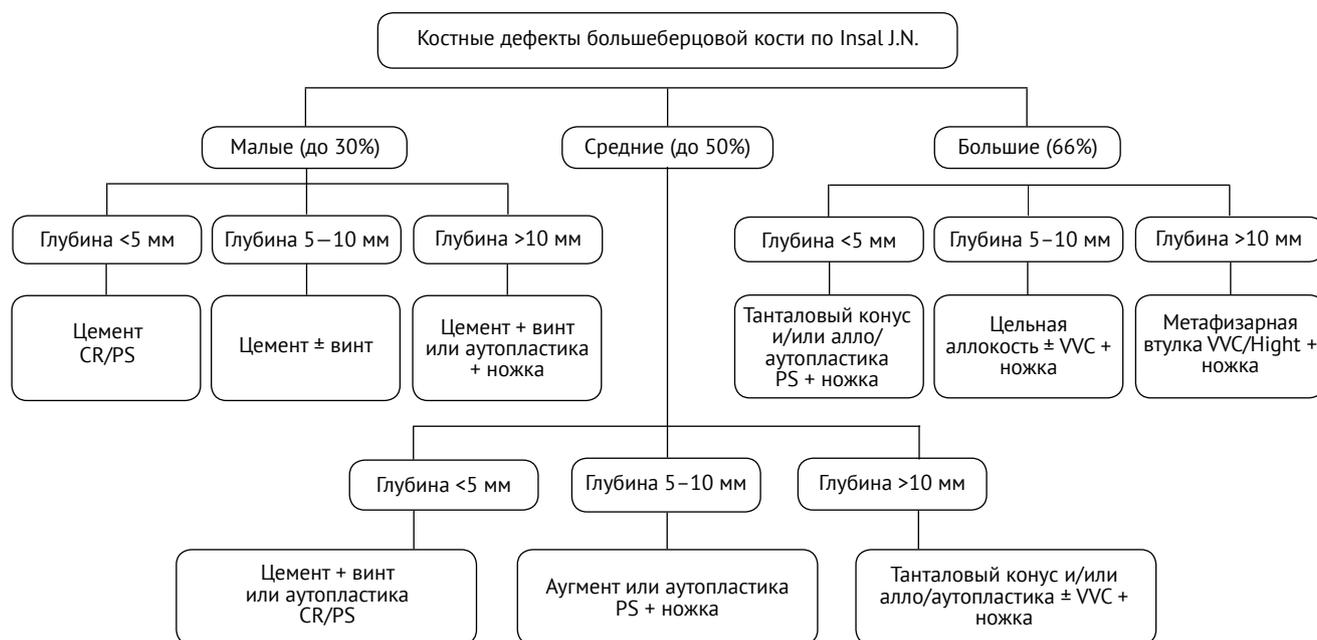


Рис. 2. Модифицированный алгоритм выбора метода замещения костного дефекта

Fig. 2. The algorithm for choosing the method of bone defect replacement

Заключение

Результаты исследований показывают, что имеющийся объем дефекта не является ключевым фактором для выбора метода его замещения, так как при относительно одинаковых параметрах дефекта применялись разные варианты пластики с удовлетворительным клиническим исходом. При замещении дефекта нужно добиться закрепления компонента эндопротеза как минимум в двух зонах фиксации. Предпочтение при выборе метода у молодых пациентов с хорошим качеством кости должно отдаваться костным трансплантатам, так как это позволяет сохранить костный запас. Каждый хирург выбирает метод замещения костных дефектов, исходя из собственных предпочтений, а также таких критериев, как оснащение операционной, профессионализм хирургической бригады, качество кости пациента и объем дефекта, выявленный во время операции.

Литература [References]

1. Воронов А.В., Шпаков А.В. Биомеханические особенности функционирования коленного сустава. *Вестник спортивной медицины*. 2017;(4):22-25. Voronov A.V., Shpakov A.V. [Biomechanical features of the knee joint functioning]. *Vestnik sportivnoy meditsiny* [Sports science bulletin]. 2017;(4):22-25. (In Russian).
2. Ахмеджанов Ф.М., Бодяжин В.А., Варшавский Ю.В. Сравнительный медико-экономический анализ подходов к диагностике и лечению внутренних повреждений коленного сустава. *Радиология – практика*. 2001;(4):40-47. Akhmedzhanov F.M., Bodyazhin V.A., Varshavskii Yu.V. [Comparative medical and economic analysis of approaches to the diagnosis and treatment of internal injuries of the knee joint]. *Radiologiya – praktika* [Radiology – Practice]. 2001;(4):40-47. (In Russian).
3. Ходарев С.В., Прядко О.И., Казакова О.В. Эффективность применения фонофореза с «Лонгидазой 3000МЕ» при лечении больных дегенеративно-дистрофическими заболеваниями коленных суставов. *Вестник восстановительной медицины*. 2010;1(35):71-73. Khodarev S.V., Pryadko O.I., Kazakova O.V. [The effectiveness of phonophoresis with Longidase 3000ME in the treatment of patients with degenerative-dystrophic diseases of the knee joints]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny* [Journal of Healing Restorative Medicine]. 2010;1(35):71-73. (In Russian).
4. Robertsson O., Knutson K., Lewold S., Lidgren L. The Swedish Knee Arthroplasty Register 1975-1997: an update with special emphasis on 41, 223 knees operated on in 1988-1997. *Acta Orthop Scand*. 2001;72(5):503-513.
5. You J.S., Wright A.R., Hasegawa I., Kobayashi B., Kawahara M., Wang J. et al. Addressing large tibial osseous defects in primary total knee arthroplasty using porous tantalum cones. *Knee*. 2019;26(1):228-239. doi: 10.1016/j.knee.2018.11.001.
6. Федоров В.Г. Лечение импрессионных переломов мыщелков большеберцовой кости – полностью ли решена сегодня эта проблема? (Обзор диссертаций, патентов начала 21-го века). *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(4). Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26694>.
7. Fedorov V.G. [Treatment of impression fractures of the condyles of the tibia – is this problem completely solved nowadays?]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2017;(4). (In Russian). Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26694>.
7. Bilgen M.S., Eken G., Guney N. Short-term results of the management of severe bone defects in primary TKA with cement and K-wires. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2017;51(5):388-392. doi: 10.1016/j.aott.2017.02.002.
8. Zheng C., Zhou Y.G., Ma H.Y., Zhang Z., Fu H.H., Wu W.M et al. [Relationship between screw numbers and severity of tibial bone defect in primary total knee arthroplasty]. *Zhongguo Gu Shang*. 2016;29(5): 415-420.
9. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Тихилов Р.М., Каземирский А.В., Селин А.В., Печинский А.И. и др. Замещение костных дефектов при первичном эндопротезировании коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2008;47(1):76-81. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Tikhilov R.M., Kazemirskii A.V., Selin A.V., Pechinskii A.I. et al. [Replacement of bone defects in primary knee arthroplasty]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2008;47(1):76-81. (In Russian).
10. Азизов М.Ж., Алимов А.П., Азизов А.М. Клиническая оценка применения костной и цементной пластик дефектов мыщелков тибиального плато при эндопротезировании коленного сустава. *Наука и мир*. 2015;2(11(27)):103-108. Azizov M.Zh., Alimov A.P., Azizov A.M. [Clinical evaluation of using autologous bone grafting and cemented filling of condyle defect of the tibial plateau at total knee arthroplasty]. *Nauka i mir* [Science and World Journal]. 2015;2(11(27)):103-108.
10. Sugita T., Aizawa T., Sasaki A., Miyatake N., Fujisawa H., Kamimura M. Autologous morselised bone grafting for medial tibial defects in total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2015;23(2):185-189. doi: 10.1177/230949901502300214.
12. Sohn J.M., In Y., Jeon S.H., Nho J.Y., Kim M.S. Autologous Impaction Bone Grafting for Bone Defects of the Medial Tibia Plateau During Primary Total Knee Arthroplasty: Propensity Score Matched Analysis With a Minimum of 7-Year Follow-Up. *J Arthroplasty*. 2018;33(8):2465-2470. doi: 10.1016/j.arth.2018.02.082.
13. Гиркало М.В., Гаврилов М.А., Козлов В.В. Комбинированная пластика метаэпифизарных костных дефектов при эндопротезировании коленного сустава с применением костнопластического биоматериала. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2012;8(4):971-974. Girkalo M.V., Gavrilov M.A., Kozlov V.V. [Combined osteoplasty of metaepiphysal defects in total knee arthroplasty with osteoplastic biomaterial]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2012;8(4):971-974. (In Russian).
14. Hube R., Pfitzner T., von Roth P., Mayr H.O. [Defect Reconstruction in Total Knee Arthroplasty with wedges and blocks]. [Corrected]. *Oper Orthop Traumatol*. 2015;27(1):6-16. (In German). doi: 10.1007/s00064-014-0331-2.
15. Lee J.K., Choi C.H. Management of tibial bone defects with metal augmentation in primary total knee replacement: a minimum five-year review. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(11):1493-1496. doi: 10.1302/0301-620x.93b10.27136.

16. Загородний Н.В., Ивашкин А.Н., Ауде Ф.С., Захарян Н.Г., Степанян Р.В., Безверхий С.В. и др. Отдаленные результаты первичного эндопротезирования коленного сустава с применением модульных блоков для замещения костных дефектов медиального мыщелка большеберцовой кости. *Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2017;(1):69-74. Zagorodniy N.V., Ivashkin A.N., Aude F.S., Zaharyan N.G., Stepanyan R.V., Bezverhij S.V. et al. [Functional results after primary knee arthroplasty with modular blocks for replacement of medial condyle bone defects of the tibia]. *Zhurnal Sovremennaya nauka: Aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences]. 2017;(1):69-74.
17. Baek S.W., Choi C.H. Management of severe tibial bony defects with double metal blocks in knee arthroplasty—a technical note involving 9 cases. *Acta Orthop*. 2011;82(1):116-118. doi: 10.3109/17453674.2010.548031.
18. Tanwar Y.S., Kharbanda Y., Bhargava H., Attri K., Bandil A. Mid-term results of impaction bone grafting in tibial bone defects in complex primary knee arthroplasty for severe varus deformity. *SICOT J*. 2019;5:2. doi: 10.1051/sicotj/2018056.
19. Hosaka K., Saito S., Oyama T., Fujimaki H., Cho E., Ishigaki K., Tokuhashi Y. Union, Knee Alignment, and Clinical Outcomes of Patients Treated With Autologous Bone Grafting for Medial Tibial Defects in Primary Total Knee Arthroplasty. *Orthopedics*. 2017;40(4):e604-e608. doi: 10.3928/01477447-20170418-01.
20. Тихилов Р.М., Каземирский А.В., Преображенский П.М., Кройтору И.И., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. и др. Отдаленные результаты применения костной аутопластики при эндопротезировании коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(3):21-27. doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-21-27. Tikhilov R.M., Kazemirsky A.V., Preobrazhensky P.M., Kroitoru I.I., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. et al. [long-term results after bone plasty at knee replacement]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;(3):21-27. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-21-27.
21. Van Loon C.J., Wijers M.M., de Waal Malefijt M.C., Buma P., Veth R.P. Femoral bone grafting in primary and revision total knee arthroplasty. *Acta Orthop Belg*. 1999;65(3):357-363.
22. Tsukada S., Wakui M., Matsueda M. Metal block augmentation for bone defects of the medial tibia during primary total knee arthroplasty. *J Orthop Surg Res*. 2013;8:36. doi: 10.1186/1749-799X-8-36.
23. Martín-Hernández C., Floría-Arnal L.J., Gómez-Blasco A., Hernández-Fernández A., Pinilla-Gracia C., Rodríguez-Nogué L. et al. Metaphyseal sleeves as the primary implant for the management of bone defects in total knee arthroplasty after post-traumatic knee arthritis. *Knee*. 2018;25(4):669-675. doi: 10.1016/j.knee.2018.05.009.
24. Tigani D., Dallari D., Coppola C., Ben Ayad R., Sabbioni G., Fosco M. Total knee arthroplasty for post-traumatic proximal tibial bone defect: three cases report. *Open Orthop J*. 2011;5:143-150. doi: 10.2174/1874325001105010143.
25. Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol*. 2009;62(10):1006-1012. doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.005.
26. Середа А.П., Андрианова М.А. Рекомендации по оформлению дизайна исследования. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):165-184. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184. Sereda A.P., Andrianova M.A. [Study Design Guidelines] *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):165-184. (In Russian) doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184.
27. Liu J., Sun Z.H., Tian M.Q., Wang P., Wang L. [Autologous bone grafting plus screw fixation for medial tibial defects in total knee arthroplasty]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2011;91(29):2046-2050.
28. Ponzio D.Y., Austin M.S. Metaphyseal bone loss in revision knee arthroplasty. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2015;8(4):361-367. doi: 10.1007/s12178-015-9291-x.
29. Байтов В.С., Гуражев М.Б., Прохоренко В.М. Аутопластика костного дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(6):19. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27111>.
30. Baitov V.S., Gurazhev M.B., Prokhorenko V.M. [Autoplasty of the bone defect of the tibia during primary total knee arthroplasty]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2017;(6):19. (In Russian). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27111>.
31. Dorr L.D. Bone grafts for bone loss with total knee replacement. *Orthop Clin North Am*. 1989;20(2):179-187.
32. Rand J.A. Bone deficiency in total knee arthroplasty. Use of metal wedge augmentation. *Clin Orthop Relat Res*. 1991;(271):63-71.
33. Insaall J.N. Revision of aseptic failed total knee arthroplasty. In: *Surgery of the knee*. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 1993. pp. 935-957.
34. Engh G.A., Ammeen D.J. Classification and preoperative radiographic evaluation: knee. *Orthop Clin North Am*. 1998;29(2):205-217. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70319-9.
35. Huff T.W., Sculco T.P. Management of bone loss in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007;22 (7 Suppl 3):32-36. doi: 10.1016/j.arth.2007.05.022.
36. Джигкаев А.Х., Каземирский А.В., Преображенский П.М. Опыт применения модульных блоков для замещения костных дефектов медиального мыщелка большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2012;1(63):22-29. doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-26-31. Dzhigkaev A.Kh., Kazemirsky A.V., Preobrazhensky P.M. [Experience with modular blocks for replacement of medial condyle bone defects of the tibia in primary knee arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(1):22-29. (In Russian) doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-26-31.
37. Morgan-Jones R., Oussedik S.I., Graichen H., Haddad F.S. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2015;97-B(2):147-149. doi: 10.1302/0301-620X.97B2.34144.
38. Berend M.E., Ritter M.A., Keating E.M., Jackson M.D., Davis K.E. Use of screws and cement in primary TKA with up to 20 years follow-up. *J Arthroplasty*. 2014;29(6):1207-1210. doi: 10.1016/j.arth.2013.12.023.
39. Ritter M.A. Screw and cement fixation of large defects in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1986;1(2):125-129. doi: 10.1016/s0883-5403(86)80050-x.
40. Zheng C., Ma H.Y., Du Y.Q., Sun J.Y., Luo J.W., Qu D.B. et al. Finite Element Assessment of the Screw and

- Cement Technique in Total Knee Arthroplasty. *Biomed Res Int*. 2020;2020:3718705. doi: 10.1155/2020/3718705.
40. Freeman M.A., Bradley G.W., Revell P.A. Observations upon the interface between bone and polymethylmethacrylate cement. *J Bone Joint Surg Br*. 1982;64(4):489-493. doi: 10.1302/0301-620X.64B4.7096429.
 41. Fehring T.K., Peindl R.D., Humble R.S., Harrow M.E., Frick S.L. Modular tibial augmentations in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;(327):207-217. doi: 10.1097/00003086-199606000-00026.
 42. Rajgopal A., Kumar S., Aggarwal K. Midterm Outcomes of Tantalum Metal Cones for Severe Bone Loss in Complex Primary and Revision Total Knee Arthroplasty. *Arthroplast Today*. 2021;7:76-83. doi: 10.1016/j.artd.2020.12.004.
 43. Brown N.M., Bell J.A., Jung E.K., Sporer S.M., Paprosky W.G., Levine B.R. The Use of Trabecular Metal Cones in Complex Primary and Revision Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2015;30(9 Suppl):90-93. doi: 10.1016/j.arth.2015.02.048.
 44. Gill U.N., Ahmed N., Noor S.S., Memon I.A., Memon Z.A. Management of the bone loss by metaphyseal sleeves in primary and revision knee arthroplasty: clinical experience and outcome after forty three cases. *Int Orthop*. 2020;44(11):2315-2320. doi: 10.1007/s00264-020-04663-1.
 45. Zanirato A., Formica M., Cavagnaro L., Divano S., Burastero G., Felli L. Metaphyseal cones and sleeves in revision total knee arthroplasty: Two sides of the same coin? Complications, clinical and radiological results—a systematic review of the literature. *Musculoskelet Surg*. 2020;104(1):25-35. doi: 10.1007/s12306-019-00598-y.
 46. Aggarwal A.K., Baburaj V. Managing bone defects in primary total knee arthroplasty: options and current trends. *Musculoskelet Surg*. 2021;105(1):31-38. doi: 10.1007/s12306-020-00683-7.
 47. Parks N.L., Engh G.A. The Ranawat Award. Histology of nine structural bone grafts used in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1997;(345):17-23.
 48. Stockley I., McAuley J.P., Gross A.E. Allograft reconstruction in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br*. 1992;74(3):393-397. doi: 10.1302/0301-620X.74B3.1587885.
 49. Yoon J.R., Seo I.W., Shin Y.S. Use of autogenous onlay bone graft for uncontained tibial bone defects in primary total knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):502. doi: 10.1186/s12891-017-1826-4.
 50. Kharbanda Y., Sharma M. Autograft reconstructions for bone defects in primary total knee replacement in severe varus knees. *Indian J Orthop*. 2014;48(3):313-318. doi: 10.4103/0019-5413.132525.
 51. Windsor R.E., Insall J.N., Sculco T.P. Bone grafting of tibial defects in primary and revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;(205):132-137.
 52. Ahmed I., Logan M., Alipour F., Dashti H., Hadden W.A. Autogenous bone grafting of uncontained bony defects of tibia during total knee arthroplasty a 10-year follow up. *J Arthroplasty*. 2008;23(5):744-750. doi: 10.1016/j.arth.2007.08.021.
 53. Рева М.А., Чегуров О.К. Результаты лечения больных гонартрозом методом тотального эндопротезирования коленного сустава с применением костной аутопластики. *Современные проблемы науки и образования*. 2013;(2):97.
 54. Reva M.A., Chegurov O.K. [The results of treating gonarthrosis by total knee replacement with the use of bone autoplasty]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2013;(2):97. (In Russian).
 55. Yamanaka H., Goto K., Suzuki M. Total knee arthroplasty for rheumatoid arthritis patients with large tibial condyle defects. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2012;20(2):148-152. doi: 10.1177/230949901202000202.
 56. Cuckler J.M. Bone loss in total knee arthroplasty: graft augment and options. *J Arthroplasty*. 2004;19(4 Suppl 1):56-58. doi: 10.1016/j.arth.2004.03.002.
 57. Peters C.L., Erickson J., Kloepper R.G., Mohr R.A. Revision total knee arthroplasty with modular components inserted with metaphyseal cement and stems without cement. *J Arthroplasty*. 2005;20(3):302-308. doi: 10.1016/j.arth.2004.08.010.
 58. Qiu Y.Y., Yan C.H., Chiu K.Y., Ng F.Y. Review article: bone defect classifications in revision total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2011;19(2):238-243. doi: 10.1177/230949901101900223.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Гуражев Михаил Борисович — младший научный сотрудник отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
e-mail: Tashtagol@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

Байтов Владислав Сергеевич — канд. мед. наук, ведущий травматолого-ортопедическим отделением № 3, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
e-mail: VBaitov@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9427-7072>

AUTHORS' INFORMATION:

Mikhail B. Gurazhev — Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
e-mail: Tashtagol@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

Vladislav S. Baitov — Cand. Sci. (Med.), Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
e-mail: VBaitov@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9427-7072>

Гаврилов Андрей Николаевич — научный сотрудник отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
e-mail: AGavrilov08@yandex.ru
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7094-2026>

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук, начальник научно-исследовательского отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
pavlovdoc@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

Корыткин Андрей Александрович — канд. мед. наук, директор ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
andrey.korytkin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

Andrei A. Gavrilov — Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
e-mail: AGavrilov08@yandex.ru
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7094-2026>

Vitalii V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.), Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
pavlovdoc@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

Andrey A. Korytkin — Cand. Sci. (Med.), Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
andrey.korytkin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

Заявленный вклад авторов

Гуражев М.Б. — написание текста рукописи, анализ литературных данных.

Баитов В.С. — разработка дизайна статьи, редактирование рукописи.

Гаврилов А.Н. — поиск литературных источников по теме статьи.

Павлов В.В. — анализ литературных данных, дизайн исследования.

Корыткин А.А. — концепция и дизайн исследования.

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.



Исправление: Малоинвазивные доступы, применяемые при эндопротезировании тазобедренного сустава: систематический обзор

А.А. Корыткин, С.А. Герасимов, К.А. Ковалдов, Е.А. Герасимов, А.А. Пронских, А.В. Новиков, Е.А. Морозова

Поправки к статье: Травматология и ортопедия России. 2021;27(2):132-143.
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-132-143>

Correction to: Minimally Invasive Approaches for Total Hip Arthroplasty: Systematic Review

Andrey A. Korytkin, Sergey A. Gerasimov, Kirill A. Kovaldov, Evgeny A. Gerasimov, Alexander A. Pronskikh, Alexander V. Novikov, Ekaterina A. Morozova

Correction to the article: Traumatology and Orthopedics of Russia. 2021;27(2):132-143.
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-2-132-143>

В оригинальной версии статьи содержатся ошибочные данные анализа в разделе «Положение вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава». Был опубликован следующий материал:

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 — $42,2 \pm 3,0^\circ$. Соответственно из представленных показателей незначительно превышают рекомендуемые пара-

метры доступы Röttinger и DSA. Статистические значимые 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±3,5 vs 48,0±4,5	-2,56092	12	0,024959	1,708692	0,435639
DAA vs DSA	40,9±3,5 vs 47,6±4,8	-2,40739	12	0,033070	1,897659	0,391443
Röttinger vs MPA	48,0±4,5 vs 40,0±0,7	4,45053	5	0,006699	39,70865	0,006483
MPA vs DSA	40,0±0,7 vs 47,6±4,8	-4,04438	5	0,009880	44,10009	0,005338
SuperPATH vs Röttinger	42,2±2,9 vs 48,0±4,5	-2,33891	10	0,041417	2,428845	0,307099

При повторном анализе данных оценку различий между группами выполняли с помощью критерия Вальда — Вольфовица. Результаты представляли в виде $Me [IQR]$, где Me — медиана, IQR — межквартильный размах. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Было выявлено, что угол инклинации вертлужного компонента у всех пациентов вне зависимости от применяемого доступа статистически не отличался от соответствующего параметра так называемой «безопасной зоны» Lewinnek и составил: DAA — $40,8^\circ [5,2]$, Micro-Hip — $46,0^\circ [9,1]$, Röttinger — $48,0^\circ [6,5]$,

MPA — $40,0^\circ [0,4]$, DSA — $47,6^\circ [6,8]$, SuperPATH — $42,5^\circ [4,7]$ ($p > 0,05$).

Угол антеверсии при доступах DAA и MPA статистически значимо отличался от данного показателя «безопасной зоны» Lewinnek и составил: DAA — $19,7^\circ [5,0]$ ($p < 0,05$), MPA — $23,8^\circ [8,7]$ ($p < 0,05$). Значение данного параметра в группе доступа SuperPATH — $17,3^\circ [8,5]$ ($p > 0,05$).

Полученные результаты не повлияли на ранее сделанный вывод о том, что не были выявлены статистически значимые преимущества ни одного из рассматриваемых доступов.