

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-3-82-81>

УДК 617.3

© В.Ю. Мурылев, П.М. Елизаров, Г.А. Куковенко, А.В. Музыченков, С.С. Алексеев, А.И. Руднев, М.П. Елизаров, К.Г. Яковлев, Д.С. Бобров, 2024

Обзор литературы / Literature review



ПЕРСНИФИЦИРОВАННЫЕ ИМПЛАНТЫ В РЕКОНСТРУКЦИИ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ. БУДУЩЕЕ УЖЕ НАСТУПИЛО. (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.)

В.Ю. МУРЫЛЕВ^{1,2}, П.М. ЕЛИЗАРОВ^{1,2}, Г.А. КУКОВЕНКО^{1,2}, А.В. МУЗЫЧЕНКОВ^{1,2}, С.С. АЛЕКСЕЕВ², А.И. РУДНЕВ^{1,2}, М.П. ЕЛИЗАРОВ¹, К.Г. ЯКОВЛЕВ^{1,2}, Д.С. БОБРОВ^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России. Ул. Трубецкая, д. 8. стр. 2 119991, Москва, Россия.

² ГБУЗ ММНЦ Боткинская больница ДЗМ г. Москвы. 2-й Боткинский п-зд, д.5. 125284, Москва, Россия.

Аннотация

Несомненно, что тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава является эффективным методом лечения крайних стадий коксартроза, однако, рост первичных эндопротезирований, неизбежно, приводит к увеличению количества ревизионных вмешательств на тазобедренном суставе. Достаточно часто хирургу, в ходе ревизионной операции, приходится сталкиваться с большим костным дефектом впадины, диссоциацией костей таза, дефицитом ее стенок и ситуациями, когда имплантация серийных компонентов невозможна. На выручку приходят аддитивные технологии с использованием персонифицированных 3Д имплантов. Целью работы явилось уточнение роли 3Д имплантов в современной артропластике тазобедренного сустава, когда применение стандартных «промышленных» компонентов невозможно. В обзор литературы вошел проведенный поиск по доступным базам данных с анализом 54 актуальных статей, касающихся реконструкции дефектов вертлужной впадины, при этом 32 публикации охватывают период за последние 5 лет. На основании проведенного литературного анализа делается вывод о том, что именно нестандартные, сложные случаи повторного эндопротезирования являются показанием к использованию 3Д персонифицированных конструкций, указываются преимущества методики. В настоящее время данное направление в реконструктивной ортопедии тазобедренного сустава является перспективным. Данные аддитивные технологии, становятся последней хирургической возможностью, когда другие методы хирургического лечения исчерпаны.

Ключевые слова: Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, ревизионное эндопротезирование, персонифицированные импланты, индивидуальная печать, замещение дефектов кости, аугменты вертлужной впадины

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Мурылев В.Ю., Елизаров П.М., Куковенко Г.А., Музыченков А.В., Алексеев С.С., Руднев А.И., Елизаров М.П., Яковлев К.Г., Персонифицированные импланты в реконструкции вертлужной впадины. Будущее уже наступило. Обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 3(56). С. 82–81 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-3-82-81>

PERSONALIZED 3D IMPLANTS IN ACETABULAR RECONSTRUCTION. THE FUTURE IS NOW

VALERY Y. MURILEV^{1,2}, PAVEL M. ELIZAROV^{1,2}, GRIGORY A. KUKOVENKO^{1,2}, ALEKSEY V. MUZICHENKOV^{1,2}, SEMEN S. ALEKSEEV², ALEKSANDER I. RUDNEV^{1,2}, MIKHAIL P. ELIZAROV¹, KONSTANTIN G. YAKOVLEV^{1,2}, DMITRII S. BOBROV^{1,2}

¹ Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University; Orthopaedic Surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

² Orthopaedic Surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Abstract

There is no doubt that total hip replacement is an effective method for treating stage 3 coxarthrosis, however, the increase in primary endoprosthesis inevitably, sooner or later, leads to an increase in revision interventions on the hip joint. Quite often, during a revision operation, a surgeon has to deal with a large bone defect in the acetabulum, dissociation of the pelvic bones, a deficiency of its walls and situations when implantation of serial components is impossible. Additive technologies using personalized 3D implants come to the rescue. The aim of the work was to clarify the role of 3D implants in modern hip arthroplasty, when the use of standard "industrial" components is impossible. The literature review included a search of available databases with an

analysis of 54 relevant articles related to the reconstruction of acetabulum defects, while 32 publications cover the period over the past 5 years. Based on the literature analysis, it is concluded that non-standard, complex cases of repeated endoprosthetics are an indication for the use of 3D personalized structures, and the advantages of the technique are indicated. At present, this direction in reconstructive orthopedics of the hip joint is a promising direction. These additive technologies may become the last surgical option when the possibilities of other surgical treatment methods are exhausted.

Key words: Total hip replacement, revision hip replacement, 3D implants, custom printing, bone defect replacement, acetabular augments

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Murylev V.Y., Elizarov P.M., Kukovenko G.A., Muzichenkov A.V., Alekseev S.S., Rudnev A.I., Elizarov M.P., Yakovlev K.G., Personalized 3D Implants in Acetabular Reconstruction. The Future is Now. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 3. pp. 82–81 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-3-82-81>

Введение

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТС) в настоящее время является «золотым стандартом» в лечении коксартроза последних стадий [1]. Однако, неуклонный рост в последние годы операций по первичному эндопротезированию, привел к тому, что резко возросло количество и ревизионных вмешательств [2,3]. По данным литературы, частота повторной ревизии вертлужного компонента колеблется от 20-36% через 10 лет после выполненной первоначальной ревизии [4,5]. В особо сложных ситуациях, эти вмешательства на суставе не носят единичный характер у многих пациентов [6,7]. Авторы отмечают, что при выполнении ревизионного вмешательства на тазобедренном суставе (ТБС), хирург может столкнуться не просто с значительными дефектами впадины по типу Paprosky IIIb, но и с возможной диссоциацией костей таза со сформированным значительным костным дефектом. Такой костный дефицит требует не просто восполнения костного объема в ходе операции для создания стабильной фиксации, но его заполнение требуется и для создания опоры и стабильности для установки остальных компонентов эндопротеза. Необходимо восстановления биомеханики ТБС и, в итоге, создание опорной ноги, на что указывает превалирующее количество авторов [1,8,9,10,11]. В сложившейся непростой ситуации с имеющимся костным дефектом, помогает использование персонифицированных, индивидуально изготовленных 3Д компонентов, что является одним из наиболее эффективных вариантов реконструкции вертлужной впадины [12,13,14,26].

Во время предоперационного планирования и предварительного изготовления 3Д модели импланта, авторы ориентируются на достаточно старую, предложенную W.G. Paprosky более 30 лет назад, классификацию костных дефектов вертлужной впадины [11,15]. Однако, классификация имеет недостатки, поскольку не позволяет выявить ограниченность или неограниченность костного дефекта, а также не учитывает возможную диссоциацию костей таза [26]. В непростой ситуации помогает оценить дефект компьютерная томография (КТ) [16]. На основании данных, полученных с КТ, хирург планирует ход оперативного лечения и восполнение того костного дефицита, который

имеется в области вертлужной впадины. Далее, совместно с инженерами, изготавливается сам персонифицированный имплант и 3Д тактильная модель, благодаря которой удается правильно позиционировать имплант в интраоперационной ране, тактильно ощутить его установку, согласно предоперационному планированию, правильно определить костные ориентиры, проведение винтов во фланцы, и, как результат, выполнить заполнение костного дефекта вертлужной впадины при помощи персонифицированного 3Д импланта.

Актуальным является оценка современного состояния проблемы восполнения значительных сложных костных дефектов вертлужной впадины в ходе артропластики ТБС с помощью аддитивных технологий - изготовления персонифицированных 3Д имплантов.

Цель:

Уточнить роль 3Д персонифицированных имплантов в современной ревизионной артропластике ТБС для восполнения обширных костных дефектов, когда применение серийных стандартных компонентов невозможно.

Методика написания обзора:

При обзоре литературы был проведен поиск в 4 этапа в различных базах данных, чтобы найти актуальные соответствующие исследования с использованием для поиска баз данных EMBASE, Cochrane Library, Science Direct, Web of Science, Scopus, PubMed по запросам: Восполнение костного дефекта, аддитивные технологии, ТЭТС, 3Д имплант, персонифицированный имплант тазобедренного сустава, укрепляющие вертлужную впадину кольца, аугменты, костная пластика. Для написания обзора нами были использованы оригинальные исследования, опубликованные в рецензируемых научных изданиях за период 2019-2024 гг. на русском и английском языках. Из выборки были исключены материалы конференций, главы книг, монографии. Были отобраны работы, где затрагивались вопросы восстановления костного дефицита вертлужной впадины, которые соответствовали следующим критериям: персонифицированные импланты вертлужной впадины, пациенты с эндопротезированием тазобедренного сустава, работы, когда

применялись танталовые аугменты и укрепляющие кольца, где оценивались исходы выполненных операций, возможные осложнения, исходы. Были исключены исследования на животных, консервативные способы лечения, кадаверный материал, работы, опубликованные до 2019 года. На первом этапе отбора, после введения поисковых запросов, были обнаружены 47 статей. На втором этапе выполнен анализ аннотаций и, после применения вышеуказанных критериев, включения и исключения, были удалены 9 статей. На третьем этапе изучены полнотекстовые публикации, после чего удалено еще 6 статей, как не соответствующие критериям включения-исключения. В результате - отобранось 32 статьи за последние 5 лет. Однако, в ходе четвертого этапа, пришлось вернуться и к более ранним опубликованным работам, имеющим историческую ценность в плане понимания возникновения и продвижения методик реконструкции костных дефектов вертлужной впадины и расширить поиск. Таким образом, в обзор дополнительно были включены более ранние работы в количестве 22 публикаций, в результате чего в обзор литературных источников для написания данного анализа вошло 54 публикации.

Анализ отобранных статей:

Все 54 отобранные статьи по дизайну явились ретроспективными исследованиями.

Обсуждение:

Ежегодно в современном мире проводится более 1,5 млн. оперативных вмешательств тотальных артропластик тазобедренного сустава, в США более 500 тысяч, в России - около 100 тысяч операций. Доказано, что самым распространенным и эффективным методом лечения поздних стадий коксартроза является ТЭТС [10]. Авторы указывают на благоприятные результаты эндопротезирования, которые по истечении нескольких лет отмечаются в 80 - 90% больных, однако наблюдение пациентов в динамике свидетельствует о постепенном снижении удельного веса положительных исходов. Прослеживается математическая зависимость: пропорционально давности операции возрастает необходимость в замене имплантированного сустава или одного из его компонентов, эндопротез не вечен. Поэтому, с ростом количества первичного эндопротезирования возрастает и необходимость в ревизионном эндопротезировании ТБС, причем в последние годы количество необходимых ревизионных вмешательств растет как снежный ком. Так, по данным The National Joint Register, еще в 2017 г. было выполнено более 8 тыс. ревизионных операций на тазобедренном суставе [17,26]. Увеличивается число пациентов с тяжелыми разрушениями вертлужной впадины - в подавляющем большинстве случаев при ревизионных операциях наблюдается дефицит костной ткани или отсутствие костных фрагментов [14].

М.Weber М с соавторами публикует интересные данные, что у молодых пациентов с первичным эндопротезированием неуклонно растет частота ревизионных вмешательств [18].

Каждая ревизионная операция - это сложная задача для хирурга, особенно при наличии массивного костного дефекта вертлужной впадины. При ревизионной артропластике удаление стабильного вертлужного компонента, даже при наличии специального инструментария, может приводить к дополнительной потере костной ткани [18,19]. Хирург должен в ходе операции решить такие задачи, как восполнение дефекта, надежная фиксации компонента, создание опоры и обеспечение стабильности сустава. Для их решения необходимо грамотное предоперационное планирование, правильно интерпретированный костный дефект позволяет минимизировать риск ошибки и облегчить выполнение оперативного лечения [20]. В литературе описаны различные хирургические методики для ревизии вертлужной впадины и коррекции дефицита костной массы [1,21,22,26].

Классификация костных дефектов вертлужной впадины, предложенная W.G. Paprosky в 1993 г. и основанная на рентгенологических признаках, удобна для использования при предоперационном планировании [11]. Однако она немного устарела и является несовершенной для углубленной диагностики, поскольку не позволяет определить ограниченность или неограниченность костного дефекта, а также не учитывает наличия диссоциации костей таза [15]. В большинстве случаев у данной группы пациентов отсутствуют какие-либо ориентиры для адекватной фиксации компонента, что влияет на точность установки импланта и восстановление центра ротации [10,13].

Поэтому для детальной оценки каждого дефекта вертлужной впадины необходимо выполнение «свежей» актуальной КТ с последующей 3Д-визуализацией [26]. Достижения в области радиологии и компьютерной томографии сделали возможным трехмерное представление всей анатомии ТБС, что расширяет 3Д кругозор ортопеда в плане позиционирования импланта [20]. В настоящее время программное обеспечение для 3D-моделирования, инструменты для сегментации и уменьшения металлических артефактов фактически позволяют использовать изображения компьютерной томографии для оценки костных дефектов в 3D формате, тем самым подтверждая точность и надежность использования инновационных технологий [18,23].

Можно отметить, что проблема восполнения дефекта вертлужной впадины и создание в ней опоры существовала всегда. Более 55 лет назад W. H. Harris рекомендовал при ревизионном эндопротезировании с целью укрепления впадины использовать кобальт-хромовую сетку [24]. В 70 - 80-х годах прошлого века данное направление в артропластике трансформировалось в разработку и применение укрепляющих колец, антипротрузионных устройств, которые имеют опору на наружные края вертлужной впадины. Сегодня в мире эндопротезирования методика известна как антипротрузионное или реконструктивное кольцо Burch-Schneider. С 1975 г. конструкция Burch-Schneider Cage начала постепенно внедряться в практическую ортопедию, и к 2006 г. было имплантировано более 125 000 кейджей [8]. В 2020 году Gary Sayas и соавторы предоставили 10 летние результаты применения укрепляющих колец в сочетании

с имплантатами системы двойной мобильности. Выживаемость имплантата составила 96,1% [9].

В операционные по миру разошлись разные опорные конструкции, разработанные Muller, Burch-Schneider, R.Ganz, Beznosko, Охнег и др., которые стали достойным дополнением к костной или цементной пластике крыши вертлужной впадины [10,14,21]. Классическими показаниями к применению кольца Бурх-Шнайдера (Burch-Schneider™ Reinforcement Cage) стали, ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава (РЭТС) у больных с различными дефектами дна или крыши вертлужной впадины, в тех случаях, когда невозможно достичь стабильной фиксации другими вариантами имплантатов [26]. Так же кольца Бурх-Шнайдера показаны в случаях ацетабулярных переломов. Главным преимуществом данного метода является низкая стоимость конструкции. Основными показаниями к применению антипротрузионных систем остаются состояния, связанные с дефектами крыши вертлужной впадины, либо её дисплазией, а также дефицитом дна вертлужной впадины. Однако невозможность биологической фиксации не позволяет прогнозировать долговременную стабильность конструкции [25]. Поэтому использовать данный метод не рекомендуется у активных и молодых пациентов [26].

Для обеспечения лучшего контакта между имплантом и костью, при наличии костного дефицита, в 1994 году было предложено высокое размещение вертлужного компонента, чтобы получить достаточный контакт между протезом и костью. Однако, более поздних статьях, сообщалось о более высокой частоте расшатывания вертлужного компонента в этих ситуациях [4,13,19,20, 23,25,26,27,28,29,30]. Ведущей задачей опорных колец является восстановление правильного центра ротации. Тем не менее, чем сложнее дефект, тем выше вероятность неполной коррекции центра ротации, что вероятно и является одной из причин худшей выживаемости имплантата.

Одна из неприятных ситуаций в вопросах реконструкции вертлужной впадины, характеризуется имеющимся дефектом задней колонны, в связи с чем есть вероятность, что при значимой величине дефекта опорное кольцо может вертикализироваться. В связи с данной проблемой, перед хирургом возникает необходимость определения дальнейшей тактики, либо отказ от применения кольца и переход на использование чего-то более современного (например-аугментов), либо создание опоры с применением костной пластики или аугментов под кольцо. Еще большие дефекты можно компенсировать применением кейджей или аугментов. Так, при лечении нарушения целостности тазового кольца с применением антипротрузионного кейджа D. Berry с соавторами получили удовлетворительные результаты у 11 из 13 пациентов при среднем трехлетнем сроке наблюдения после РЭТС [22].

Что касается костной пластики, то она до сих пор остается универсальной и актуальной, но, не всегда, с ее помощью, удастся восполнить значительный костный дефицит вертлужной впадины. Основным преимуществом импакционной пластики

является восстановление костной массы, особенно у молодых пациентов, которым со временем может потребоваться повторная ревизия [21,26,31].

О результатах еще одного метода восполнения костного дефекта доложил M.S. Ibrahim с соавторами, которые продемонстрировали хорошие результаты РЭТС при одновременном использовании импакционной костной пластики и бесцементных компонентов с пористым покрытием. Однако авторы подчеркивают, что данный метод не может обеспечить длительную выживаемость имплантатов при обширных дефектах вертлужной впадины, таких как IIIA и IIIB по Paprosky[32]. Костный дефект можно заполнить и просто аллотрансплантатом, рассчитывая на его остеоинтеграцию. Полемизируя, другие авторы сообщают о высоком уровне осложнений при использовании импакционной костной пластики или аллотрансплантатов для замещения массивных дефектов вертлужной впадины [26,33,34]. Последние десятилетия в ревизионной хирургии тазобедренного сустава все чаще стали использовать металлические аугменты с танталовым покрытием (Trabecular Metal Acetabular Augment) [26].

Появление пористых металлических имплантатов стало свежей струей в оперативной ортопедии [35]. Более высокий коэффициент трения, более низкий модуль упругости и пористые поверхности стали их безусловными преимуществами. Международное научное сообщество пришло к выводу что эти характеристики значительно увеличивают и ускоряют вращение кости. Трабекулярный полусферический вертлужный компонент и аугменты стали альтернативным решением для ситуаций с дефектом костной ткани при ацетабулярной ревизии. Однако, для их хорошей фиксации с последующей остеоинтеграцией необходимо наличие достаточного количества костной ткани. M. Whitehouse с соавторами продемонстрировали достаточно высокую выживаемость конструкции (92%) через 10 лет после ревизионного эндопротезирования с использованием аугментов [36]. Благодаря различным размерам, своей универсальности, аугменты позволяют хирургам в большинстве случаев выполнить реконструкцию вертлужной впадины. Но, существуют неприятные нюансы. При установке аугмента требуется дополнительная обработка костного ложа фрезами, идет потеря костной ткани, значительно уменьшается ее «запас». Необходимо «подогнать» ложе под аугмент. А строго параллельная ориентация отверстий в аугментах не позволяет менять направление винтов для лучшей фиксации. К сожалению, бывают ситуации РЭТС, когда использование аугментов не позволяет полноценно восполнить костный дефект [48]. При комбинированном дефиците передней и задней колонн вертлужной впадины ни один из стандартных ревизионных имплантатов не позволяет восстановить истинный центр ротации головки бедренной кости [26]. В современной литературе все больше говорится об успехах использования персонализированно изготовленных имплантов в условиях массивных костных дефектов вертлужной впадины, которые

дают возможность не только добиться стабильной фиксации и связать кости таза, но и восстановить биомеханику тазобедренного сустава [10,11,12,13,14,20,26,28,30]. Данная методика широко применяется в костной онкологии [37]. Единственным методом реконструкции обширного костного дефекта вертлужной впадины являются многофланцевые индивидуально изготовленные 3D-конструкции, которые позволяют осуществить персонифицированный подход к каждому случаю [38]. Хотя, этот метод, к сожалению, является более дорогостоящим в сравнении с использованием стандартных имплантатов [39], он часто бывает единственным возможным вариантом лечения [26,40,41,42]. Применение трехфланцевых конструкций особенно актуально к применению при диссоциации костей таза, поскольку обеспечивают анатомическое восстановление вертлужной впадины, восполняют костный дефект, обеспечивают контакт со здоровой костью, что способствует восстановлению биомеханики поврежденного сустава [43,44].

Кроме того, наличие пористой поверхности имплантата в области его контакта с костным ложем способствует биологической фиксации и остеоинтеграции, что напрямую влияет на долговременную стабильность [45]. Только при использовании индивидуальных компонентов адаптация костного ложа сводится к минимуму, альтернативные методы реконструкции требуют адаптации имеющихся конструкций к границам дефекта, как и адаптации костного ложа к установленным конструкциям [45].

М.Ж. Taunton с соавторами продемонстрировали, что стоимость трехфланцевого индивидуально изготовленного компонента сопоставима со стоимостью бесцементной чашки в совокупности с аугментами [46]. Коллеги из ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» МЗ РФ считают, что использование индивидуальных вертлужных конструкций в реконструкции обширных дефектах с экономической точки зрения является более эффективной стратегией лечения, нежели имплантация серийных вертлужных компонентов [47]. А.А. Корыткин с соавторами выявили прямую корреляционную взаимосвязь между отклонением центра ротации после операции и последующей ревизии вертлужного компонента, что подтверждает важность восстановления анатомии тазобедренного сустава [9]. Имплантированный 3D-компонент позволяет восстановить предварительно спланированный центр анатомически правильной ротации. Основными недостатками индивидуального изготовления вертлужных компонентов являются сложность предоперационного планирования и длительное изготовление конструкции по времени [9]. С другой стороны, 3D методика упрощает выполнение операции: нет необходимости имплантировать аллотрасплататы и их как-то связывать между собой, моделировать опорное кольцо, подбирать аугменты, кейджи, гемисферы и Battres для достижения адекватной фиксации и заполнения костного дефекта, при этом вся конструкция может быть достаточно громоздка [48,49]. Частота осложнений после РЭТС с применением индивидуальных конструкций

достигает 26% [26,50]. Стоит отметить, что в обзорной статье 2023 года D. Broekhuis, показан процент осложнений после ревизионного вмешательства на вертлужной впадине с использованием индивидуальных 3D компонентов вертлужной впадины в условиях таких дефектов как IIIA и IIIB по W.G. Paprosky который суммарно составляет 24%, а на сроке 4 года после имплантации он составил 12% [51].

А.С. Kawalkar с соавторами провели метаанализ и продемонстрировали, что при использовании индивидуальных трехфланцевых конструкций количество вывихов, по разным данным, варьируется от 0% до 30%, что является достаточно высоким показателем. Многие авторы указывают на улучшение результатов по шкале Harris Hip Score с 25 баллов до операции до 75 и более после оперативного вмешательства при использовании аддитивных 3Д технологий [9,52,53,53]. Авторы трактуют относительно невысокие показатели оценочных шкал после оперативного лечения как результат изначально тяжелого состояния пациентов, большого объема потери костной массы в результате ранее выполненных артропластик, говорят также об объеме и сложности проведенного ревизионного эндопротезирования [9].

Наш опыт применения 3Д персонифицированных имплантов для восстановления дефектов вертлужной впадины на протяжении последних 5 лет в Городском центре эндопротезирования костей и суставов ГБУЗ ММНКИЦ Боткинская больница ДЗМ демонстрирует, что в проспективном исследовании результаты в группе пациентов, которым имплантировали 3Д персонифицированные конструкции, были в 1,08 раза выше по Harris Hip Score, чем в группе у пациентов, где для восстановления костного дефицита использовались аугменты, и в 1,10 раза выше, чем в группе с антипротрузионными кольцами [26]. Аналогичные результаты мы получили по шкале WOMAC: результат был лучше в 1,95 раза, чем у пациентов с аугментами, и в 2,32 раза лучше, чем у пациентов с антипротрузионными кольцами. Количество осложнений в послеоперационном периоде у пациентов с индивидуальными конструкциями было в 1,83 раза меньше, чем у пациентов, где восполнение костного дефекта было осуществлено применением аугментов и в 1,66 раза меньше, чем в группе, где применялись антипротрузионные кольца. Персонифицированные конструкции являются удобными, высокотехнологичными имплантами. Данные аддитивные технологии становятся последней хирургическим шансом на успех, когда возможности других методов хирургического лечения уже исчерпаны.

Заключение:

На основании проведенного обзора литературы можно сделать вывод, что показаниями к использованию 3Д персонифицированных конструкций в ревизионном эндопротезировании являются: сложные случаи повторного эндопротезирования, когда приходится сталкиваться с значительной потерей костной массы, большие костные дефекты

с нарушением непрерывности тазового кольца, предшествующие в анамнезе ревизионные вмешательства на тазобедренном суставе, которые не достигли успеха, но, уже были использованы различные антипротрузионные конструкции и танталовые аугменты. Индивидуальные компоненты позволяют уменьшить объем интраоперационной обработки костных структур, «сэкономить» свою кость, улучшить фиксацию импланта и обеспечить первичную стабильность в условиях массивных костных дефектов, а пористая структура 3Д импланта и его прямое соприкосновение с костным ложем обеспечивает возможность полноценной биологической фиксации. В настоящее время данное направление в реконструктивной ортопедии значительных костных дефектов вертлужной впадины является приоритетным.

Список литературы:

1. 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/s11999-014-4078-8.
2. Shichman I, Roof M, Askew N, Nherera L, Rozell JC, Seyler TM, Schwarzkopf R. Projections and epidemiology of primary hip and knee arthroplasty in medicare patients to 2040–2060. *JB JS Open Access.* 2023;8:e22.00112. <https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.22.00112>.
3. Rasmussen MB, El-Galaly A, Daugberg L, Nielsen PT, Jakobsen T. Projection of primary and revision hip arthroplasty surgery in Denmark from 2020 to 2050. *Acta Orthop.* 2022;93:849–53. <https://doi.org/10.2340/17453674.2022.5255>.
4. Deere K., Whitehouse M.R., Kunutsor S.K., Sayers A., Mason J., Blom A.W. How long do revised and multiply revised hip replacements last? A retrospective observational study of the National Joint Registry. *Lancet Rheumatol.* 2022. Jun 23;4(7):e468-79.
5. Abrahams J.M., Callary S.A., Munn Z, Jang S.W., Huang Q., Howie D.W., Solomon L.B. Acetabular Component Migration Measured Using Radiostereometric Analysis Following Revision Total Hip Arthroplasty: A Scoping Review. *JBJS Rev.* 2020. Apr;8(4):e0170.
6. Yoon P.W., Lee Y.K., Ahn J., Jang E.J., Kim Y., Kwak H.S. et al. Epidemiology of hip replacements in Korea from 2007 to 2011. *J Korean Med Sci.* 2014;29(6):852-858. doi: 10.3346/jkms.2014.29.6.852.
7. Telleria J.J., Gee A.O. Classifications in brief: Paprosky classification of acetabular bone loss. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(11):3725-3730. doi: 10.1007/s11999-013-3264-4.
8. Dall'Ava L., Hothi H., Henckel J., Di Laura A., Shearing P., Hart A. Comparative analysis of current 3D printed acetabular titanium implants. *3D Print Med.* 2019;5(1):15. doi: 10.1186/s41205-019-0052-0.
9. Короткин А.А., Новикова Я.С., Морозова Е.А., Герасимов С.А., Ковалдов К.А., Эль Мудни Ю.М. Индивидуальные трехфланцевые вертлужные компоненты при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава у пациентов со значительными дефектами вертлужной впадины: планирование, хирургическая техника, результаты. *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(2):20-30. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-20-30. Korytkin A.A., Novikova Ya.S., Morozova E.A., Gerasimov S.A., El moudni Yo.M. Custom Triflange Acetabular Components for Revision Hip Arthroplasty in the Patients with Severe Acetabular Defects: Planning, Surgical Technique, Outcomes. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2020;26(2):20-30. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-20-30.
10. Wyatt M.C. Custom 3D-printed acetabular implants in hip surgery – innovative breakthrough or expensive bespoke upgrade? *Hip Int.* 2015. 25(4):375-379. doi: 10.5301/hipint.5000294.
11. Aprato A., Giachino M., Bedino P., Mellano D., Piana R., Massè A. Management of Paprosky type three B acetabular defects by custom-made components: early results. *Int Orthop.* 2019;43(1):117-122. doi: 10.1007/s00264-018-4203-5.
12. Berend M.E., Berend K.R., Lombardi A.V., Cates H., Faris P. The patient-specific triflange acetabular implant for revision total hip arthroplasty in patients with severe acetabular defects: planning, implantation, and results. *Bone Joint J.* 2018;100-B (1 Suppl A):50-54. doi: 10.1302/0301-620X.100B1.BJJ-2017-0362.R1.
13. Zampelis V., Flivik G. Custom-made 3D-printed cupcage implants for complex acetabular revisions: evaluation of pre-planned versus achieved positioning and 1-year migration data in 10 patients. *Observational Study. Acta Orthop.* 2021;92(1):23-28. doi: 10.1080/17453674.2020.1819729.
14. Yao A., George D.M., Ranawat V., Wilson C.J. 3D Printed Acetabular Components for Complex Revision Arthroplasty. *Indian J Orthop.* 2021;55(3):786-792. doi: 10.1007/s43465-020-00317-x.
15. Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Коваленко А.Н., Денисов А.О., Демин А.С., Ваграмян А.Г. и др. Какие особенности дефекта вертлужной впадины влияют на выбор ацетабулярного компонента при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава? *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(2):31-49. Tikhilov R.M., Dzhabadov A.A., Kovalenko A.N., Denisov A.O., Demin A.S., Vahramyan A.G. et al. What Characteristics of the Acetabular Defect Influence the Choice of the Acetabular Component During Revision Hip Arthroplasty? *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2020;26(2):31-49. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-31-49.
16. Wessling M, Gebert C, Hakenes T, Dudda M, Hardes J, Frieler S, Jeys LM, Hanusrichter Y. Reconstruction of paprosky III defects with custom-made implants: do we get them in the correct position? Short-term radiological results. *Bone Jt J.* 2022;104-B:1110–7. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.104B10.BJJ-2022-0508.R1>.
17. The National Joint Register. 15th Annual report; 2018. <https://www.hqip.org.uk/resource/national-jointregistry-15th-annual-report-2018/#.Y9FWQpZn2Uk>.
18. Weber M., Renkawitz T., Voellner F., Craiovan B., Greimel F., Worlicek M. et al. Revision Surgery in Total Joint Replacement Is Cost-Intensive. *Biomed Res Int.* 2018;2018:8987104. doi:10.1155/2018/8987104.
19. Romagnoli M., Zaffagnini M., Carillo E., Raggi F., Casali M., Leardini A., Marcheggiani Muccioli G.M., Grassi A., Zaffagnini S. Custom-made implants for massive acetabular bone loss: accuracy with CT assessment. *J Orthop Surg Res.* 2023 Sep 30;18(1):742. doi: 10.1186/s13018-023-04230-5.
20. Durand-Hil M., Henckel J., Di Laura A., Hart A. Can custom 3D printed implants successfully reconstruct massive acetabular defects?

A 3D-CT assessment. *J Orthop Res.* 2020;38(12):2640-2648. doi: 10.1002/jor.24752.

21. Mancino F, Cacciola G, Di Matteo V, De Marco D, Greenberg A, Perisano C. et al. Reconstruction options and outcomes for acetabular bone loss in revision hip arthroplasty. *Orthop Rev (Pavia).* 2020 Jun 29; 12(Suppl 1): 8655. Published online 2020 Jun 25. doi: 10.4081/or.2020.8655.

22. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О. Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? (критический обзор литературы и собственных наблюдений). *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(1):122-141. DoI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141.cite as: Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O. [classifications of acetabular Defects: Do They Provide an objective evidence for complexity of Revision Hip joint arthroplasty? (critical literature Review and own cases)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2019; 25(1):122-141. (In Russ.). DoI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141.

23. Marongiu G., Leinardi L., Antuofermo S.M., Pili A., Verona M., Kendoff D., Zampogna B, Capone A. Proximal femoral defect classifications in revision total hip arthroplasty from X-rays imaging to advanced 3D imaging: a narrative review. *Ann Jt* 2024 Mar 28;9:18. doi: 10.21037/aaj-23-47. eCollection 2024.

24. Paprosky W.G., Perona P.G., Lawrence J.M. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty* 1994; 9:33-44. [https://doi.org/10.1016/0883-5403\(94\)90135-X](https://doi.org/10.1016/0883-5403(94)90135-X)

25. Hansen E., Shearer D., Ries M.D. Does a cemented cage improve revision THA for severe acetabular defects? *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(2):494-502. doi: 10.1007/s11999-010-1546-7.

26. Мурылев В.Ю., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Рукин Я.А., Музыченков А.В., Руднев А.И., Жучков А.Г., Алексеев С.С., Бобров Д.С., Германов В.Г. Сравнительная оценка использования индивидуальных 3D-компонентов и стандартных имплантатов для реконструкции вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(3):18-30. Murylev V.Yu., Kukovenko G.A., Elizarov P.M., Rukin Ya.A., Muzychenkov A.V., Rudnev A.I., Zhuchkov A.G., Alekseev S.S., Bobrov D.S., Germanov V.G. Comparative assessment of the use of individual 3D components and standard implants for reconstruction of the acetabulum during revision arthroplasty. *Traumatology and orthopedics of Russia.* 2023;29(3):18-30 <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2553>.

27. 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.

28. Chiarlone F, Zanirato A, Cavagnaro L, Alessio-Mazzola M, Felli L, Burastero G. Acetabular custom-made implants for severe acetabular bone defect in revision total hip arthroplasty: a systematic review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020 Mar;140(3):415-424. doi: 10.1007/s00402-020-03334-5. Epub 2020 Jan 20.

29. Madanipour S., Lemanu D., Jayadev C., Aston W., Donaldson J., Miles J., Carrington R., McCulloch R., Skinner J. Ischial screw fixation can

prevent cup migration in 3D-printed custom acetabular components for complex hip reconstruction. *Arthroplasty.* 2022 Dec 6;4(1):52. doi: 10.1186/s42836-022-00154-3.

30. Goriainov V., King L., Oreffo R., Dunlop D. Custom 3D-Printed Triflange Implants for Treatment of Severe Acetabular Defects, with and without Pelvic Discontinuity: Early Results of Our First 19 Consecutive Cases. *JB JS Open Access.* 2021 Oct 21;6(4):e21.00057. doi: 10.2106/JBJS.OA.21.00057. eCollection 2021 Oct-Dec.

31. Lakstein D., Backstein D., Safir O., Kosashvili Y., Gross A.E. Trabecular Metal cups for acetabular defects with 50% or less host bone contact. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(9):2318-2324. doi: 10.1007/s11999-009-0772-3.

32. Ibrahim M.S., Raja S., Haddad F.S. Acetabular impaction bone grafting in total hip replacement. *Bone Joint J.* 2013;95-B (11 Suppl A):98-102. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32834.

33. Lee P.T., Raz G., Safir O.A., Backstein D.J., Gross A.E. Long-term results for minor column allografts in revision hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(12):3295-3303. doi: 10.1007/s11999-010-1591-2.

34. Buttaro M.A., Comba F., Pusso R., Piccaluga F. Acetabular revision with metal mesh, impaction bone grafting, and a cemented cup. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(10):2482-2490. doi: 10.1007/s11999-008-0442-x.

35. Zhang Y, Gao Z, Zhang B, Du Y, Ma H, Tang Y, Liu Y, Zhou Y. The application of custom-made 3D-printed titanium augments designed through surgical simulation for severe bone defects in complex revision total hip arthroplasty. *J Orthop Traumatol.* 2022;23:37. <https://doi.org/10.1186/s10195-022-00656-5>

36. Whitehouse M.R., Masri B.A., Duncan C.P., Garbuz D.S. Continued good results with modular trabecular metal augments for acetabular defects in hip arthroplasty at 7 to 11 years. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(2):521-527. doi: 10.1007/s11999-014-3861-x.

37. Durastanti G, Belvedere C, Ruggeri M, Donati DM, Spazzoli B, Leardini A. A pelvic reconstruction procedure for custom-made prosthesis design of bone tumor surgical treatments. *Appl Sci.* 2022;12:1654. <https://doi.org/10.3390/app12031654>.

38. Meding JB, Meding LK. Custom triflange acetabular implants: average 10-year follow-up. *J Arthroplasty.* 2023. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2023.03.035>.

39. Eltorai A.E., Nguyen E., Daniels A.H. Three-Dimensional Printing in Orthopedic Surgery. *Orthopedics.* 2015;38(11):684-687. doi: 10.3928/01477447-20151016-05.

40. Gruber M.S., Jesenko M., Burghuber J., Hochreiter J., Ritschl P., Ortmaier R. Functional and radiological outcomes after treatment with custom-made acetabular components in patients with Paprosky type 3 acetabular defects: short-term results. *Clinical Trial. BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):835.doi: 10.1186/s12891-020-03851-9.

41. Maryada VR, Mulpur P, Eachempati KK, Annapareddy A, Badri Narayana Prasad V, Gurava Reddy AV. Pre-Operative planning and templating with 3-D printed models for complex primary and revision total hip arthroplasty. *J Orthop.* 2022;34:240-5. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2022.09.004>.

42. Xu S, Guo Z, Shen Q, Peng Y, Li J, Li S, He P, Jiang Z, Que Y, Cao K, et al. Reconstruction of tumor-induced pelvic defects with customized,

three-dimensional printed prostheses. *Front Oncol.* 2022;12:935059. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.935059>

43. Yeroushalmi D, Singh V, Maher N, Gabor JA, Zuckerman JD, Schwarzkopf R. Excellent mid-term outcomes with a hemispheric titanium porous-coated acetabular component for total hip arthroplasty: 7–10 year follow-up. *Hip Int.* 2021. <https://doi.org/10.1177/11207000211040181>.

44. Fröschén FS, Randau TM, Gravius N, Wirtz DC, Gravius S, Walter SG. Risk factors for implant failure of custom-made acetabular implants in patients with paprosky III acetabular bone loss and combined pelvic discontinuity. *Technol Health Care.* 2022;30:703–11. <https://doi.org/10.3233/THC-202236>.

45. Berend K.R., Adams J.B., Ruh E.L., Lombardi A.V. Jr. Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of catastrophic bone loss? *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(2):528–535. doi: 10.1007/s11999-014-3969-z.

46. Taunton M.J., Fehring T.K., Edwards P, Bernasek T., Holt G.E., Christie M.J. Pelvic discontinuity treated with custom triflange component: a reliable option. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(2):428–434. doi: 10.1007/s11999-011-2126-1.

47. Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Денисов А.О., Чилилов А.М., Черкасов М.А., Билык С.С. и др. Анализ экономической эффективности использования индивидуальных и серийных вертлужных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Гений ортопедии.* 2022;28(2): 234–240. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-2-234-240. Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Denisov A.O., Chililov A.M., Cherkasov M.A., Bilyk S.S. et al. Cost-effectiveness analysis of custom-made and serial acetabular components in revision hip arthroplasty. *Orthopaedic Genius.* 2022;28(2):234–240. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-2-234-240.

48. Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Kovalenko A.N., Bilyk S.S., Denisov A.O., Shubnyakov I.I. Standard Versus Custom-Made Acetabular Implants in Revision Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2022;37(1):119–125. doi: 10.1016/j.arth.2021.09.003.

49. Goodman G.P., Engh C.A.Jr. The custom triflange cup: build it and they will come. *Bone Joint J.* 2016;98-B (1 Suppl A):68–72. doi: 10.1302/0301-620X.98B.36354.

50. Van Eemeren A., Vanlommel J., Vandekerckhove M. Acetabular reconstruction with a custom-made triflange acetabular component through direct anterior approach - A case report. *J Clin Orthop Trauma.* 2020;11(Suppl 2): S211–S213. doi: 10.1016/j.jcot.2020.02.006.

51. Broekhuis D., Tordoir R., Vallinga Z., Schoones J., Pijls B., Nelissen R. Custom triflange acetabular components for large acetabular defect reconstruction in revision total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis on 1218 patients. *EFORT Open Rev.* 2023 Jul 3;8(7):522–531. doi: 10.1530/EOR-22-0081.

52. Berend M.E., Berend K.R., Lombardi A.V., Cates H., Faris P. The patient-specific triflange acetabular implant for revision total hip arthroplasty in patients with severe acetabular defects: planning, implantation, and results. *Bone Joint J.* 2018;100-B (1 Suppl A):50–54. doi: 10.1302/0301-620X.100B1.BJJ-2017-0362.R1.

53. Citak M., Kochsiek L., Gehrke T., Haasper C., Suero E.M., Mau H. Preliminary results of a 3D-printed acetabular component in the manage-

ment of extensive defects. *Hip Int.* 2018;28(3):266–271. doi: 10.5301/hipint.5000561.

54. DeBoer D.K., Christie M.J., Brinson M.F., Morrison J.C. Revision total hip arthroplasty for pelvic discontinuity. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(4):835–840.

Информация об авторах:

Мурылев Валерий Юрьевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России; заведующий Московским городским центром эндопротезирования на базе ГБУЗ ММНKC Боткинская больница Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, nmuril@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5753-8926>, SPIN-код: 7695-1145

Елизаров Павел Михайлович — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России; врач травматолог-ортопед, ГБУЗ ММНKC Боткинская больница Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, elizarov_07@mail.ru, ORCID iD: 0000-0002-0217-2434, SPIN-код: 1022-5877

Куковенко Григорий Андреевич — канд. мед. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России; врач травматолог-ортопед, ГБУЗ ММНKC Боткинская больница Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, gkukovenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6700-0222>, SPIN-код: 2644-8963

Музыченко Алексей Владимирович — канд. мед. наук, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России; врач травматолог-ортопед, ГБУЗ ММНKC Боткинская больница Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, amuzychenkov@inbox.ru, ORCID iD: 0000-0002-3933-672X, SPIN-код: 1707-7077

Алексеев Семен Сергеевич — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ГБУЗ ММНKC Боткинская больница Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, semen.alekseev.92@mail.ru, ORCID iD: 0000-0001-7599-7472, SPIN-код: 7653-7021

Руднев Александр Игоревич — ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России; врач травматолог-ортопед, ГБУЗ ММНKC Боткинская больница Департамента здравоохранения г. Москвы. Ruda310895@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-4490-2922

Елизаров Михаил Павлович — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, elizarovm07@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-4811-5718, SPIN-код 9697-0610

Яковлев Константин Гарриевич — врач, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, врач травматолог ГБУЗ ММНKC Боткинская больница Департамента здравоохранения г. Москвы. Konstantinyakovlev2503@mail.ru ORCID iD: 0009-0008-8558-7643

Бобров Дмитрий Сергеевич — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, dr.bobroff@gmail.com

Автор, ответственный за переписку:

Елизаров Павел Михайлович — elizarov_07@mail.ru

Information about the authors:

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

Pavel M. Elizarov — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University; Orthopaedic Surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Grigory A. Kukovenko — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Life Safety and Disaster Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University; Orthopaedic Surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Aleksey V. Muzychenkov — Cand. Sci. (Med.), Assistant Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University; Orthopaedic Surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Semen S. Alekseev — Orthopaedic Surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Aleksander I. Rudnev - Assistant Professor, Department of Life Safety and Disaster Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University; Orthopaedic Surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Mikhail P. Elizarov - Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University, Russian Federation

Konstantin G. Yakovlev- Assistant Professor of Botkin City Hospital, Moscow, Russian Federation

Dmitrii S. Bobrov- — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov First Moscow State Medical University; Orthopaedic Surgeon, Botkin Moscow City Hospital, Moscow, Russian Federation

Corresponding author:

Pavel M. Elizarov — elizarov_07@mail.ru