

Выбор хирургической тактики при первичном и ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава с использованием инструментов объемной визуализации

В.А. Базлов¹, Т.З. Мамуладзе¹, О.И. Голенков¹, М.В. Ефименко¹, А.А. Пронских¹, К.Н. Харитонов¹, А.А. Панченко², В.В. Павлов¹

¹ ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

² ООО «ЛОГИКС Медицинские системы», г. Новосибирск, Россия

Реферат

Инструменты объемной визуализации значительно расширяют возможности оценки состояния костной ткани как с точки зрения ее качественных свойств, так и с точки зрения точного определения геометрии и объема дефекта костной ткани. **Цель исследования** — определить возможности объемной визуализации в предоперационном планировании эндопротезирования тазобедренного сустава для коррекции хирургической тактики. **Материал и методы.** Проведен ретроспективный анализ предоперационного планирования первичного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава у 110 пациентов, которым было проведено хирургическое лечение с применением объемной визуализации. Использовались специализированное программное обеспечение: конвертер файлов RadiAnt DICOM Viewer — для получения 3D-моделей; 3D/CAD проектировщики — для обработки и коррекции объемных моделей; программа InVesalius 3.0 — для оценки плотности костной ткани по шкале Хаунсфилда; K-Pacs — для просмотра материалов, полученных в результате МСКТ и рентгенографии. В предоперационном периоде всем пациентам проводилась рентгенография костей таза в прямой и передне-боковой проекциях. Посттравматическая деформация вертлужной впадины описывалась в соответствии с рентгенологической картиной в каждом конкретном клиническом случае. При ревизионном эндопротезировании дефект вертлужной впадины определялся по классификации W.G. Paprosky. У 36 пациентов (32,7%) дефект области вертлужной впадины являлся следствием травматического воздействия, 74 пациентам (67,3%) операция требовалась из-за расшатывания компонентов эндопротеза. **Результаты.** В 80% случаев (88 пациентов) анализ 3D-модели не менял тактику хирургического вмешательства, определенную в ходе предоперационного планирования с использованием рентгенограмм таза, в 20% наблюдений (22 пациента) использование объемной визуализации приводило к открытию новых обстоятельств и смене хирургической тактики. **Заключение.** В стандартных случаях можно ограничиться традиционным предоперационным планированием с использованием рентгенограмм в нескольких проекциях. При первичном эндопротезировании тазобедренного сустава у пациентов с посттравматической деформацией, в том числе с наличием ложного сустава дна вертлужной впадины или остеопении 2–3 степени целесообразно выполнять объемную визуализацию. В случае ревизионного эндопротезирования целесообразно проводить 3D-визуализацию при наличии дефектов вертлужной впадины IIIA, IIIB и нарушении целостности тазового кольца по W.G. Paprosky.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, 3D-визуализация, предоперационное планирование, индивидуальные имплантаты, выбор хирургической тактики.

Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Голенков О.И., Ефименко М.В., Пронских А.А., Харитонов К.Н., Панченко А.А., Павлов В.В. Выбор хирургической тактики при первичном и ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава с использованием инструментов объемной визуализации. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(2):60-70. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-60-70.

Cite as: Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Golenkov O.I., Efimenko M.V., Pronskikh A.A., Kharitonov K.N., Panchenko A.A., Pavlov V.V. [Effects of 3D Imaging on Surgical Tactics in Primary and Revision Hip Arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(2):60-70. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-60-70.

✉ Базлов Вячеслав Александрович / Vyacheslav A. Bazlov; e-mail: sbazlov@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 19.03.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 26.05.2020.

Effects of 3D Imaging on Surgical Tactics in Primary and Revision Hip Arthroplasty

V.A. Bazlov¹, T.Z. Mamuladze¹, O.I. Golenkov¹, M.V. Efimenko¹, A.A. Pronskikh¹, K.N. Kharitonov¹, A.A. Panchenko², V.V. Pavlov¹

¹ Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

² Logeeks Medical Systems, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract

3D imaging tools significantly expand the ability to assess the bone tissue condition, both in terms of its qualitative properties and in terms of accurate determination of bone defect geometry and volume. **The purpose of the study** was to determine the 3D imaging potential for the preoperative planning and correction of surgical tactics in hip arthroplasty. **Materials and Methods.** A retrospective analysis of the preoperative planning of 110 primary and revision hip arthroplasties with 3D imaging was performed. The following specialized software were employed: RadiAnt DICOM Viewer file converter — for 3D models production; 3D/CAD designers — for volumetric models processing and correction; InVesalius 3.0 program — for bone density evaluation by the Hounsfield scale; K-Pacs — for viewing MSCT and X-ray images. All patients underwent pelvic bones radiography in the front and anterior-lateral planes. Post-traumatic acetabular deformity was described in accordance with the X-ray picture in each individual clinical case. For revision arthroplasty, the acetabular defect was determined according to the W.G. Paprosky classification. In 36 patients (32.7%), the acetabulum defect was the result of trauma. In 74 patients (67.3%), the cause of surgery was endoprosthesis components loosening. **Results.** In 80% of cases (88 patients), the analysis of the 3D model did not change the surgical tactics determined in the preoperative planning using pelvic radiographs; in 20% of cases (22 patients), the use of 3D imaging revealed new circumstances and changed the surgical tactics. **Conclusion.** In standard cases, it is possible to use the traditional preoperative planning using radiographs in several planes. In primary hip arthroplasty in the patients with post-traumatic deformity, including a false joint of acetabulum bottom or 2 to 3 degree osteopenia, it is advisable to perform 3D imaging. In the case of revision arthroplasty, 3D visualization is indicated in acetabulum Paprosky IIIA, IIIB defects with pelvic discontinuity.

Keywords: hip arthroplasty, 3D visualization, preoperative planning, individual implants, surgical tactics.

Введение

В мире отмечается рост количества выполняемых операций первичного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава с применением аддитивных технологий [1, 2, 3, 4].

Ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава требует значительных материальных ресурсов, высокой квалификации оперирующего хирурга, а также точного выбора операционной тактики [5, 6, 7]. Предоперационное планирование сложных случаев первичного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава — задача комплексная, как правило, требующая ряда дополнительных исследований, в том числе проведения мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ). От выбранной в ходе планирования тактики зависит исход операции: адекватный выбор имплантата, необходимость и возможность использования костной пластики, время оперативного вмешательства и ряд других факторов, из которых складывается дальнейшее

благополучие пациента [8]. Целями предоперационного планирования с использованием объемной визуализации являются: длительная выживаемость эндопротеза, правильная биомеханика, обеспечение стабильной первичной фиксации имплантата вертлужной впадины, адекватное восполнение дефицита костной ткани [9].

Сейчас в большинстве клиник Российской Федерации отсутствует возможность использования аддитивных технологий в предоперационном периоде, поэтому ход эндопротезирования тазобедренного сустава определяется, как правило, на основании анализа серии рентгенограмм костей таза. При предоперационном планировании с использованием 2D-инструментов возможно корректно определить центр ротации и необходимую бедренную компенсацию, скорректировать ось конечности и подобрать стандартные компоненты эндопротеза тазобедренного сустава [10, 11, 12]. Инструменты объемной визуализации значительно расширяют возможности оценки костной ткани

как с точки зрения ее качественных свойств, так и с точки зрения точного определения геометрии и объема дефекта костной ткани области вертлужной впадины. Эта информация открывает новые подходы к предоперационному планированию, позволяя максимально сохранить костную ткань при моделировании индивидуального имплантата или подборе стандартных компонентов, определить характер и объем костной пластики.

Цель исследования — продемонстрировать возможности объемной визуализации при предоперационном планировании эндопротезирования тазобедренного сустава для выбора хирургической тактики.

Материал и методы

Дизайн: ретроспективное одноцентровое наблюдательное исследование.

Проведен ретроспективный анализ 110 клинических случаев предоперационного планирования первичного (36 пациентов) и ревизионного (74 пациента) эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием объемной визуализации в период с декабря 2016 г. по ноябрь 2019 г. В группу анализа вошли 48 мужчин и 62 женщины в среднем возрасте 52 ± 12 лет (от 27 до 77 лет), средний индекс массы тела $26,3 \pm 5,1$ кг/м². Время наблюдения пациентов после операции составило в среднем 21 ± 12 мес. (от 1 до 34 мес.).

Критерии включения: пациенты с диагнозом «посттравматическая деформация вертлужной впадины» или «асептическое расшатывание компонентов эндопротеза», которым было выполнено первичное или ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава с использованием объемной визуализации.

Критерии невключения: пациенты с диагнозом «диспластический коксартроз». Решение не включать в исследование пациентов с диспластическим коксартрозом было принято по следующей причине: при посттравматической деформации вертлужной впадины и при расшатывании компонентов эндопротеза костные дефекты создаются искусственным путем (травмой или после оперативного вмешательства), а при диспластическом коксартрозе изначально присутствует неправильно сформированный сустав. Дисплазия — это врожденное аномальное развитие тазобедренного сустава, то есть это состояние имеет совершенно другую природу.

В предоперационном периоде всем пациентам проводилась рентгенография костей таза в прямой и передне-боковой проекциях. Посттравматическая деформация вертлужной впадины описывалась в соответствии с рентгенологической картиной в каждом клиническом случае. При ревизионном эндопротезировании дефект вертлужной впадины

классифицировался по общепринятой классификации W.G. Paprosky [13].

В случае ревизионного эндопротезирования перипротезная инфекция (ППИ) исключалась путем пункции тазобедренного сустава с дальнейшим бактериологическим исследованием полученного материала. ППИ исключена во всех 74 случаях ревизионного эндопротезирования.

Предоперационное планирование

Процесс предоперационного планирования с использованием объемной визуализации начинается с построения 3D-модели на основе проведенной МСКТ. Конвертация или преобразование серии снимков МСКТ (DICOM) в единичный файл 3D-формата (*.stl) осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения RadiAnt DICOM Viewer (Medixant, Польша). Далее полученная 3D-модель обрабатывается в программе InVesalius 3.0 (СТИ, Бразилия), с помощью которой можно оценить плотность костной ткани интересующей области по шкале Хаунсфилда. Как правило, это зона основного предполагаемого контакта «кость-имплантат» (рис. 1).

Используя стандартные инструменты InVesalius, на 3D-модели виртуально удаляются инородные тела области вертлужной впадины и проксимальной трети бедра, в частности компоненты эндопротеза.

Для дальнейшего получения «рабочей» модели визуализируются кости таза. На рисунке 2 представлена модель в режиме 650 единиц Хаунсфилда (HU), в пределах плотности 400–600 HU, что считается относительной нормой для костной ткани этой анатомической области [12].

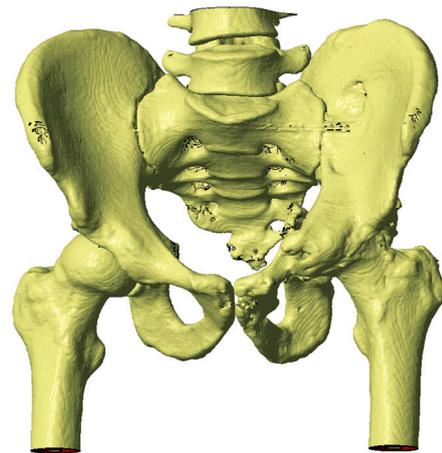


Рис. 1. 3D-модель, обработанная в программе InVesalius. Оценивается плотность костной ткани интересующей области по шкале Хаунсфилда

Fig. 1. 3D model processed with InVesalius program. The bone density of the region of interest is estimated by the Hounsfield scale

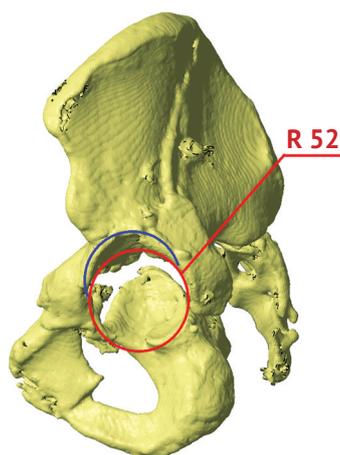


Рис. 2.
«Рабочая» модель.
Визуализируются
кости таза в пределах
плотности
400–600 HU

Fig. 2. The «working»
model. The pelvic
bones are visualized
within a density
of 400–600 HU

Следующий этап — это непосредственное планирование оперативной тактики на полученной «рабочей» 3D-модели костей таза. Для этого мы используем специализированное программное обеспечение Autodesk Netfabb, для которого создали базу стандартных компонентов путем 3D-сканирования. Часть компонентов эндопротеза была выполнена самостоятельно по принципу соответствия геометрических фигур.

Возможности программы Autodesk Netfabb позволяют провести предоперационное планирование на имеющейся объемной модели таза путем компоновки шаблонов в области вертлужной впадины. Таким образом, в заданной клинической ситуации можно определить, какой компонент целесообразнее использовать для максимального сохранения костной ткани и оптимизации хода оперативного лечения. Например, при дефекте крыши вертлужной впадины (кавитарный дефект, соответствующий типу ПВ по Pargosky) можно использовать костную пластику и стандартный компонент эндопротеза или не проводить костную пластику и имплантировать jumbo cup. В этой же ситуации также можно выполнить максимальный объем костной пластики, установить индивидуальный аугмент, тем самым создавая опорный

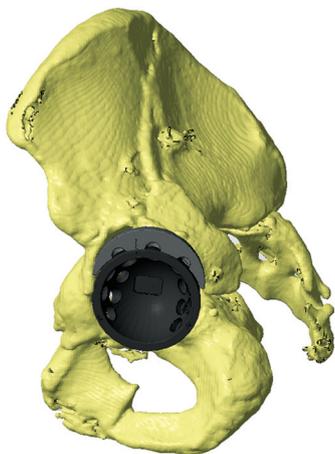


Рис. 3. Предоперационное планирование на 3D-модели костей таза: дефект верхнего края вертлужной впадины замещен индивидуальным аугментом, планируется установка индивидуального вертлужного компонента полусферической формы

Fig. 3. Preoperative planning on the 3D model of the pelvis bones: a defect of the upper edge of the acetabulum is replaced with an individual augment, it is planned to install an individual acetabular component of a hemispherical shape

блок по контуру дефекта, и имплантировать стандартный вертлужный компонент минимально возможного размера (рис. 3).

Такой подход дает возможность сохранить интактную костную ткань, максимально использовать костную пластику и с большой вероятностью прогнозировать надежную первичную фиксацию компонентов эндопротеза. При работе с индивидуальными конструкциями стандартные инструменты Autodesk Netfabb позволяют хирургу задать требуемую антеверсию и инклинацию вертлужного компонента, определить возможные места костной пластики, а также правильно ориентировать крепежные элементы. Это значительно облегчит дальнейшее моделирование имплантата биоинженеру, который, как правило, не является оперирующим хирургом и не знаком с тонкостями эндопротезирования крупных суставов.

Результаты

У 36 пациентов (32,7%) дефект области вертлужной впадины являлся следствием травматического воздействия; 74 пациентам (67,3%) оперативное лечение требовалось в результате расшатывания ранее установленных компонентов эндопротеза тазобедренного сустава. В 16 случаях из 74 (21,6%) дефекты вертлужной впадины были классифицированы как тип ПВ, в 8 (10,8%) — ПС, в 22 (29,7%) — ПША, в 20 (27,1%) — ПШВ, у 8 пациентов (10,8%) диагностировано нарушение целостности тазового кольца.

В 80% случаев (88 пациентов) анализ 3D-модели не менял тактику хирургического вмешательства, определенную в ходе предоперационного планирования с использованием рентгенограмм таза в ряде проекций. Однако и в этих случаях 3D-визуализация помогала определить объем и характер костной пластики, точки фиксации крепежных элементов в участках наиболее плотной костной ткани. При проведении предоперационного планирования с использованием объемной визуализации в 20% случаев (22 пациента) анализ 3D-моделей приводил к открытию новых обстоятельств и смене хирургической тактики в пользу индивидуальной конструкции или же в пользу стандартных компонентов в комбинации с костной пластикой или без таковой (таб.).

Коррекция хирургической тактики при использовании в предоперационном планировании объемной визуализации

Тип операции и диагноз пациентов	Предоперационное планирование хода оперативного лечения	
	До выполнения 3D-визуализации	После построения 3D-модели, оценки плотности костной ткани, расчета объема возможной костной пластики
Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу посттравматической деформации вертлужной впадины (n = 10)	Jumbo cup multiholes, дополнительная фиксация винтами (седалищная, лонная, надацетабулярный массив)	Стандартный аугмент + индивидуальный вертлужный компонент (полусферический с сегментарными отверстиями (седалищная, лонная, надацетабулярный массив)) + костная аутопластика
Ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу асептического расшатывания компонентов эндопротеза (n = 12)	Стандартные аугменты + костная аллопластика + стандартный полусферический вертлужный компонент	Минимально необходимая индивидуальная конструкция + костная аллопластика

Из 10 случаев первичного эндопротезирования тазобедренного сустава по причине посттравматической деформации вертлужной впадины, в которых изменили тактику оперативного лечения после проведения объемной визуализации, в 7 наблюдениях патологический процесс сопровождался наличием ложного сустава дна вертлужной впадины, в 3 случаях — остеопенией 2–3 ст. (Т-критерий от -1,7 до -2,4 стандартных отклонений).

Из 12 операций ревизионного эндопротезирования по поводу асептического расшатывания компонентов эндопротеза, тактику которых изменили после объемной визуализации, в 3 случаях (25%) дефект вертлужной впадины был классифицирован как IIIA, в 4 случаях (33%) — IIIB, у 5 пациентов (42%) было диагностировано нарушение целостности тазового кольца.

Клинический случай 1

Пациент 27 лет в декабре 2018 г. поступил в ЦРБ по поводу полученной в ДТП политравмы. Диагностированы закрытый перелом дна вертлужной впадины слева, оскольчатый перелом крыши вертлужной впадины слева, задний вывих головки левой бедренной кости. Спустя 9 мес. с момента получения травмы пациенту по месту жительства удалены все металлоконструкции области левой вертлужной впадины, рекомендована консультация травматолога-ортопеда в Новосибирском НИИТО им. Я.Л. Цивьяна. На момент поступления в декабре 2019 г. определялась следующая клиническая картина: относительное укорочение левой нижней конечности на 7 см,

оценка по шкале Харриса — 20 баллов, по ВАШ — 7 баллов. Рентгенологическая картина представлена на рисунке 4.

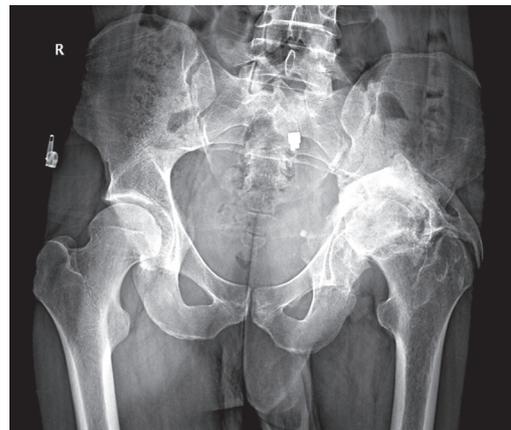


Рис. 4. Рентгенограмма пациента 27 лет при поступлении: левосторонний посттравматический коксартроз 3 ст. с кистовидной перестройкой и асептическим некрозом апекса головки левой бедренной кости, массивные параартикулярные оссификаты, консолидированный в положении смещения перелом вертлужной впадины слева, консолидированный перелом задней стенки вертлужной впадины слева

Fig. 4. X-ray of a patient 27 y.o. on admission: left-sided 3-stage post-traumatic hip osteoarthritis with cyst-like restructuring and aseptic necrosis of the left femoral head apex, massive paraarticular ossificates, left acetabulum fracture consolidated in the displacement position, consolidated fracture of the left acetabulum posterior wall

Выполнена МСКТ (толщина слоя 0,5 мм, лучевая нагрузка $2,0 \pm 0,9$ мЗв, 32-срезовый аппарат Philips), на основании которой построена 3D-модель костей таза пациента (рис. 5).

Далее предоперационное планирование выполнялось в программах InVesalius и Autodesk Netfabb в режиме плотности костной ткани от 400 до 600 HU.

В ходе предоперационного планирования рассматривались варианты имплантации стандартной jumbo cup с проведением костной пластики крыши вертлужной впадины, однако в этом случае

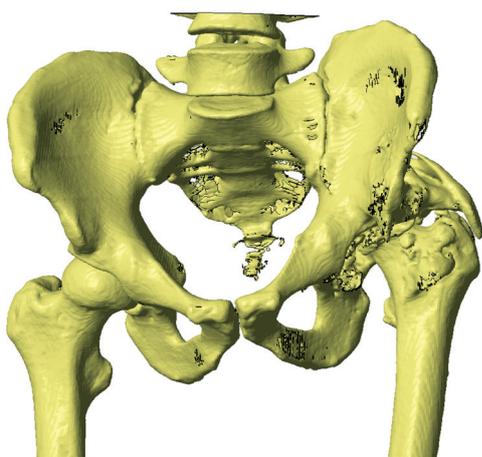


Рис. 5. 3D-модель костей таза пациента в режиме 400–600 HU

Fig. 5. 3D model of pelvic bones in the mode of 400–600 HU

для надежной фиксации вертлужного компонента необходимо было убрать значительное количество интактной костной ткани. Использование стандартных полусферических аугментов затруднительно из-за невозможности их фиксации в деформированную крышу вертлужной впадины и создания надежной опоры для вертлужного компонента. Учитывая молодой возраст пациента и возможность проведения костной аутопластики с забором головки левой бедренной кости, было принято решение рассчитать максимально возможный объем костной аутопластики и с учетом полученного объема смоделировать индивидуальный имплантат. Далее провести эндопротезирование тазобедренного сустава слева с использованием стандартных компонентов эндопротеза Smith&Nephew. Используя возможности программы Autodesk Netfabb, мы рассчитали объем головки бедренной кости и объем дефекта вертлужной впадины слева — это необходимо для дальнейшего моделирования индивидуального имплантата с минимально возможным использованием металлического компонента (рис. 6 а, б). Непосредственное моделирование индивидуального имплантата проводили методом контурной пластики области крыши вертлужной впадины с учетом виртуального заполнения дефекта костным аутотрансплантатом (рис. 6 с).

Оперативное вмешательство проводилось с использованием стандартного хирургического инструментария, длилось 110 мин., интраоперационная кровопотеря составила 550 мл. Выполнены контрольные снимки в операционной (рис. 7).

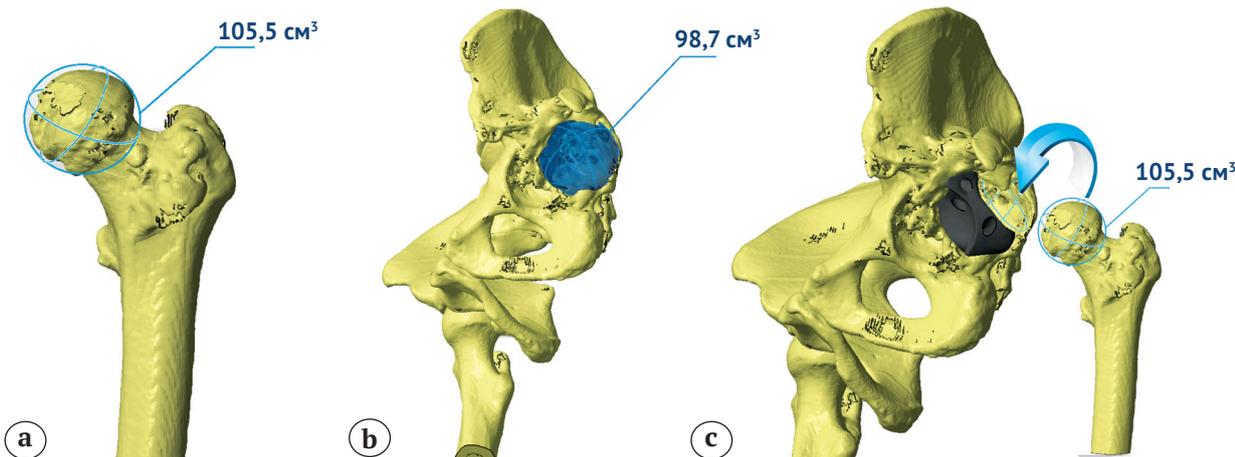


Рис. 6. Этапы операционного планирования: а — расчет объема головки бедренной кости ($105,5 \text{ см}^3$); б — расчет объема дефекта заднего края вертлужной впадины ($98,7 \text{ см}^3$); с — моделирование индивидуального имплантата

Fig. 6. Stages of preoperative planning: а — calculation of the volume of the femoral head (105.5 cm^3); б — calculation of the volume of the defect of the posterior edge of the acetabulum (98.7 cm^3); с — modeling of an individual implant

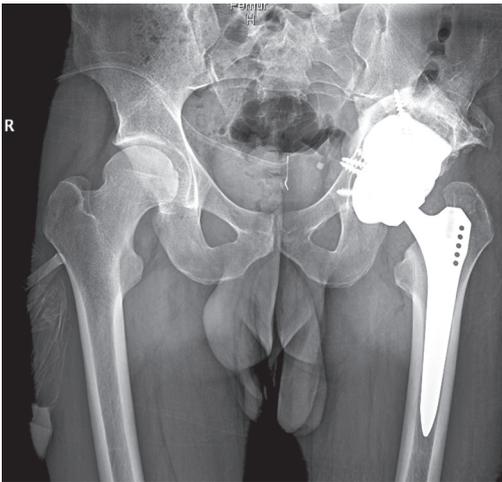


Рис. 7. Контрольная рентгенограмма: левый тазобедренный сустав замещен индивидуальным эндопротезом, первичная фиксация 7 винтами; положение компонентов эндопротеза правильное

Fig. 7. X-ray of the patient: the left hip joint was replaced by an individual endoprosthesis, primary fixation with 7 screws; the position of the components of the endoprosthesis is correct



Рис. 8. Рентгенограмма пациентки 62 лет: постимплантационный дефект области левой вертлужной впадины III B по W.G. Paprosky

Fig. 8. X-ray of female patient 62 y.o.: post-implantation Paprosky III B defect of the left acetabulum

Пациент активизирован на вторые сутки после оперативного лечения, получал терапию в соответствии с протоколом ведения пациентов после первичного эндопротезирования. Общая продолжительность госпитализации составила 14 дней. На контрольном осмотре через месяц полностью заполнение опросников Харриса (67 баллов), ВАШ (3 балла). Пациент передвигается с использованием трости.

Клинический случай 2

Пациентка 62 лет, первичное эндопротезирование левого тазобедренного сустава выполнено в 2005 г. В 2016 г. удалены компоненты эндопротеза левого тазобедренного сустава по поводу глубокой перипротезной инфекции. В апреле 2017 г. поступила в Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна. Оценка по шкале Харриса — 20 баллов, по шкале ВАШ — 7 баллов. Выполнена рентгенограмма костей таза в прямой проекции (рис. 8).

В ходе предоперационного планирования было решено использовать три стандартных аугмента для воссоздания опоры по переднему и нижнему краям вертлужной впадины, затем заместить дефект области крыши вертлужной впадины, после чего имплантировать стандартный вертлужный компонент (рис. 9).

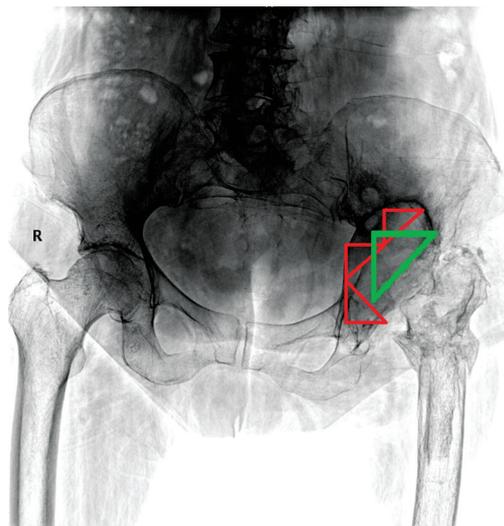


Рис. 9. Предоперационное планирование ревизионного эндопротезирования левого тазобедренного сустава.

Схематично тремя красными треугольниками обозначены места крепления стандартных аугментов, зеленый треугольник — место имплантации вертлужного компонента

Fig. 9. Preoperative planning of revision hip arthroplasty. Three red triangles indicate the attachment points of standard augments, a green triangle shows the acetabular component location

Выполнена 3D-реконструкция по результатам МСКТ. В ходе анализа дефекта вертлужной впадины было установлено: имплантация стандартных аугментов затруднительна, поскольку имеется выраженный остеопороз костей вертлужной впадины, а сложная геометрия дефекта не будет способствовать надежной фиксации аугментов. Принято решение максимально использовать костную аллопластику с реконструкцией вертлужной впадины индивидуальной 3D-конструкцией (рис. 10).

Оперативное лечение проводилось с использованием стандартного хирургического инструментария, прошло без технических сложностей, продолжительность — 123 мин., кровопотеря — 450 мл. Рентгенограмма таза пациентки после оперативного вмешательства представлена на рисунке 11.

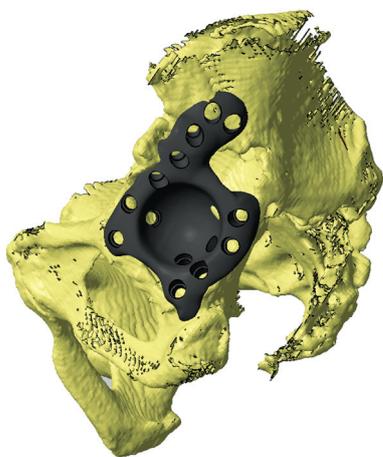


Рис. 10. Моделирование индивидуального имплантата. Наклон и направление отверстий соответствуют оптимальному ходу крепежных элементов

Fig. 10. Modelling of an individual implant. The inclination and direction of the holes correspond to the optimal route of the fasteners



Рис. 11. Послеоперационная рентгенограмма пациентки 62 лет: выполнено замещение дефекта вертлужной впадины слева костным аллотрансплантатом в объеме 180 см³. Левый тазобедренный сустав замещен эндопротезом с применением индивидуального 3D-имплантата

Fig. 11. Postoperative X-ray of female patient, 62 y.o.: the left acetabular defect was replaced by 180 cm³ bone allograft. The left hip is replaced by individual 3D implant

Пациентка активизирована на третьи сутки после оперативного лечения. Получала терапию в соответствии с протоколом ведения пациентов после ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава. Общая продолжительность госпитализации составила 16 дней. На контрольном осмотре через 6 мес. выполнено заполнение опросников Харриса (68 баллов), ВАШ (2 балла). Пациентка передвигается с использованием трости.

Обсуждение

Проблема выбора тактики проведения первичного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава в сложных случаях остается нерешенной [14, 15, 16, 17]. В таких случаях целесообразно применять аддитивные технологии в предоперационном периоде как для моделирования индивидуальных имплантатов, так и для планирования оперативного вмешательства [18, 19, 20]. В настоящее время применение аддитивных технологий не является революционным. Широкое внедрение 3D-печати и аддитивное производство началось в России с 2015 г. [21, 22, 23]. До настоящего времени остается ряд принципиальных вопросов, ответить на которые однозначно невозможно: определение необходимой и достаточной площади контакта индивидуального имплантата с костной тканью, минимально необходимое количество крепежных элементов, возможность и необходимость использования костной аллопластики [24]. В таких ситуациях возможно использовать объемную визуализацию как дополнительную опцию в поисках ответа на часть из вышеуказанных вопросов.

В нашей практике 3D-технологии применялись не только для моделирования и изготовления индивидуальных имплантатов, но и в качестве инструмента предоперационного планирования при эндопротезировании тазобедренного сустава как серийными, так и индивидуальными эндопротезами. В результате более детального предоперационного планирования с использованием объемной визуализации из 110 исследованных клинических случаев в 22 (20%) тактика оперативного лечения была скорректирована (см. табл.).

Предоперационное планирование на 3D-моделях позволяет максимально сохранить вертлужную впадину, обеспечить возможность контакта имплантата с более плотной костной тканью, определить объем костной пластики, в ряде случаев отказаться от сложных индивидуальных конструкций.

Отметим, что на данный момент нет «золотого стандарта» при эндопротезировании тазобедренного сустава, многое в предоперационном планировании зависит от предпочтений и опыта хирурга. Мы не говорим о необходимости использования объемной визуализации в стандартных случаях первичного эндопротезирования, но это может быть дополнительным инструментом при сложных случаях первичного и ревизионного эндопротезирования. Поскольку для выполнения 3D-визуализации необходимы проведение МСКТ, дополнительное программное обеспечение, кропотливая работа биоинженера, то сроки госпитализации увеличиваются в среднем на 2–3 дня, соответственно, растут ожидания пациента и стоимость лечения. Поэтому в рядовых случаях стоит ограничиться стандартным предоперационным планированием с использованием рентгенограмм в нескольких проекциях. Однако при первичном тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава, если речь идет о посттравматической деформации, в том числе с наличием ложного сустава дна вертлужной впадины или остеопении 2–3 степени, целесообразно выполнять объемную визуализацию. В случае ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава есть смысл проводить 3D-визуализацию при наличии дефектов вертлужной впадины IIIA, IIIB и pelvic discontinuity по W.G. Paprosky.

Этика публикации

Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и публикацию клинического наблюдения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Базлов В.А. — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Мамуладзе Т.З. — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

Голенков О.И. — редактирование, координация участников исследования, интерпретация и анализ полученных данных.

Ефименко М.В. — координация участников исследования, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Пронских А.А. — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

Харитонов К.Н. — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

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

Павлов В.В. — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных.

Литература [References]

1. Коваленко А.Н., Джавадов А.А., Шубняков И.И., Билык С.С., Денисов А.О., Черкасов М.А. и др. Среднесрочные результаты использования индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):37-46. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46. Kovalenko A.N., Dzhavadov A.A., Shubnykov I.I., Bilyk S.S., Denisov A.O., Cherkasov M.A. et al. [Mid-term outcomes of using custom-made implants for revision hip arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):37-46. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46.
2. Gwam C.U., Mistry J.B., Mohamed N.S., Thomas M., Bigart K.S., Mont M.A., Delanois R.E. Current epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States: National Inpatient Sample 2009 to 2013. *J Arthroplasty*. 2019;32(7):2088-2092. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.046.
3. Patel A., Pavlou G., Mujica-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.
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. 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.
6. Jafari S.M., Coyle C., Mortazavi S.M., Sharkey P.F., Parvizi J. Revision hip arthroplasty: infection is the most common cause of failure. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(8):2046-2051. doi: 10.1007/s11999-010-1251-6.
7. Hosny H.A.H., El-Bakoury A., Fekry H., Keenan J. Mid-term results of graft augmentation prosthesis II cage and impacted allograft bone in revision hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2018;33(5):1487-1493. doi: 10.1016/j.arth.2017.11.060.
8. Deirmengian G.K., Zmistowski B., O'Neil J.T., Hozack W.J. Management of acetabular bone loss in revision total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(19):1842-1852. doi: 10.2106/jbjs.j.01197.
9. Von Roth P., Abdel M.P., Harmsen W.S., Berry D.J. Uncemented jumbo cups for revision total hip arthroplasty: a concise follow-up, at a mean of twenty years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am*. 2015; 97(4):284-287. doi: 10.2106/jbjs.n.00798.

10. Amenabar T., Rahman W.A., Hetaimish B.M., Kuzyk P.R., Safir O.A., Gross A.E. Promising mid-term results with a cup-cage construct for large acetabular defects and pelvic discontinuity. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(2):408-414. doi: 10.1007/s11999-015-4210-4.
11. Садовой М.А., Павлов В.В., Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Ефименко М.В., Аронов А.М., Панченко А.А. Возможности объемной визуализации в предоперационном планировании ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2017;(3):37-42. Sadovoy M.A., Pavlov V.V., Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Efimenko M.V., Aronov A.M., Panchenko A.A. [Potentialities of 3D-visualization in preoperative planning of primary and revision total hip arthroplasty]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2017;(3):37-42. (In Russian).
12. Хоружик С.А., Михайлов А.Н. Основы КТ-визуализации. Часть 1. Просмотр и количественная оценка изображений. *Радиология-практика.* 2011;(3):62-75. Khoruzhik S.A., Mikhaylov A.N. [Fundamentals of CT visualization. Part 1. Images viewing and quantification]. *Radiologiya-praktika* [Radiology - Practice]. 2011;(3):62-75. (In Russian).
13. Paprosky W.G., Perona P.G., Lawrence J.M. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty.* 1994;9(1):33-44. doi: 10.1016/0883-5403(94)90135-x.
14. Рукин Я., Мурылев В., Лычагин А., Елизаров П., Грицюк А., Явлиева Р. Ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с диссоциацией костей таза. *Врач.* 2017;(12):66-70. Rukin Ya., Murylev V., Lychagin A., Elizarov P., Grichyuk A., Yavlieva R. Revision hip arthroplasty in patients with pelvic dissociation. *Vrach* [The Doctor]. 2017;(12):66-70. (In Russian).
15. Павлов В.В., Пронских А.А., Мамуладзе Т.З., Базлов В.А., Ефименко М.В., Жиленко В.Ю., Цегельников М.М. Лечение пациента с обширным постимплантационным дефектом костей таза. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(3):125-134. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-125-134. Pavlov V.V., Pronskikh A.A., Mamuladze T.Z., Bazlov V.A., Efimenko M.V., Zhilenko V.Yu., Tsegelnikov M.M. [Staged Surgical Reconstruction of Massive pelvic defect]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(3):125-134. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-125-134.
16. Baauw M., van Hellemond G.G., van Hooff M.L., Spruit M. The accuracy of positioning of a custom-made implant within a large acetabular defect at revision arthroplasty of the hip. *Bone Joint J.* 2015;97-B(6):780-785. doi: 10.1302/0301-620X.97B6.35129.
17. Короткин А.А., Смирнов А.А., Захарова Д.В., Новикова Я.С., Ковалдов К.А., Эль Мудни Ю.М. Опыт использования аппаратов внешней фиксации в условиях ригидных деформаций тазобедренного сустава на этапе предоперационной подготовки и планирования сложных случаев первичного и ревизионного эндопротезирования. *Гений ортопедии.* 2018;24(1):18-23. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-1-18-23. Korytkin A.A., Smirnov A.A., Zakharova D.V., Novikova Ya.S., Kovaldov K.A., El' Mudni Yu.M. [Experience with external fixation devices during preoperative preparation and planning of primary and revision hip arthroplasty in complicated cases of rigid hip deformity]. *Genij ortopedii.* 2018;24(1):18-23. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-1-18-23.
18. Коваленко А.Н., Тихилов Р.М., Билык С.С., Шубняков И.И., Черкасов М.А., Денисов А.О. Позиционирование индивидуальных вертлужных компонентов при ревизиях тазобедренного сустава: действительно ли они подходят как «ключ к замку»? *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2017;(4):31-37. doi: 10.32414/0869-8678-2017-4-31-37. Kovalenko A.N., Tikhilov R.M., Bilyk S.S., Shubnyakov I.I., Cherkasov M.A., Denisov A.O. [Positioning of custommade acetabular components at revision hip arthroplasty: do they really match as «a key and a lock»?]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2017;(4):31-37. (In Russian). doi: 10.32414/0869-8678-2017-4-31-37.
19. Кавалерский Г.М., Мурылев В.Ю., Рукин Я.А., Елизаров П.М., Дженжера Е. 3D-технологии при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Врач.* 2016;(11):47-49. Kavalerskiy G., Murylev V., Rukin Ya., Elizarov Ya., Dzhenzhera E. [3D Technologies for revision total hip arthroplasty]. *Vrach* [The Doctor]. 2016;(11):47-49. (In Russian).
20. Berasi C.C., Berend K.R., Adams J.B., Ruh E.L., Lombardi A.V. 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.
21. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Билык С.С., Цыбин А.В., Денисов А.О., Дмитриевич Г.Д., Вopilовский П.Н. Применение индивидуальной трехфланцевой конструкции при ревизионном эндопротезировании с нарушением целостности тазового кольца (клинический случай). *Травматология и ортопедия России.* 2016;(1):108-116. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-108-116. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Bilyk S.C., Tsybin A.V., Denisov A.O., Dmitrevich G.D., Vopilovsky P.N. [Using custom triflange implant in revision hip arthroplasty in patient with pelvic discontinuity (case report)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;(1):108-116. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-108-116.
22. Короткин А.А., Захарова Д.В., Новикова Я.С., Горбатов Р.О., Ковалдов К.А., Эль Мудни Ю.М. Опыт применения индивидуальных трехфланцевых вертлужных компонентов при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2017;23(4):101-111. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-101-111. Korytkin A.A., Zakharova D.V., Novikova Ya.S., Gorbatov R.O., Kovaldov K.A., El Moudni Y.M. [Custom triflange acetabular components in revision hip replacement (experience review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(4):101-111. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-101-111.
23. Kavalerskiy G.M., Murylev V.Y., Rukin Y.A., Elizarov P.M., Lychagin A.V., Tselisheva E.Y. Three-dimensional models in planning of revision hip arthroplasty with complex acetabular defects. *Indian J Orthop.* 2018;52(6):625-630. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho.556.16.
24. Baauw M., van Hellemond G.G., van Hooff M.L., Spruit M. The accuracy of positioning of a custom-made implant within a large acetabular defect at revision arthroplasty of the hip. *Bone Joint J.* 2015; 97-B(6):780-785. doi: 10.1302/0301-620X.97B6.35129.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Базлов Вячеслав Александрович — 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

Мамуладзе Тариэл Зурабович — 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

Голенков Олег Игоревич — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

Ефименко Максим Владимирович — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

Пронских Александр Андреевич — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

Харитонов Константин Николаевич — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

Панченко Андрей Александрович — технический директор ООО «ЛОГИКС Медицинские системы», г. Новосибирск

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук, заведующий отделением травматологии и ортопедии, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

AUTHORS' INFORMATION:

Vyacheslav A. Bazlov — Researcher, Department of Arthroplasty and Arthroscopy, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

Tariel Z. Mamuladze — Researcher, Department of Arthroplasty and Arthroscopy, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

Oleg I. Golenkov — Orthopedic Surgeon, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

Maxim V. Efimenko — Orthopedic Surgeon, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

Alexander A. Pronskikh — Cand. Sci. (Med.), Researcher, Department of Arthroplasty and Arthroscopy, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

Konstantin N. Kharitonov — Orthopedic Surgeon, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

Andrey A. Panchenko — Technical Director, Logeeks Medical Systems, Novosibirsk, Russian Federation

Vitaly V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation