

Роль трехмерной визуализации при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава

А.Н. Коваленко, И.И. Шубняков, А.А. Джавадов, С.С. Билык, М.А. Черкасов, А.В. Амбросенков, А.П. Антипов

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

The role of three-dimensional visualization in revision hip arthroplasty

A.N. Kovalenko, I.I. Shubniakov, A.A. Dzhabadov, S.S. Bilyk, M.A. Cherkasov, A.V. Ambrosenkov, A.P. Antipov

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation

Введение. Предоперационная оценка локализации и размеров костных дефектов вертлужной впадины является важным этапом подготовки к ревизионному эндопротезированию тазобедренного сустава. Общеизвестно, что рентгенограммы не являются достаточно чувствительными для оценки перипротезного остеолита, в связи с этим возникают трудности в процессе определения истинных размеров дефектов вертлужной впадины и выборе оптимальной хирургической тактики. **Цель.** Определить влияние трехмерной визуализации костей таза у пациентов со значительными дефектами вертлужной впадины на оценку дефекта и выбор хирургической тактики на этапе планирования операций. **Материалы и методы.** Для нашего исследования был составлен опросник, в котором оценивался опыт хирурга в выполнении ревизионных вмешательств в области тазобедренного сустава и предлагалось последовательно оценить 20 клинических примеров на основании рентгенограмм, а затем – трехмерной реконструкции. По каждому клиническому случаю предлагалось определить степень дефекта согласно классификации Paprosky, а также выбрать один из предложенных вариантов хирургических техник. **Результаты.** При сравнении данных, полученных после просмотра рентгенограмм, с данными, полученными после оценки трехмерной реконструкции дефекта, коэффициент согласованности Каппа для типа дефекта по классификации Paprosky составил 0,10 (95 % доверительный интервал 0,05-0,26), а для выбора хирургической тактики был равен 0,08 (95 % доверительный интервал 0,01-0,15), что говорит о том, что хирурги в значительном количестве случаев меняли свое мнение. **Заключение.** Результаты исследования показывают необходимость проведения дополнительных исследований, в частности трехмерной визуализации, в рамках предоперационного планирования ревизионного эндопротезирования, особенно в случаях сложных дефектов вертлужной впадины.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование, тазобедренный сустав, трехмерная визуализация

Introduction Preoperative assessment of the acetabular bone defect location and size is an important stage in the preparation for revision hip arthroplasty. It is generally recognized that radiographs are not sensitive enough to assess peri-implant osteolysis, and therefore difficulties arise in determining the true dimensions of acetabular defects and in choosing the optimal surgical tactics. **Purpose** To determine the effect of three-dimensional visualization of the pelvic bones in patients with significant acetabular defects on the evaluation of the defect and the choice of surgical tactics at the stage of planning operations. **Materials and methods** For our study, a questionnaire was compiled, in which the surgeon's experience in performing revision interventions in the hip joint was evaluated and it was proposed to consistently evaluate 20 clinical cases based on radiographs, and then on three-dimensional reconstruction. Each clinical case was asked to be evaluated for defect type according to the Paprosky classification, and also to choose one of the proposed options of surgical techniques. **Results** After comparing the data obtained by viewing the radiographs with the data obtained after evaluating the three-dimensional reconstruction of the defect, the Kappa consistency coefficient for the type of defect according to the Paprosky classification was 0.10 (95 % confidence interval 0.05–0.26), and for the choice of surgical tactics was equal to 0.08 (95 % confidence interval 0.01–0.15). It indicates that surgeons changed their minds in a significant number of cases. **Conclusion** The results of the study show the need for additional studies, in particular three-dimensional visualization, as part of the preoperative planning of revision arthroplasty, especially in cases of complex acetabular defects.

Keywords: revision arthroplasty, hip joint, three-dimensional visualization

ВВЕДЕНИЕ

Данные эпидемиологических исследований указывают на неуклонный рост количества операций ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава (ТБС) в ближайшие годы [1–4]. Это обусловлено увеличением ожидаемой продолжительности жизни, а также ростом абсолютного числа первичного эндопротезирования ТБС у молодых пациентов [5, 6].

Наиболее частой причиной ревизионного эндопротезирования ТБС, по данным национальных регистров, является асептическое расшатывание, которое сопровождается перипротезным остеолитом [7]. Патогенетически процесс перипротезного остеолита инициируется и поддерживается не только механическими факторами, но и каскадом биологических реакций,

основой которых является воспалительный процесс, ведущий к прогрессивной потере костной ткани [8]. Остеолит, сопровождающий асептическую нестабильность, часто протекает бессимптомно до клинической манифестации болями после появления подвижности в соединении «имплант-кость» [9].

Ревизионные вмешательства представляют большую сложность и сопряжены с высоким риском послеоперационных осложнений [10, 11], являющихся причиной, в том числе, повторных ревизионных вмешательств. В связи с этим хирурги в своей практике все чаще сталкиваются со все более сложными костными дефектами вертлужной впадины, требующими поиска новых решений на этапе планирования и хирургического лечения.

Роль трехмерной визуализации при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава / А.Н. Коваленко, И.И. Шубняков, А.А. Джавадов, С.С. Билык, М.А. Черкасов, А.В. Амбросенков, А.П. Антипов // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 3. С. 364-369. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-3-364-369

Kovalenko A.N., Shubniakov I.I., Dzhabadov A.A., Bilyk S.S., Cherkasov M.A., Ambrosenkov A.V., Antipov A.P. The role of three-dimensional visualization in revision hip arthroplasty. *Genij Ortopedii*, 2020, vol. 26, no 3, pp. 364-369. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-3-364-369

Предоперационная оценка локализации и размеров костных дефектов вертлужной впадины является важным этапом подготовки к ревизионному вмешательству и определяет интраоперационную тактику в отношении выбора необходимых имплантатов и способов замещения костных дефектов [12]. Локализация дефекта, а также его размеры – не единственные аспекты, которые могут быть рассмотрены при предоперационном планировании, в идеале хирурги хотят знать точный объем потери костной ткани, чтобы оценить необходимость и возможность использования структурных алло- и ауто трансплантатов, серийных чашек больших размеров, металлических аугментов, опорных колец и cup-cage конструкций. Сведения о качестве периимплантной кости, целостности рима, наличии участков остеоинтеграции также могут быть использованы для оценки ожидаемой потери костной ткани при удалении нестабильного вертлужного компонента [13].

Для оценки дефектов области вертлужной впадины были предложены различные классификации [14–17], но наиболее широко используемой в клинической практике является опубликованная еще в 1994 году классификация W.G. Paprosky (18). В данной классификации были определены основные закономерности в процессе периимплантного остеолита, опирающиеся на 4 рентгенологических признака, которые характеризуют изменения различных отделов вертлужной впадины [19].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для нашего исследования был составлен опросник, состоящий из вопросов вводной части для определения опыта выполнения хирургом ревизионных вмешательств в области ТБС (табл. 1) и основного блока с 20 клиническими примерами до и после трехмерной реконструкции. Он размещен в открытом доступе по веб-адресу <http://orthoopros.ru/opros-5>.

Таблица 1

Вопросы вводного блока

№	Вопрос	Варианты ответа
1	ФИО эксперта	–
2	Опыт эндопротезирования ТБС, лет	(1) Менее 10; (2) От 10 до 20; (3) От 21 до 30; (4) Свыше 30
3	Уровень ЛПУ	(1) Районная больница; (2) Городская больница; (3) Областная больница; (4) Федеральное учреждение; (5) НИИТО
4	Количество выполняемых первичных эндопротезирований ТБС в год, ед.	(1) Менее 10; (2) От 10 до 30; (3) От 31 до 51; (4) От 51 до 100; (5) Более 100
5	Количество выполняемых ревизионных эндопротезирований ТБС в год, ед.	(1) Менее 10; (2) От 10 до 30; (3) От 31 до 51; (4) От 51 до 100; (5) Более 100

В первой части опросника анкетизируемым была предложена оценка дефектов вертлужной впадины исключительно на основе рентгенологического исследования, включающего три снимка – обзорную рентгенограмму таза, рентгенограмму тазобедренного сустава в прямой и аксиальной проекциях (рис. 1).

Классификация Paprosky является полезным инструментом с точки зрения определения типа дефекта вертлужной впадины и алгоритма последующего хирургического лечения, однако, учитывая ее ограниченную надежность и валидность [20, 21] и растущее количество все более сложных ситуаций при выполнении ревизионного эндопротезирования ТБС, возникла необходимость в появлении дополнительных диагностических опций, к которым относится трехмерная реконструкция таза на основе КТ-срезов [22].

На сегодняшний день в исследованиях вопрос, касающийся значимости и влияния трехмерной реконструкции на предоперационное планирование и выбор хирургической тактики при ревизионном эндопротезировании ТБС, не поднимался.

Исходя из вышеизложенного, представляется интересным дать оператору максимально полную информацию об области хирургического вмешательства, а также наглядно продемонстрировать отличия в оценке дефектов вертлужной впадины и выборе хирургической тактики по данным плоскостного рентгенологического исследования и трехмерной реконструкции.

Цель. Определить значимость выполнения трехмерной реконструкции костей таза у пациентов со значительными дефектами вертлужной впадины на этапе планирования операций и выбора необходимых ревизионных имплантатов.

Затем, те же 20 примеров были представлены в виде трехмерной реконструкции с возможностью кругового обзора (рис. 2). Порядок очереди демонстрации примеров отличался от последовательности случаев, представленных рентгенограммами randomness представления.

Для каждого случая было необходимо ответить на 3 вопроса (табл. 2) с возможностью определения типа дефекта согласно классификации Paprosky, а также выбрать один из предложенных вариантов хирургических техник. Впоследствии ответы хирургов для каждого примера сопоставлялись, и определялись различия в классификации дефектов и выборе метода хирургической реконструкции области дефекта до и после демонстрации трехмерной реконструкции.

Статистическую обработку проводили в программе IBM SPSS Statistics v.23.0.0.0, для определения согласованности хирургов при определении типа дефекта по Paprosky и выбора хирургической тактики использовался коэффициент согласованности Каппа (25).

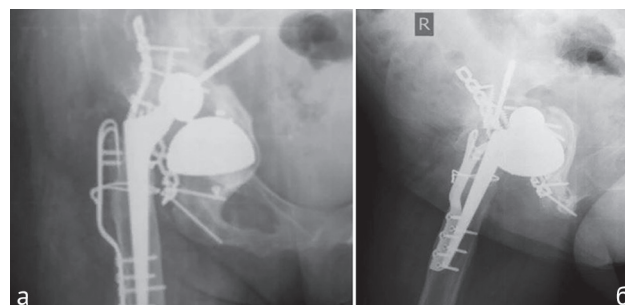


Рис. 1. Рентгенограммы пациентки 44 лет, представленные в опроснике: а – прямая (передне-задняя) проекция; б – аксиальная проекция

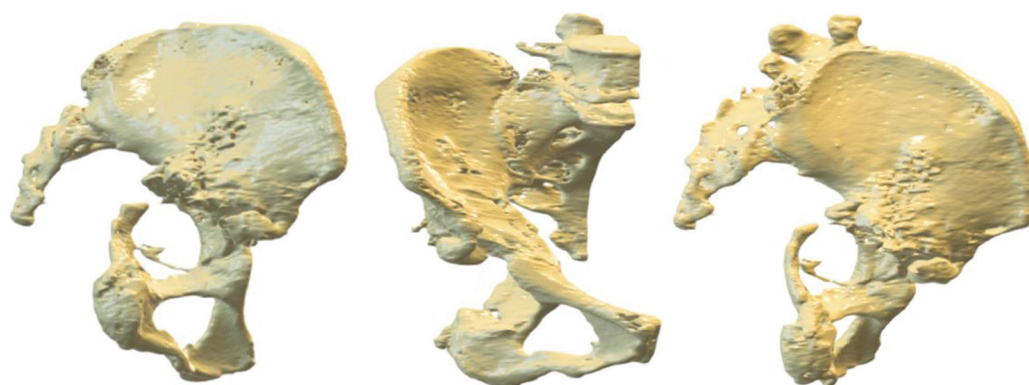


Рис. 2. Трехмерная реконструкция таза пациентки 44 лет, представленная в опроснике

Таблица 2

Вопросы для обсуждения рентгенограмм и реконструктивных моделей

№	Вопрос	Варианты ответа
1	К какому типу Вы бы отнесли дефект по классификации Paprosky?	(1) I; (2) IА; (3) IВ; (4) IС; (5) IIА; (6) IIВ; (7) Нарушение целостности тазового кольца
2	Какой вариант хирургического лечения в данном случае оптимален?	(1) Полусферический вертлужный компонент: а) стандартный полусферический вертлужный компонент; б) многорыччатый полусферический вертлужный компонент; в) полусферический компонент большого размера (Jumbo cup); (2) Полусферический вертлужный компонент в комбинации с: а) секторным аугментом; б) опорным аугментом (butress); в) антипротрузионной конструкцией (кольца Бурха-Шнайдера, Мюллера); (3) Индивидуально разработанный имплантат;
3	Какие дополнительные опции Вы бы использовали?	(1) Импакция костная пластика с цементным компонентом; (2) Пластика костной крошкой; (3) Костная пластика структурным трансплантатом; (4) Использование компьютерной навигации; (5) Свой вариант ответа

РЕЗУЛЬТАТЫ

В анкетировании приняли участие 10 хирургов, которые в зависимости от профессионального опыта были разделены на 3 группы: а) обучающиеся в клинической ординатуре; б) хирурги с опытом ревизий, выполняющие от 10 до 50 операций ревизионного эндопротезирования ТБС в год; в) наиболее опытные хирурги, выполняющие от 51 до 100 операций ревизионного эндопротезирования ТБС в год (табл. 3).

Таблица 3

Профессиональный опыт опрошенных хирургов

Обучающиеся	Опытные	Наиболее опытные
n = 3	n = 4	n = 3

Было обнаружено, что при ответах на вопрос определения типа дефекта по классификации Paprosky количество совпадений для плоскостного рентгенологического изображения и трехмерной реконструкции составило от 10 до 45 % (рис. 3). Совпадения в группе обучающихся составили от 20 до 35 %, в группе опытных хирургов от 15 до 35 %, а в группе наиболее опытных хирургов от 10 до 45 % соответственно. Также мы оценили процент случаев, когда хирурги склонялись к утяжелению или упрощению типа дефекта после просмотра трехмерных реконструкций. Коэффициент согласованности Каппа при последовательной оценке рентгенологического изображения и трехмерной реконструкции одним и тем же хирургом оказался равен 0,10 (95 % ДИ 0,05–0,26), что

свидетельствует о довольно низкой согласованности при определении типа дефекта с помощью различных методов визуализации.



Рис. 3. Сравнительный анализ отличий при определении типа дефекта по классификации Paprosky при оценке хирургами плоскостного рентгенологического изображения и трехмерной реконструкций таза

В вопросе о выборе тактики оперативного лечения процент совпадений после просмотра объемной реконструкции дефекта варьировал от 30 до 70 % (рис. 4). В группе наиболее опытных хирургов процент совпадений составил 45 %, в группе обучающихся от 30 до 50 %. Коэффициент Каппа в отношении выбора хирургической тактики также оказался низким и составил 0,08 (95 % доверительный интервал 0,01–0,15).

После анализа возможностей при выборе опций для фиксации вертлужных компонентов наиболее опытные

хирурги были склонны чаще менять свое мнение в отношении выбираемой хирургической техники после просмотра трехмерных реконструкций в сторону увеличения возможностей для стабильной дополнитель-

ной фиксации вертлужного компонента.

Наиболее низкая согласованность (коэффициент Каппа 0,03) была выявлена и при выборе хирургами дополнительных опций.

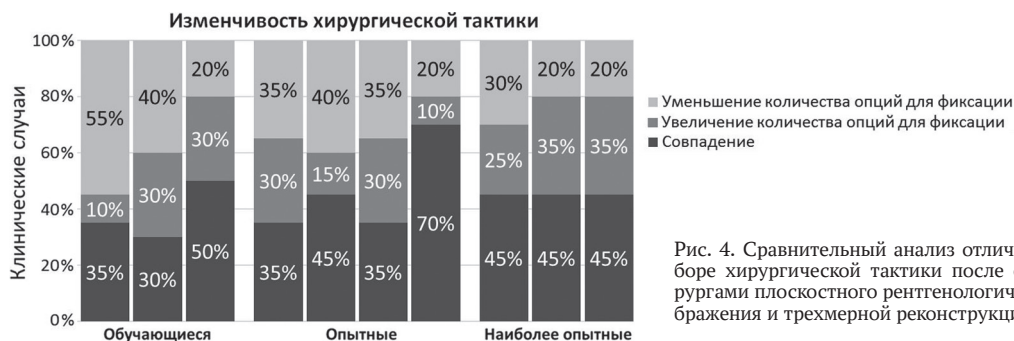


Рис. 4. Сравнительный анализ отличий при выборе хирургической тактики после оценки хирургами плоскостного рентгенологического изображения и трехмерной реконструкции таза

ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе встречаются различные мнения касательно использования технологий трехмерного планирования в ортопедической практике. Так, например, N. Brizzotto [23] описывает методику объемной визуализации переломов как логичное развитие предоперационного планирования, которое позволяет хирургам значительно улучшить понимание поврежденных структур. Модели мест переломов смогли достаточно точно отобразить такие особенности как смещение отломков суставной поверхности и фрагментацию костных отломков. Эти нюансы позволили еще на дооперационном этапе спланировать длину винтов и положение реконструктивных пластин. В противовес, R.L. Guy [24] со своей командой, обсуждая важность объемной реконструкции при переломах вертлужной впадины, пришли к выводу, что она не изменяет диагноз, а лишь незначительно его уточняет. Обнаруженные ими по результатам трехмерной реконструкции дополнительные отломки и трещины не имели какой-то практической значимости. Авторами подчеркивалась самодостаточность классических рентгенограмм, хотя трехмерные модели были обозначены хорошим подспорьем во время учебного процесса и наглядным пособием для молодых хирургов.

Необходимость предоперационного планирования с использованием 3D КТ обсуждалась в исследовании P. Wu [25], где эта методика нашла применение у пациентов с дисплазией вертлужной впадины – точный подбор размеров вертлужного компонента и позиционирования винтов. Основными выводами работы стали действительная возможность определения размеров чашки и подбора длины винтов у пациентов с диспластичной впадиной по данным трехмерной реконструкции [26].

В нашем исследовании мы оценивали различие в восприятии типа дефекта вертлужной впадины на рентгенограммах и по трехмерной реконструкции, а также влияние этого различия на выбор вариантов хирургической тактики. Полученные данные свидетельствуют о значительной разнице в восприятии хирургом конкретного клинического наблюдения при сравнении двух методов визуализации дефектов. Коэффициент согласованности Каппа при определении типа дефекта по классификации Paprosky показал очень низкое значение (0,1), а при выборе хирургической тактики еще ниже (0,08). По нашему мнению, это говорит о том, что хирурги в значительном количестве случаев по-разному воспринимают и оценивают дефект, а также выбира-

ют варианты хирургической тактики в зависимости от метода визуализации. При этом разница в оценке не зависит напрямую от опыта врача: обучающиеся и наиболее опытные хирурги меняли свое мнение при определении типа дефекта вертлужной впадины в 73 и 66 % клинических случаев, а в отношении выбранной хирургической тактики в 62 и 55 % клинических случаев соответственно. При выборе дополнительных опций опрашиваемые меняли свое мнение в среднем в 50 % клинических случаев.

Статистически значимые различия при оценке типов дефектов вертлужной впадины могут быть связаны с ограничениями возможностей визуализации плоскостного рентгенологического исследования, особенно при наличии массивного имплантата, что, в конечном итоге, влияет на выбор хирургической тактики. Стандартизированный анализ дефектов на основе трехмерной реконструкции не получил широкой популярности в основном из-за высокой трудоемкости и более высокой дозы облучения по сравнению с обычным рентгенографическим исследованием. Тем не менее, трехмерная реконструкция на основе КТ данных является более информативной с точки зрения возможности оценки объекта с различных ракурсов и представления целостной модели сложного трехмерного объекта.

Конечной целью ревизионного эндопротезирования в условиях значительных дефектов вертлужной впадины является стабильная долговременная фиксация имплантата. Неверно спланированный объем оперативного вмешательства может стать причиной неожиданных интраоперационных находок, увеличивающих продолжительность операции, кровопотерю и длительность анестезиологического пособия, оказывая влияние на конечный результат. В связи с этим современный подход к предоперационному планированию подразумевает использование оптимального количества инструментов, способных получить максимум информации о дефекте, помочь в планировании хирургу и, как следствие, пациенту. Несмотря на полученные нами данные о значительной разнице в восприятии рентгенограмм и трехмерной реконструкции и ее влиянии на выбор хирургической тактики, мы не считаем, что эти методы нужно противопоставлять друг другу и выбирать какой из них лучше. Трехмерная реконструкция позволяет осмотреть дефект со всех сторон, в то время как традиционная рентгенография дает понимание об общем качестве костной

ткани, участках снижения ее плотности, возможности и необходимости восстановления анатомического центра ротации, низведения бедренной кости, необходимости замены бедренного компонента и возможных методах удаления имеющихся конструкций.

Таким образом, процесс предоперационного планирования сложных случаев ревизионного эндопротезирования, по нашему мнению, должен включать не только выполнение рентгенологических и томографических исследований, но и визуализацию с использованием трехмерной реконструкции. Данные методы визуализации являются взаимодополняющими при определении формы и размеров дефекта вертлужной впадины и выборе оптимальной хирургической тактики. Использование 3D-технологий в ревизионном эндопротезировании ТБС не ограничивается виртуальной трехмерной визуализацией, она может дополняться последующей 3D-печатью

модели дефекта вертлужной впадины, что дает возможность получить наиболее полные сведения о дефекте в сравнении с изолированным изучением плоскостных рентгенологических изображений. Это применимо не только как инструмент планирования и интраоперационного пособия, но также для демонстрации пациенту сложности его конкретного случая в сравнении с нормальной анатомией, что позволяет углубить его понимание о своём состоянии, объективизировать ожидания от операции и объяснить нюансы послеоперационного реабилитационного лечения.

Заключая, следует отметить, что результаты проведенного исследования указывают на значимость трехмерной визуализации дефектов вертлужной впадины в рамках предоперационной подготовки к ревизионному эндопротезированию, особенно в случаях ее сложных дефектов, и целесообразность ее использования в рутинной практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 / S. Kurtz, K. Ong, E. Lau, F. Mowat, M. Halpern // J. Bone Joint Surg. Am. 2007. Vol. 89, No 4. P. 780-785. DOI: 10.2106/JBJS.F.00222.
2. Patel A., Pavlou G., Mújica-Mota R.E., Toms A.D. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the National Joint Registry dataset // J. Bone Joint Surg. Am. 2015. Vol. 97-B, No 8. P. 1076-1081. DOI: 10.1302/0301-620X.97B8.35170.
3. The Epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States / K.J. Bozic, S.M. Kurtz, E. Lau, K. Ong, T.P. Vail, D.J. Berry // J. Bone Joint Surg. Am. 2009. Vol. 91, No 1. P. 128-133. DOI: 10.2106/jbjs.h.00155.
4. Primary and revision arthroplasty surgery caseloads in the United States from 1990 to 2004 / S.M. Kurtz, K.L. Ong, J. Schmier, K. Zhao, F. Mowat, E. Lau // J. Arthroplasty. 2009. Vol. 24, No 2. P. 195-203. DOI: 10.1016/j.arth.2007.11.015.
5. Структура ранних ревизий эндопротезирования тазобедренного сустава / Р.М. Тихилов, И.И. Шубняков, А.Н. Коваленко, З.А. Тотоев, Б. Лю, С.С. Билык // Травматология и ортопедия России. 2014. № 2 (72). С. 5-13.
6. Arthroplasty Utilization in the United States is Predicted by Age-Specific Population Groups / B. Bashinskaya, R.M. Zimmerman, B.P. Walcott, V. Antoci // ISRN Orthop. 2012. Vol. 2012. P. 1-8, 185938. DOI:10.5402/2012/185938.
7. Revision surgery after total joint arthroplasty: a complication-based analysis using worldwide arthroplasty registers / P. Sadoghi, M. Liebensteiner, M. Agreiter, A. Leithner, N. Böhrer, G. Labek // J. Arthroplasty. 2013. Vol. 28, No 8. P. 1329-1332. DOI:10.1016/j.arth.2013.01.012.
8. Abu-Amer Y., Darwech I., Clohisy J. Aseptic loosening of total joint replacements: mechanisms underlying osteolysis and potential therapies // Arthritis Res. Ther. 2007. Vol. 9, No Suppl. 1. P. S6. DOI:10.1186/ar2170.
9. Osteolysis of the pelvis: evaluation and treatment / P.P. Chiang, D.W. Burke, A.A. Freiberg, H.E. Rubash // Clin. Orthop. Relat. Res. 2003. No 417. P. 164-174. DOI:10.1097/01.blo.0000096816.78689.e5.
10. Ревизионное эндопротезирование вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава / В.Ю. Мурылев, Н.В. Петров, Я.А. Руккин, П.М. Елизаров, А.Д. Калашник // Кафедра травматологии и ортопедии. 2012. № 1. С. 20-25.
11. Complications after revision total hip arthroplasty in the Medicare population / S. Badarudeen, A.C. Shu, K.L. Ong, D. Baykal, E. Lau, A.L. Malkani // J. Arthroplasty. 2017. Vol. 32, No 6. P. 1954-1958. DOI: 10.1016/j.arth.2017.01.037.
12. Опыт применения индивидуальных трехфланцевых вертлужных компонентов при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава / А.А. Корыткин, Д.В. Захарова, Я.С. Новикова, Р.О. Горбатов, К.А. Ковалдов, Ю.М. Эль Мудни // Травматология и ортопедия России. 2017. Т. 23, № 4. С. 101-111.
13. The use of an Ossis custom 3D-printed triflanged acetabular implant for major bone loss: minimum 2-year follow-up / D.C. Kieser, R. Ailabouni, S.C.J. Kieser, M.C. Wyatt, P.C. Armour, M.H. Coates, G.J. Hooper // Hip Int. 2018. Vol. 28, No 6. P. 668-674. DOI: 10.1177/1120700018760817.
14. Bone grafts in hip replacement surgery. The pelvic side / A.E. Gross, D.G. Allan, M. Catre, D.S. Garbuz, I. Stockley // Orthop. Clin. North Am. 1993. Vol. 24, No 4. P. 679-695.
15. 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. Vol. 9, No 1. P. 33-44. DOI:10.1016/0883-5403(94)90135-x.
16. Classification and management of acetabular abnormalities in total hip arthroplasty / J.A. D'Antonio, W.N. Capello, L.S. Borden, W.L. Bargar, B.F. Bierbaum, W.G. Boettcher, M.E. Steinberg, S.D. Stulberg, J.H. Wedge // Clin. Orthop. Relat. Res. 1989. No 243. P. 126-137. DOI:10.1097/00003086-198906000-00019.
17. Development, test reliability and validation of a classification for revision hip arthroplasty / K.J. Saleh, J. Holtzman, L. Gafni ASaleh, G. Jaroszynski, P. Wong, I. Woodgate, A. Davis, A.E. Gross // J. Orthop. Res. 2001. Vol. 19, No 1. P. 50-56. DOI:10.1016/S0736-0266(00)00021-8.
18. A comparison of the validity and reliability of established bone stock loss classification systems and the proposal of a novel classification system / M.C. Parry, M.R. Whitehouse, S.A. Mehendale, L.K. Smith, J.C. Webb, R.F. Spencer, A. Blom // Hip Int. 2010. Vol. 20, No 1. P. 50-55. DOI:10.1177/112070001002000108.
19. Sporer S.M. How to do a revision total hip arthroplasty: revision of the acetabulum // J. Bone Joint Surg. Am. 2011. Vol. 93, No 14. P. 1359-1366. DOI:10.2106/JBJS.9314ic1.
20. Validity and reliability of the Paprosky Acetabular Defect Classification / R. Yu, J.G. Hofstaetter, T. Sullivan, K. Costi, D.W. Howie, L.B. Solomon // Clin. Orthop. Relat. Res. 2013. Vol. 471, No 7. P. 2259-2265. DOI:10.1007/s11999-013-2844-7.
21. 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. Т. 25, № 1. С. 122-141.
22. Three-dimensional models in planning of revision hip arthroplasty with complex acetabular defects / G.M. Kavalerskiy, V.Y. Murylev, Y.A. Rukin, P.M. Elizarov, A.V. Lychagin, E.Y. Tselisheva // Indian J. Orthop. 2018. Vol. 52, No 6. P. 625-630. DOI: 10.4103/ortho.IJOrtho.556_16.
23. Three-Dimensional Printing of Bone Fractures: A New Tangible Realistic Way for Preoperative Planning and Education / N. Bizzotto, A. Sandri, D. Regis, D. Romani, I. Tami, B. Magnan // Surg. Innov. 2015. Vol. 22, No 5. P. 548-551. DOI: 10.1177/1553350614547773.
24. The role of 3D CT in the assessment of acetabular fractures / R.L. Guy, P.A. Butler-Manuel, P. Holder, R.N. Brueton // Br. J. Radiol. 1992. Vol. 65, No 773. P. 384-389. DOI: 10.1259/0007-1285-65-773-384.
25. Value of Computed Tomography-Based Three-Dimensional Pre-operative Planning in Cup Placement in Total Hip Arthroplasty With Dysplastic Acetabulum / P. Wu, Q. Liu, M. Fu, Z. Zhang, S. He, W. Liao, Y. Kang // J. Invest. Surg. 2019. Vol. 32, No 7. P. 607-613. DOI: 10.1080/08941939.2018.1444828.

26. Acetabular defect classification in times of 3D imaging and patient-specific treatment protocols / K. Horas, J. Arnholdt, A.F. Steinert, M. Hoberg, M. Rudert, B.M. Holzapfel // Orthopäde. 2017. Vol. 46, No 2. P. 168-178. DOI: 10.1007/s00132-016-3378-y.

Рукопись поступила 09.01.2020

Сведения об авторах:

1. Коваленко Антон Николаевич, к. м. н.,
ФГБУ "НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена" Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия,
Email: tonnchik@ya.ru
2. Шубняков Игорь Иванович, д. м. н.,
ФГБУ "НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена" Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия,
Email: shubnyakov@mail.ru
3. Джавадов Алисагиб Аббасович,
ФГБУ "НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена" Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия,
Email: alisagib.dzhavadov@mail.ru
4. Билык Станислав Сергеевич,
ФГБУ "НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена" Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия,
Email: bss0413@gmail.com
5. Черкасов Магомед Ахмедович, к. м. н.,
ФГБУ "НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена" Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия,
Email: dr.medik@gmail.com
6. Амбросенков Андрей Васильевич, к. м. н.,
ФГБУ "НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена" Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия,
Email: ortopedus09@gmail.com
7. Антипов Александр Павлович,
ФГБУ "НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена" Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия,
Email: a.p.antipov@ya.ru

Information about the authors:

1. Anton N. Kovalenko, M.D., Ph.D.,
Vreden National Medical Research Center of Traumatology and
Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation,
Email: tonnchik@ya.ru
2. Igor I. Shubniakov, M.D., Ph.D.,
Vreden National Medical Research Center of Traumatology and
Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation,
Email: shubnyakov@mail.ru
3. Alisagib A. Dzhavadov, M.D.,
Vreden National Medical Research Center of Traumatology and
Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation,
Email: alisagib.dzhavadov@mail.ru
4. Stanislav S. Bilyk, M.D.,
Vreden National Medical Research Center of Traumatology and
Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation,
Email: bss0413@gmail.com
5. Magomed A. Cherkasov, M.D., Ph.D.,
Vreden National Medical Research Center of Traumatology and
Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation,
Email: dr.medik@gmail.com
6. Andrei V. Ambrosenkov, M.D., Ph.D.,
Vreden National Medical Research Center of Traumatology and
Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation,
Email: ortopedus09@gmail.com
7. Aleksandr P. Antipov, M.D.,
Vreden National Medical Research Center of Traumatology and
Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation,
Email: a.p.antipov@ya.ru