

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2023-2-16-22>

УДК 617.3

© А.О. Денисов, Р.М. Тихилов, А.Н. Коваленко, И.И. Шубняков, С.С. Билык, А.А. Джавадов, 2023

Оригинальная статья / Original article



## ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЯЖЕСТИ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ В ОБЛАСТИ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ

**А.О. ДЕНИСОВ, Р.М. ТИХИЛОВ, А.Н. КОВАЛЕНКО, И.И. ШУБНЯКОВ, С.С. БИЛЫК, А.А. ДЖАВАДОВ**

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, 195427, Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

**Введение.** Как известно, трудности при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава чаще всего обусловлены дефицитом и качеством костной ткани в области вертлужной впадины. Для определения тактики хирургического лечения и компонентов используются различные классификации костных дефектов, которые периодически актуализируются или претерпевают пересмотр и уточнение. Однако, необходимо понимать, что даже используя такие «удобные» классификации, оценить изменения в области вертлужной впадины не всегда возможно по плоскостным рентгенограммам. Для решения и разрешения таких спорных случаев и возможности практического применения различных классификаций еще на этапе планирования целесообразно использовать трехмерную реконструкцию.

**Цель.** Определить роль и место трехмерной визуализации костей таза у пациентов с тяжелыми дефектами вертлужной впадины по классификации A.Gross/K.Saleh

**Материалы и методы.** Для настоящего экспериментального исследования был разработан опросник, состоящий из двух блоков: знакомства с экзаменуемым и непосредственно вопросов по оценке 20 клинических случаев. Экзаменуемым предлагалось оценить состояние вертлужной впадины на предмет ограниченности и неограниченности костного дефекта по классификации A.Gross/K.Saleh исключительно на основе рентгенологического исследования. Впоследствии ответы хирургов по каждому клиническому случаю мы сопоставляли с типом дефекта (ограниченный или неограниченный) на основании выполненной разработчиком опросника трехмерной реконструкцией.

**Результаты:** В исследовании приняли участие 12 хирургов с разным опытом ревизионных операций. Коэффициент согласованности Каппа Коэна при сравнительной оценке рентгенологического изображения и трехмерной визуализации между обучающимися и разработчиками оказался равен 0,111 (95% ДИ 0,03 - 0,256), между опытными специалистами - 0,1538 (95% ДИ 0,02-0,33), между профессионалами- 0,3043 (95% ДИ 0,036-0,576) соответственно, что во всех случаях свидетельствует о низких результатах, хотя и имеет небольшие статистически незначимые различия.

**Выводы:** Таким образом, результаты проведенного экспериментального исследования выявили недостаточное понимание клинической ситуации на основании плоскостных рентгенограмм (а именно, тяжести дефекта костной ткани в области вертлужной впадины) и делают целесообразным рутинное применение современных компьютерных технологий в сложных случаях, а, именно, трехмерной визуализации.

**Ключевые слова:** дефекты костной ткани вертлужной впадины, тазобедренный сустав, трехмерная визуализация, ревизионная артропластика

**Финансирование:** Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

**Для цитирования:** Денисов А.О., Тихилов Р.М., Коваленко А.Н., Шубняков И.И., Билык С.С., Джавадов А.А., ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЯЖЕСТИ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ В ОБЛАСТИ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2023. № 2(52). С. 16–22 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2023-2-16-22>

## THE FEASIBILITY OF THREE-DIMENSIONAL VISUALIZATION IN DETERMINING THE SEVERITY OF BONE DEFECTS IN THE ACETABULUM

**ALEXEY O. DENISOV, RASHID M. TIKHILOV, ANTON N. KOVALENKO, IGOR I. SHUBNYAKOV, STANISLAV S. BILYK, ALISAGIB A. DZHAVADOV**

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 195427, St. Petersburg, Russia

### Abstract

**Introduction:** As is known, difficulties in revision hip arthroplasty are most often due to the deficiency and quality of bone tissue in the acetabulum. To determine the tactics of surgical treatment and components, various classifications of bone defects are used, which are periodically updated or undergo revision and refinement. However, it must be understood that even using such “convenient” classifications, it is not always possible to assess changes in the

acetabular region using planar radiographs. To solve and resolve such controversial cases and the possibility of practical application of various classifications, it is advisable to use a three-dimensional reconstruction even at the planning stage.

**Purpose.** To determine the role and place of three-dimensional visualization of the pelvic bones in patients with severe defects of the acetabulum according to the classification of A.Gross/K.Saleh

**Materials and Methods:** For this experimental study, a questionnaire was developed, consisting of two blocks: acquaintance with the examinee and direct questions on the assessment of 20 clinical cases. The examinees were asked to assess the state of the acetabulum for limited and unlimited bone defects according to the A.Gross/K.Saleh classification solely on the basis of X-ray examination. Subsequently, we compared the responses of surgeons for each clinical case with the type of defect (contained or uncontained) based on a three-dimensional reconstruction performed by the developer of the questionnaire.

**Results:** The study involved 12 surgeons with different experience in revision surgery. Cohen's Kappa consistency coefficient in the comparative assessment of X-ray image and three-dimensional visualization between students and developers was equal to 0.111 (95% CI 0.03 - 0.256), between experienced specialists - 0.1538 (95% CI 0.02-0.33), between professionals - 0.3043 (95% CI 0.036-0.576), respectively, which in all cases indicates low results, although it has small statistically insignificant differences.

**Conclusions:** Thus, the results of the experimental study revealed an insufficient understanding of the clinical situation based on planar radiographs (namely, the severity of the bone tissue defect in the acetabular region) and make it expedient to routinely use modern computer technologies in complex cases, namely, three-dimensional visualization

**Key words:** acetabular bone defects, hip joint, 3D visualization, revision arthroplasty

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Denisov A.O., Tikhilov R.M., Kovalenko A.N., Shubnyakov I.I., Bilyk S.S., Dzhabadov A.A., THE FEASIBILITY OF THREE-DIMENSIONAL VISUALIZATION IN DETERMINING THE SEVERITY OF BONE DEFECTS IN THE ACETABULUM. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2023. № 2, pp. 16–22 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2023-2-16-22>

## Введение

Отличные результаты эндопротезирования тазобедренного сустава привели к росту числа таких операций, сделав их методом выбора у большинства взрослых пациентов с выраженной патологией тазобедренного сустава [1-3]. Это закономерно привело и к увеличению количества ревизионных артропластик, результаты которых чаще всего не дают высоких результатов и такой же степени успеха [4].

Как известно, трудности при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава чаще всего обусловлены дефицитом и качеством костной ткани в области вертлужной впадины. [5].

Для определения тактики хирургического лечения и компонентов используются различные классификации костных дефектов, которые периодически актуализируются или претерпевают пересмотр и уточнение.

В настоящее время широкую популярность для понимания степени сложности оперативного лечения приобрела классификация W.G. Paprosky, опубликованная им еще в прошлом столетии [6].

Однако, в ряде случаев, используя рассматриваемую классификацию невозможно определить объем разрушения костной ткани, так как, иногда стандартизируя тип дефекта по предложенным алгоритмам W.Paprosky в реальной ситуации мы имеем дело с совершенно разными ситуациями и, соответственно, с разной тактикой лечения [7].

В таких случаях целесообразно дополнять характеристику костных дефектов в области вертлужной впадины наличием ограниченности и неограниченности, что в большинстве слу-

чаев и объясняет степень тяжести ситуации. На эти вопросы отвечает наиболее удачная на наш взгляд классификация A.Gross с доработкой K.Saleh, которая ориентирована на объем сохраняющейся кости вертлужной впадины и характер дефекта – ограниченный или неограниченный [8].

Однако, необходимо понимать, что даже используя такую удобную классификацию, оценить изменения в области вертлужной впадины не всегда возможно по плоскостным рентгенограммам.

Для решения и разрешения таких спорных случаев и возможности практического применения классификации A.Gross с дополнениями K.Saleh еще на этапе планирования целесообразно использовать трехмерную реконструкцию, которая при правильной сегментации и очистке изображения от имплантата исчерпывающе показывает выраженность изменений костной ткани на предмет наличия дна, что является крайне важным для выбора тактики хирургического лечения и применения того или иного имплантата.

Исходя из вышеизложенного, представляется интересным подтвердить целесообразность рутинного применения трехмерной визуализации при планировании на ревизионную артропластику пациентов с выраженными дефектами костной в области вертлужной впадины.

Настоящее исследование является продолжением работы, в которой определялась роль трехмерной визуализации при интерпретации рентгенограмм с позиции костных дефектов по классификации W.Paprosky [9]. Однако, как показывает практика, во многих случаях определение типа дефекта по уже рассмотренной классификации на плоскостных рентгенограм-

мах не вызывает проблем. А вот как раз сложности вызывает определение ограниченности и неограниченности дефектов, так как в большинстве случаев это является ключевыми аспектами при выборе типа имплантата.

**Цель.** Определить роль и место трехмерной визуализации костей таза у пациентов с тяжелыми костными дефектами вертлужной впадины по классификации A.Gross/K.Saleh.

### Материалы и методы.

Для настоящего экспериментального исследования был разработан опросник, который состоит из двух блоков: знакомства с экзаменуемым и непосредственно вопросов по оценке 20 клинических случаев. (рис.1). Он размещен в открытом доступе по веб-адресу <https://docs.google.com/forms/d/1mAhIqcfaKcJzCLeal4JM9o3hGA-Tr4vqnaB659eXnWg/edit>

Опыт эндопротезирования ТБС \*

Менее 10 лет    От 10 до 20 лет    От 21 до 30 лет    свыше 30 лет

Кол-во лет

Уровень ЛПУ \*

☐ районная больница

☐ городская больница

☐ областная больница

☐ федеральное учреждение

☐ клиника университета/кафедра на базе больницы

☐ НИИТО

Количество выполняемых первичных эндопротезирований ТБС в год \*

Менее 10    От 10 до 30    от 31 до 50    от 51 до 100    свыше 100

Кол-во операций

Количество выполняемых ревизионных эндопротезирований ТБС в год \*

Менее 10    От 10 до 30    от 31 до 50    от 51 до 100    свыше 100

Кол-во операций

Рис. 1. Вопросы первичного блока

Экзаменуемым предлагалось оценить состояние вертлужной впадины на предмет ограниченности и неограниченности костного дефекта по классификации A.Gross/K.Saleh исключительно на основе плоскостного стандартного рентгенологического исследования.

Для каждого случая было необходимо ответить только на 1 вопрос (рис 2) с возможностью определения типа дефекта согласно классификации A.Gross/K.Saleh.

Впоследствии ответы хирургов по каждому клиническому случаю мы сопоставляли с типом дефекта (ограниченный или неограниченный) на основании выполненной разработчиком опросника трехмерной реконструкций.

Определение ограниченности и неограниченности дефекта костной ткани с помощью трехмерной визуализации, как правило, не составляло труда для авторов опросника (оперирующих хирургов с большим опытом), поэтому мы считали мнение разработчика наиболее правильным.

Статистическую обработку проводили в программе BlueSky Statistics v.10.2.0. Для определения согласованности хирургов с разработчиком при определении типа дефекта по A.Gross/K.Saleh использовался коэффициент согласованности Каппа Коэна.

К какому типу Вы бы отнесли дефект по классификации Saleh&Gross? \*

| Классификация A.Gross с дополнениями K.Saleh |                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип I                                        | Нет существенной потери костного запаса                                                                                            |
| Тип II                                       | Ограниченный дефект, имеются кавитарные расширения вертлужной впадины, но без дефицита стенок                                      |
| Тип III                                      | Неограниченный дефект кости с сегментарной потерей вертлужной впадины менее 50%, включающий переднюю или заднюю колонну            |
| Тип IV                                       | Неограниченный дефект кости с сегментарной потерей более 50% вертлужной впадины, затрагивающий как переднюю, так и заднюю колонны. |
| Тип V                                        | Разобщение тазового кольца с неограниченным дефектом кости                                                                         |

I    II    III    IV    V

Тип дефекта

Рис. 2. Наглядное представление классификации и вопросов к хирургу с выбором типа костного дефекта по классификации A.Gross/K.Saleh

### Результаты

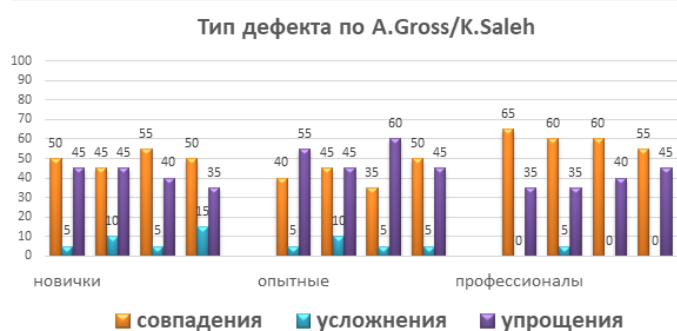
В исследовании приняли участие 12 хирургов, которые в зависимости от хирургического опыта ревизионных операций были разделены на 3 группы: а) обучающиеся (10-30 ревизий в год); б) хирурги с опытом ревизий - выполняющие от до 50 операций ревизионного эндопротезирования ТБС в год; в) профессионалы - выполняющие свыше 50 операций ревизионного эндопротезирования ТБС в год (таб.1).

Таблица 1.

### Распределение тестируемых хирургов в зависимости от опыта выполнения ревизионной артропластики

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Обучающиеся (10-30)   | 4  |
| Опытные (31-50)       | 4  |
| Профессионалы (51-99) | 4  |
| Итого:                | 12 |

При оценке результатов было выявлено, что, отвечая на вопрос определения типа дефекта по классификации A.Gross/K. Saleh, количество совпадений, для плоскостного рентгенологического изображения и трехмерной реконструкции, составило от 35% до 65% среди хирургов с разным опытом операций. У тестируемых с минимальным опытом ревизионной хирургии тазобедренного сустава совпадения в интерпретации типа костного дефекта с результатами трехмерной реконструкции составили от 45% до 55%, в группе более опытных хирургов от 40% до 50%, а в группе профессионалов - от 55% до 65% соответственно. Кроме того, наиболее опытные хирурги практически не усложняли тип дефекта. (рис 3).



**Рисунок 3.** Сравнительный анализ отличий при определении типа дефекта по классификации A.Gross/K.Saleh хирургами с разным опытом ревизионной артропластики.

Коэффициент согласованности Каппа Коэна при сравнительной оценке рентгенологического изображения и трехмерной визуализации между обучающимися и разработчиками оказался равен 0,111 (95% ДИ 0,03 - 0,256), между опытными специалистами - 0,1538 (95% ДИ 0,02-0,33), между профессионалами - 0,3043 (95% ДИ 0,036-0,576) соответственно, что во всех случаях свидетельствует о низких результатах, хотя и имеет небольшие статистически незначимые различия, то есть плоскостное изображение в недостаточной мере раскрывает величину костных дефектов.

### Обсуждение

Традиционный метод предоперационного планирования операции эндопротезирования тазобедренного сустава - это простое наложение шаблонной пленки на рентгенограммы, чтобы сделать выводы как о вероятном размере, так и о положении имплантата [10-12.]. С появлением цифровой рентгенографии и интегрированием в учреждении системы (PACS) с программой планировщиком, произошли сдвиги в сторону цифровых технологий с использованием компьютерных шаблонов [12,13]. Однако, этот метод может быть не совсем точным из-за двумерного характера шаблонирования, так как часто не определяются трехмерные костные структуры [12,13].

С помощью программного обеспечения 3D-CT модель таза создается с использованием 2D-срезов КТ пациента. В дальнейшем в зависимости от программного обеспечения могут быть рассчитаны вероятные размеры компонентов и измерено положение внутри модели для достижения наилучшего результата [14,17]. Это особенно полезно для менее опытных хирургов-ортопедов, поскольку 3D-CT помогают автоматизировать и повысить точность в процессе подбора имплантатов [16,17]. Кроме того, возможность визуализировать анатомию таза ex-vivo позволяет хирургам оценить уникальную анатомию пациента, что невозможно при стандартной визуализации, что дает им более конкретное представление о том, чего ожидать от операции. Это может помочь хирургам предвидеть возможные интраоперационные осложнения. [19]

Необходимо отметить, что нет 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, соответственно, растут ожидания пациента и стоимость лечения. Поэтому в рядовых случаях стоит ограничиться стандартным предоперационным планированием с использованием рентгенограмм в нескольких проекциях.

Однако, в сложных случаях ревизионной артропластики выполнение трехмерной визуализации на этапе планирования должно стать рутинным, особенно при наличии костных дефектов в области вертлужной впадины и бедра, например, при различных посттравматических ситуациях. [20]. В некоторых случаях целесообразна и печать прототипов с целью тактильной визуализации всей сложности предстоящих проблем, что собственно говоря, и применяется в большинстве крупных высокоспециализированных центров за рубежом. Актуальным является трехмерная реконструкция при планирующихся остеотомиях, а также при лечении злокачественных опухолей костей, когда требуется реконструкция анатомических частей после удаления больших участков. [21,22.].

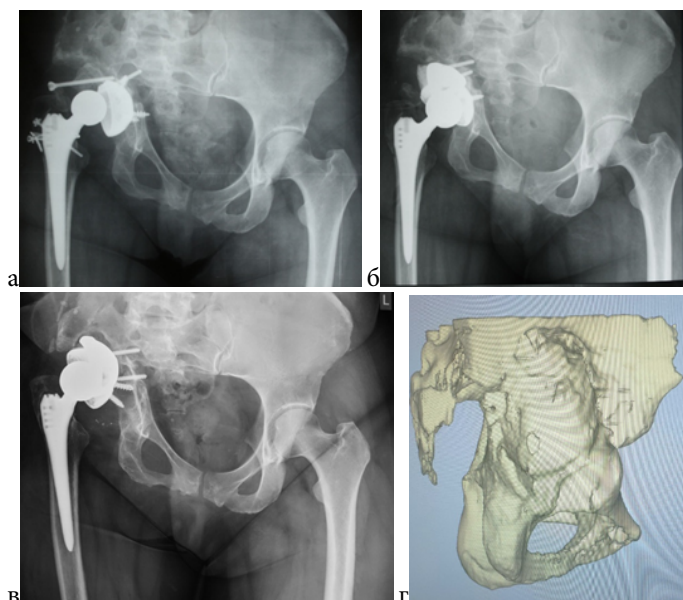
Прямое влияние трехмерная реконструкция оказывает, помимо «удобной» визуализации на возникновение осложнений, а именно, на их снижение. Некоторые авторы описывают даже уменьшение интраоперационной кровопотери и сокращение времени операции при трехмерной визуализации на этапе планирования. [22,23].

В ходе проведенного исследования нами было оценено восприятие типа дефекта вертлужной впадины хирургами с различным хирургическим опытом на плоскостных рентгенограммах. Правильность интерпретаций дефектов сравнивали с трехмерной реконструкцией каждого из 20 случаев.

Полученные данные подтвердили выводы предыдущего исследования по оценке костной ткани по классификации

W.Paprosky и свидетельствуют о значительных погрешностях в определении хирургом типа костного дефекта и по классификации A.Gross/K.Saleh конкретного клинического наблюдения. Коэффициент согласованности Каппа Коэна с правильными ответами разработчика показал очень низкое значение (0,3043 даже в группе профессионалов), что делает плоскостные рентгенограммы недостаточными для оценки величины дефектов костной ткани, особенно в сложных случаях.

Кроме того, недооценка ограниченности и неограниченности дефектов напрямую влияет на возникновение осложнений. (рис.4)



**Рисунок 4.** Рг. пациентки К, 42 лет. а) до операции б) сразу после хирургического лечения в) через 9 мес. после операции. г) Трехмерная визуализация (ретроспективно) до операции. Больная поступила в клинику с признаками асептического расшатывания ацетабулярного компонента и дефектами костной ткани типа 3А по классификации W.Paprosky. Выполнена ревизионная операция с заменой вертлужного компонента на ацетабулярный компонент из трабекулярного металла с пластикой крыши вертлужной впадины аугментом также из трабекулярного металла и дополнительной фиксацией значительным количеством винтов. Через 9 мес. вновь появились боли в области оперированного сустава и на контрольных рентгенограммах выявлено расшатывание ацетабулярного компонента с его миграцией. Необычным является тот факт, что даже специализированное инновационное танталовое покрытие не позволило возникнуть адекватной остеоинтеграции. В данной ситуации имелась очевидная недооценка сложности анатомических изменений, а именно пренебрежением или неправильной интерпретацией ограниченности или неограниченности типа костного дефекта по классификации A.Gross/K.Saleh (рис. 4г), что и не позволило создать адекватную точку опоры на ацетабулярный компонент, даже с применением аугмента.

Такие значимые различия при оценке ограниченности типов костных дефектов вертлужной впадины могут быть связаны

с ограничениями возможностей визуализации плоскостного рентгенологического исследования или неправильной их интерпретацией.

Необходимо отметить также, что несмотря на инновационные методы, к которым бесспорно относится трехмерная визуализация, крайне важным является ее правильное воспроизведение, а именно, грамотное и точное сегментирование и «очистка» от расшатанного имплантата и особенно от остатков костного цемента, так как, в ряде случаев, возможно ятрогенно с помощью простого персонального компьютера упростить или усложнить состояние костной ткани вертлужной впадины и тем самым спровоцировать неправильный выбор тактики лечения и, соответственно, имплантата.

Таким образом, результаты проведенного экспериментального исследования подтверждают недостаточность плоскостных рентгенограмм для оценки величины дефектов костной ткани и делают необходимым использование возможностей современных компьютерных технологий, а, именно, трехмерной визуализации, позволяющий выбрать правильную тактику хирургического вмешательства, адекватный имплантат, уверенно выполнять все манипуляции в ходе операции, снизить количество осложнений, соответственно, повысить качество жизни, ну, или, передать больного в другую клинику к более опытным хирургам.

#### Список литературы

1. Коваленко А.Н., Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Чёрный А.Ж. Обеспечивают ли новые и более дорогие имплантаты лучший результат эндопротезирования тазобедренного сустава? Травматология и ортопедия России. 2015;(1):5-20. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-30-36. (Kovalenko A.N., Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Cherny A.Z. Do new and more expensive implants provide better outcomes in total hip arthroplasty? Traumatology and Orthopedics of Russia. 2015; 21:5-20. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-30-36)
2. Волченко, Д.В. Клинико-функциональные и инструментальные результаты тотального эндопротезирования тазобедренного сустава при первичном остеоартрите / Д. В. Волченко, А. Ю. Терсков, И. Ф. Ахтямов [и др.]. Медицинский алфавит. 2019;2(37):34-39. (Volchenko D.V., Terskov A.Yu., Akhtyamov I.F. Clinical-functional and instrumental results of total hip arthroplasty in primary osteoarthritis. Medical Alphabet. 2019; 2(37):34-39)
3. Pabinger C., Lothaller H., Portner N., Geissler A. Projections of hip arthroplasty in OECD countries up to 2050. Hip Int. 2018;28(5):498-506
4. Vanhegan I.S., Malik A.K., Jayakumar P., Islam S.U.I., Haddad F.S. A financial analysis of revision hip arthroplasty: the economic burden in relation to the national tariff. J Bone Joint Surg Br. 2012; 94(5): 619-623
5. Shon W.Y., Santhanam S.S. Choi J.W. Acetabular Reconstruction in Total Hip. Arthroplasty Hip Pelvis. 2016; 28, (1):1-14
6. 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

7. 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): 122-141. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141. (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). Traumatology and Orthopedics of Russia. 2019;25. (1):122-141. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141)
8. Saleh, K.J. Development, test reliability and validation of a classification for revision hip arthroplasty. J. Orthop. Res. 2001;19(1):50-56
9. Коваленко А.Н., Шубняков И.И., Джавадов А.А., Билык С.С., Черкасов М.А., Амбросенков А.В., Антипов А.П. Роль трехмерной визуализации при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. Гений ортопедии. 2020; 26(3):364-369. (Kovalenko A.N., Shubniakov I.I., Dzhavadov 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; 26, 3: 364-369. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-3-364-369).
10. Carter LW, Stovall DO, Young TR. Determination of accuracy of preoperative templating of noncemented femoral prostheses. J Arthroplasty. 1995 Aug;10(4):507-13.
11. Knight JL, Atwater RD. Preoperative planning for total hip arthroplasty. J Arthroplasty. 1992 Jan;7:403-9. 10. Miller AG, and others. Total knee arthroplasty component templating: a predictive model. J Arthroplasty. 2012 Oct;27(9):1707-9
12. Miller AG, and others. Total knee arthroplasty component templating: a predictive model. J Arthroplasty. 2012 Oct;27(9):1707-9. 11.
13. Shaarani SR, McHugh G, Collins DA. Accuracy of Digital Preoperative Templating in 100 Consecutive Uncemented Total Hip Arthroplasties. A Single Surgeon Series. J Arthroplasty. 2013;28(2):331-7
14. Zeng Y, and others. Three-dimensional Computerized Preoperative Planning of Total Hip Arthroplasty with High-Riding Dislocation Developmental Dysplasia of the Hip. Orthop Surg. 2014;6(2):95-102.
15. Soriali E, and others. Accuracy of the preoperative planning for cementless total hip arthroplasty. A randomised comparison between three-dimensional computerised planning and conventional templating. Orthop Traumatol Surg Res. 2012;98(2):151-8.
16. Viceconti M, and others. CT-based surgical planning software improves the accuracy of total hip replacement preoperative planning. Med Eng Phys. 2003;25:371-7.
17. Soriali E, and others. Accuracy of reconstruction of the hip using computerised three-dimensional pre-operative planning and a cementless modular neck. J Bone Jt Surg - Br Vol. 2009;91-B(3):333-40
18. Viceconti M, and others. CT-based surgical planning software improves the accuracy of total hip replacement preoperative planning. Med Eng Phys. 2003;25:371-7.
19. Soriali E, Catonne Y, Pascal-Moussellard H. Threedimensional planning-guided total hip arthroplasty through a minimally invasive direct anterior approach. Clinical outcomes at five years' follow-up. Int Orthop. 2016;1-7.
20. Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Коваленко А.Н., Денисов А.О., Демин А.С., Ваграмян А.Г., Шубняков И.И. 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., Dzhavadov A.A., Kovalenko A.N., 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. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-31-49)
21. Hung C.C., Li Y.T., Chou Y.C. Conventional plate fixation method versus pre-operative virtual simulation and three-dimensional printing-assisted contoured plate fixation method in the treatment of anterior pelvic ring fracture,” International Orthopaedics, 2019;43,(2):425-431
22. Xiao J.R., Huang W.D., Yang X. H. En bloc resection of primary malignant bone tumor in the cervical spine based on 3-dimensional printing technology. Orthopaedic Surgery. 2016;8,(2): 171-178.
23. Zhang Y.D., Wu R.Y., Xie D.D., Zhang L., He Y. Effect of 3D printing technology on pelvic fractures: a meta-analysis,” Zhongguo gu shang. China journal of orthopaedics and traumatology. 2018;31,(5):465-471, 2018

#### Информация об авторах:

**Денисов Алексей Олегович** — канд. мед. наук, ученый секретарь, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия e-mail: med-03@yandex.ru т.89650733881. Ответственный за переписку с редакцией.

**Тихилов Рашид Муртузалиевич** — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия e-mail: rtikhilov@gmail.com

**Коваленко Антон Николаевич** — канд. мед. наук, научный сотрудник, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: tonnchik@ya.ru

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

**Билык Станислав Сергеевич** — лаборант-исследователь, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: bss0413@gmail.com

**Джавадов Алисагиб Аббасович** — лаборант-исследователь ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: alisagib.dzhavadov@mail.ru

## Information about authors:

**Alexey O. Denisov** — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia e-mail: med-03@yandex.ru

**Rashid M. Tikhilov** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; e-mail: rtikhilov@gmail.com

**Anton N. Kovalenko** — Cand. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia. E-mail: tonnchik@ya.ru

**Igor I. Shubnyakov** — Dr. Sci. (Med.), Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia e-mail: shubnyakov@mail.ru

**Stanislav S. Bilyk** — research assistant, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia. E-mail: bss0413@gmail.com

**Alisagib A. Dzhavadov** - research assistant, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia. E-mail: alisagib.dzhavadov@mail.ru