

УДК 616.718.16

DOI: 10.35693/2500-1388-2022-7-1-60-64

Новый способ обработки вертлужной впадины при установке индивидуально изготовленных имплантатов

Д.И. Варфоломеев

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России (Воронеж, Россия)

Аннотация

Цель — оценить точность и продолжительность обработки вертлужной впадины при использовании разработанного способа установки вертлужных компонентов эндопротеза тазобедренного сустава.

Материалы и методы. Для обработки вертлужной впадины при ее дефектах был разработан способ и устройство для его реализации. Проведено экспериментальное исследование на изготовленных с применением технологий трехмерной печати пластиковых моделях тазовых костей пациентов с дефектами вертлужных впадин типа 2A-3B по классификации Paprosky. В основной группе обработку костей таза осуществляли с применением устройства, реализующего новый способ, в контрольной — с использованием фрез из набора для эндопротезирования тазобедренного сустава фирмы Zimmer (США), а также стандартных хирургических инструментов. Точность обработки тазовой кости оценивали путем измерения объема жидкого силикона, который заливали в пространство между компонентом эндопротеза и тазовой костью. Продолжительность подготовки вертлужной впадины к имплантации чашки измеряли с помощью секундомера.

Результаты. Средняя продолжительность подготовки тазовой кости для имплантации чашки в рецензируемых группах достоверно не отличалась ($p=0,7$). Средний объем застывшего силикона в пространстве между чашкой и моделью тазовой кости в основной группе был значительно меньше, чем в контрольной ($p=0,02$), что говорит о высокой точности обработки вертлужной впадины. В

контрольной группе в 5 случаях были отмечены повреждения стенок вертлужной впадины.

Заключение. Предложенный способ и устройство для его реализации позволяет с высокой точностью выполнить подготовку тазовой кости к имплантации индивидуально изготовленной чашки. Его применение может упростить выполнение сложных ревизионных операций и снизить их травматичность.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, 3D-модель, индивидуальные имплантаты.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Варфоломеев Д.И. Новый способ обработки вертлужной впадины при установке индивидуально изготовленных имплантатов. Наука и инновации в медицине. 2022;7(1):60-64. doi: 10.35693/2500-1388-2022-7-1-60-64

Сведения об авторе

Варфоломеев Д.И. — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, слушатель кафедры травматологии и ортопедии.
ORCID: 0000-0002-2133-6510
E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Автор для переписки

Варфоломеев Денис Игоревич
Адрес: Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, 10, г. Воронеж, Россия, 394036.
E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Рукопись получена: 28.11.2021

Рецензия получена: 10.01.2022

Решение о публикации принято: 20.01.2022

A new method for adapting the acetabulum for installation of customized implants

Denis I. Varfolomeev

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko (Voronezh, Russia)

Abstract

Aim — to assess the accuracy and duration of acetabulum adaptation when using the developed method of installing the acetabular components of the hip joint endoprosthesis.

Material and methods. A method and a special device for its implementation have been developed for adapting of the acetabulum with defects. An experimental study was conducted on 3D printed plastic models of pelvic bones of patients with acetabulum defects of type 2A-3B according to the Paprosky classification. In the main group, pelvic bones were treated using the developed method. The control group used Zimmer (USA) hip endoprosthesis kit cutters as well as standard surgical instruments. The accuracy of the pelvic bone treatment was evaluated by the volume of liquid silicone that was poured into the space between the endoprosthesis component and the pelvic bone. The duration of preparation of the acetabulum for cup implantation was assessed using a stopwatch.

Results. The mean duration of pelvic bone preparation for cup implantation did not differ significantly between the groups ($p = 0.7$). The average volume of solidified silicone in the space between the cup and the pelvic bone model in the main group was significantly less than in the control group ($p = 0.02$). This indicates a high accuracy of the acetabulum adaptation. Acetabulum wall damage in control group occurred in 5 cases.

Conclusion. The proposed method and the device for its implementation allow you to prepare the pelvic bone for implantation of a customized cup with high accuracy. Its application can simplify the complex revision operations and reduce their invasiveness.

Keywords: hip replacement, 3D model, customized implants.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Varfolomeev D.I. A new method for adapting the acetabulum for installation of customized implants. *Science and Innovations in Medicine*. 2022;7(1):60-64. doi: 10.35693/2500-1388-2022-7-1-60-64

Information about author

Denis I. Varfolomeev – PhD, orthopedic traumatologist, postgraduate student of the Department of Traumatology and orthopedics. ORCID: 0000-0002-2133-6510
E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Corresponding Author

Denis I. Varfolomeev

Address: Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, 10 Studencheskaya st., Voronezh, Russia, 394036.

E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru

Received: 28.11.2021

Revision Received: 10.01.2022

Accepted: 20.01.2022

■ АКТУАЛЬНОСТЬ

Ежегодно возрастающее количество операций первичного эндопротезирования тазобедренного сустава приводит к повышению числа ревизионных вмешательств, которые сопровождаются выраженным дефицитом костной ткани в области вертлужной впадины [1]. Высокоэнергетические травмы также способствуют потере костной ткани и развитию ацетабулярных дефектов. При этом количество таких пациентов постоянно растет. Выбор метода оперативного лечения определяется величиной костных дефектов, а также качеством костной ткани, от которых зависит возможность обеспечения стабильной фиксации и достаточной площади контакта с опороспособной костью [2, 3].

Как правило, при отсутствии значительных разрушений вертлужной впадины выполнить операцию можно, имея в своем арсенале типовые чашки и ревизионные конструкции. Однако они не всегда позволяют обеспечить длительное функционирование сустава после проведенного вмешательства. Дефекты тазовой кости, сопровождающиеся разобщением подвздошной, седалищной и лонной костей, создают значительные трудности для их замещения и надежной фиксации имплантатов.

Основными задачами во время ревизионной операции являются подготовка ложа для установки вертлужного компонента эндопротеза с максимальным сохранением костной ткани, обеспечение первичной стабильной фиксации и замещение костных дефектов [4].

В последние годы в связи с развитием технологий трехмерного моделирования и печати из металла у травматологов появилась возможность изготовления индивидуальных вертлужных компонентов на основе компьютерной томографии таза пациентов. При этом чашка может иметь любую геометрическую форму, позволяющую заместить имеющиеся дефекты. В ее состав могут входить дополнительные фланцы для надежной фиксации винтами [5, 6, 7].

Установка индивидуальных конструкций сопряжена с определенными трудностями при обработке вертлужной впадины и позиционировании имплантатов [8]. Необходимо отметить, что применение стандартных инструментов для рассверливания вертлужной впадины позволяет выполнить ее обработку. Но при этом окружающие вертлужную впадину кости, на которые фиксируются фланцы и/или фрагменты самой чашки, не могут быть соответствующим образом подготовлены к имплантации индивидуально изготовленной чашки. Как правило, они покрыты рубцовыми тканями, а сами кости содержат зоны остеосклероза,

препятствующие хорошему врастанию костной ткани в пористое покрытие имплантата.

■ ЦЕЛЬ

Провести оценку точности и продолжительности обработки вертлужной впадины при использовании разработанного способа установки вертлужных компонентов эндопротеза тазобедренного сустава при дефектах вертлужной впадины.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Было проведено экспериментальное исследование на моделях фрагментов тазовых костей пациентов с дефектами вертлужных впадин. Модели были изготовлены из пластика с применением технологий трехмерной печати (3D-печати) на основании данных компьютерной томографии (КТ) больных. Всего было произведено 20 пар моделей, попарно распределенных в рецензируемые группы.

В исследовании были использованы КТ пациентов с дефектами тазовых костей типа 2А-3В по классификации Paprosky (1994). В основной группе обработку вертлужной впадины осуществляли с применением устройства, реализующего новый способ (заявка на изобретение № 2021125475 от 27.08.2021 г.), в контрольной – с использованием фрез из набора для эндопротезирования тазобедренного сустава фирмы Zimmer (США), удаленных вертлужных компонентов Continuum, а также стандартных хирургических инструментов. Построение трехмерных моделей дефектов, вертлужных компонентов и элементов устройства для реализации способа осуществляли в программах 3D slicer v. 4.11, Компас 3D v.18.

Для оценки площади контакта и объема пространства между чашкой и тазовой костью в вертлужную впадину заливали жидкий силикон Kremen mold platinum 30 (Китай), после чего устанавливали имплантат. После застывания материал удаляли и измеряли его объем. Для этого силикон помещали в мерную емкость с водой. Кроме объема силикона в исследовании оценивали продолжительность обработки вертлужной впадины при помощи секундомера типа СОПпр-2а-3-000.

Для расчета статистических параметров была использована программа SPSS Statistics v.26. Оценивали средние значения и стандартное отклонение ($M \pm \sigma$). Распределение значений объема силикона в обеих группах соответствовало нормальному, сравнение средних величин осуществляли с использованием Т-критерия Стьюдента для независимых выборок. Распределение значений продолжительности обработки вертлужной впадины в группах сравнения отличалось от

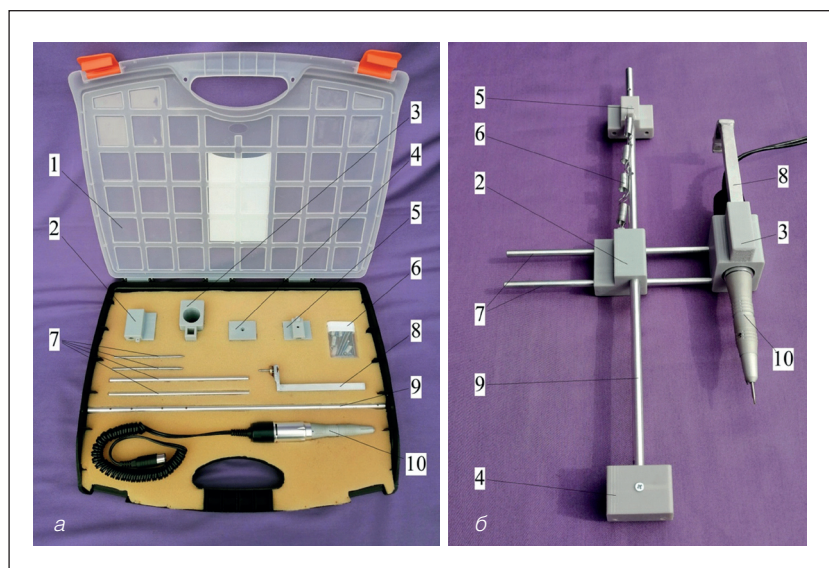


Рисунок 1. Внешний вид устройства

а) в кейсе для переноски, б) в собранном состоянии: 1 – кейс, 2 – третий блок, 3 – четвертый блок, 4 – первый блок, 5 – второй блок, 6 – соединительные элементы, 7 – стержни, 8 – измеритель глубины, 9 – направляющий, 10 – бормашина.

Figure 1. The device layout

а) in the transportation case, б) assembled: 1 – case, 2 – third block, 3 – fourth block, 4 – first block, 5 – second block, 6 – connecting elements, 7 – rods, 8 – depth gauge, 9 – drill guide, 10 – drill.

нормального. В связи этим был применен U-критерий Манна – Уитни.

Реализация разработанного способа осуществляется при помощи устройства, которое было изготовлено из алюминиевых трубок и АВС пластика с использованием технологий 3D-печати (рисунок 1).

Устройство состоит из направляющего в виде трубки, на которой неподвижно зафиксированы первый и второй блоки. Они содержат по два параллельных соосных сквозных отверстия. Между первым и вторым блоками располагается третий подвижный блок, который может перемещаться вокруг и вдоль направляющего. К третьему подвижному блоку присоединен четвертый блок, в котором фиксируется бормашина с фрезой. В реальной клинической практике целесообразно использование в составе устройства более мощного силового оборудования для обработки склерозированной кости. Также устройство содержит измеритель глубины обработки впадины.

Разработанный способ заключается в следующем. Выполняют компьютерную томографию таза, построение трехмерной модели области дефекта и изготовление соответствующего ему имплантата. Проводят моделирование отпечатка неизменной кости с двумя параллельными отверстиями, соответствующими отверстиям в устройстве. С помощью технологий трехмерной печати изготавливают вышеуказанные элементы, а также соединительную планку для чашки из пластика. Отпечаток неизменной кости фиксируют при помощи стержней к соответствующему участку таза таким образом, чтобы он занимал единственно возможное положение. На стержни устанавливают первый блок устройства (рисунок 2).

Изготовленный из пластика вертлужный компонент при помощи соединительной планки фиксируют на второй блок устройства. Измеритель глубины, который контактирует с наружной поверхностью чашки, и фреза бормашины располагаются на одной оси. Таким образом, движения фрезы в вертлужной впадине точно повторяют движения измерителя глубины, который проходит по поверхности чашки. При этом форма обработанной тазовой кости полностью соответствует наружной поверхности установленной на устройстве чашки.

Перемещая рукой четвертый блок и соответственно измеритель глубины вдоль всей поверхности пластикового вертлужного компонента эндопротеза, хирург осуществляет обработку вертлуж-

ной впадины и окружающих ее костей, на которые будут фиксироваться элементы устанавливаемой чашки. Необходимо отметить, что в связи с высокой частотой вращения фрезы в процессе работы обязательно ее охлаждение путем орошения физиологическим раствором. После обработки впадины устройство снимают,

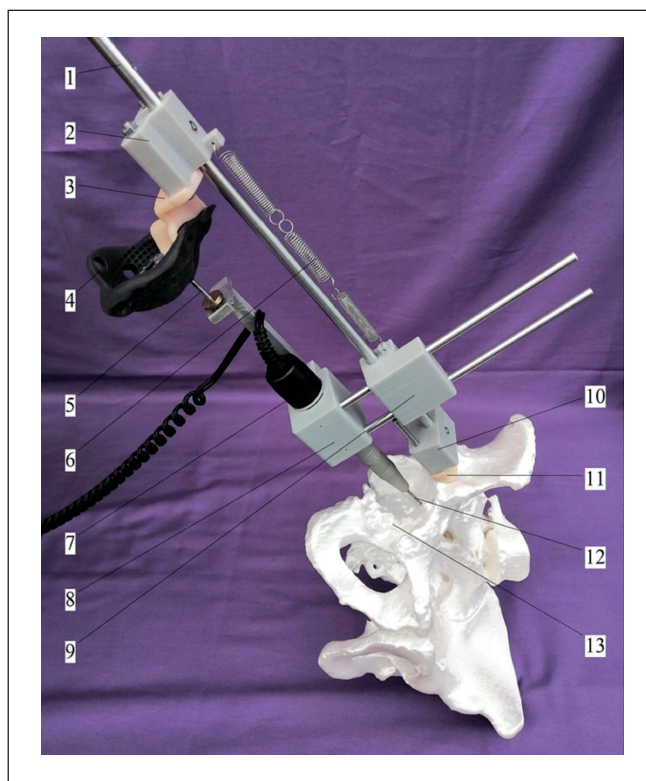


Рисунок 2. Устройство, установленное на модель тазовой кости:

1 – направляющий, 2 – второй блок, 3 – соединительная планка, 4 – вертлужный компонент эндопротеза, 5 – измеритель глубины, 6 – пружина, 7 – бормашина, 8 – четвертый блок, 9 – третий блок, 10 – первый блок, 11 – отпечаток неизменной кости, 12 – фреза, 13 – вертлужная впадина.

Figure 2. Device mounted on the pelvic bone model:

1 – drill guide, 2 – second block, 3 – connecting bar, 4 – acetabular component of the endoprosthesis, 5 – depth gauge, 6 – spring, 7 – drill, 8 – fourth block, 9 – third block, 10 – first block, 11 – imprint of unchanged bone, 12 – cutter, 13 – acetabulum.

Параметры	Основная группа	Контрольная группа
Средняя продолжительность обработки, с	423±21	421±17
Средний объем пространства между чашкой и костью, мл	11,3±3,5	17,3±6,0

Таблица 1. Результаты оценки точности и продолжительности обработки вертлужной впадины

Table 1. The results of evaluation the accuracy and duration of treatment of the acetabulum

стержни удаляют и устанавливают индивидуально изготовленную чашку.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных экспериментальных исследований продемонстрировали высокую точность разработанного способа для выполнения обработки тазовой кости (таблица 1).

Средняя продолжительность подготовки тазовой кости для имплантации чашки в рецензируемых группах достоверно не отличалась (Т-критерий = 0,389, $p = 0,7$). Обработка вертлужной впадины с использованием фрез осуществлялась относительно быстро, при этом технические трудности были отмечены при фрезеровании зон ацетабулярных дефектов. Их различная геометрическая форма требовала в процессе эксперимента регулярного прикладывания пробной чашки для оценки ее положения и возможности установки. В контрольной группе в 5 случаях были отмечены повреждения стенок вертлужной впадины.

В основной группе обработка тазовой кости проводилась без остановки от начала до конца. Повреждений вертлужной впадины отмечено не было.

Средний объем застывшего силикона в пространстве между чашкой и моделью тазовой кости в основной

группе был значительно меньше, чем в контрольной (U-критерий Манна – Уитни = 86,5, $p = 0,02$). Таким образом, разработанный способ позволяет с высокой точностью выполнить обработку вертлужной впадины, дефектов и окружающих ее костей, обеспечивая максимальную площадь контакта между чашкой и костью.

На рисунке 3 представлен результат использования разработанного способа при обработке модели тазовой кости пациента С., 42 лет с диагнозом: «посттравматический правосторонний коксартроз 4 ст.». У пациента имелся дефект вертлужной впадины типа 3А по классификации Paprosky.

Предоперационное 3D-планирование формы дефекта позволяет максимально точно воспроизвести соответствующую ему форму чашки. При этом во время операции не всегда удается установить тот имплантат, который был напечатан на принтере. Планирование конфигурации 3D-чашки, которая идеально повторяет форму дефекта вертлужной впадины, может сопровождаться значительными трудностями при установке имплантата, расширением доступа, повышением кровопотери и увеличением продолжительности и травматичности вмешательства [4]. В то же время отсутствие хорошего контакта между костью и вертлужным компонентом эндопротеза препятствует хорошему врастанию кости.

В настоящее время существуют различные способы обработки вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. В большинстве случаев для этого используют стандартные фрезы, входящие в состав наборов для эндопротезирования. С целью их правильного ориентирования применяют различные пациент-специфические направители, или гайды. Обычно их изготавливают из пластика, по форме они повторяют фрагменты неизмененных участков вертлужной впадины, на которые их устанавливают [9].

К данным направителям могут дополнительно фиксироваться так называемые пациент-специфические инструменты, например, переходники для соединения с держателем фрезы (примером), которые обеспечивают в процессе обработки вертлужной впадины его единственно возможное положение в пространстве [10, 11]. Конечно, данные индивидуально изготовленные элементы повышают точность подготовки костного ложа. Однако при помощи фрезы невозможно выполнить обработку окружающих вертлужную впадину костей, дна вертлужной впадины и ее дефектов, размеры которых, как правило, значительно меньше размеров фрезы.

Для замещения дефектов, которые остаются после обработки впадины, могут быть использованы различные виды костной пластики [12, 13]. Однако ее применение при ревизионных вмешательствах ограничено. Для использования костнопластического материала необходимо наличие костного банка, который существует далеко не во всех лечебных учреждениях.

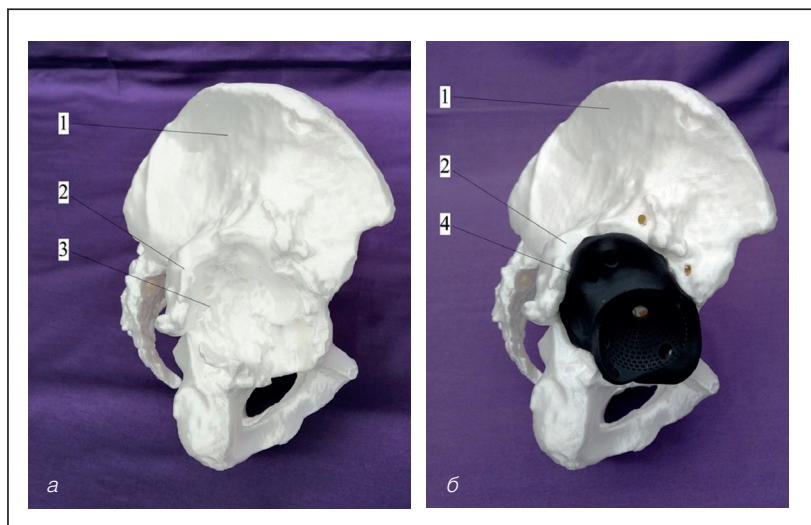


Рисунок 3. Процесс обработки вертлужной впадины

а) до обработки, б) после обработки с установленным вертлужным компонентом эндопротеза: 1 – тазовая кость, 2 – дефект заднего края впадины, 3 – остеофит заднего края впадины, 4 – индивидуально изготовленный вертлужный компонент эндопротеза.

Figure 3. Treatment of the acetabulum

а) before treatment, б) after treatment with the installed acetabulum component of the endoprosthesis: 1 – pelvic bone, 2 – defect of the posterior edge of the cavity, 3 – osteophyte of the posterior edge of the cavity, 4 – individually manufactured acetabulum component of the endoprosthesis.

Ревизионные вмешательства, проводимые по поводу инфекционных осложнений, также не могут быть выполнены с применением костной пластики.

Одним из современных способов обработки вертлужной впадины является применение роботизированных систем. Они позволяют с высокой точностью проводить обработку вертлужной впадины. Однако высокая стоимость оборудования препятствует широкому распространению и применению данных систем [14, 15].

В предложенном способе обработка тазовой кости осуществляется при помощи фрезы от бормашины или аналогичной фрезы небольшого диаметра. Это позволяет выполнить обработку всех небольших полостей для обеспечения максимального контакта кости и имплантата. При этом нет необходимости в упрощении конструкции имплантата и соответственно уменьшении площади контакта кости и вертлужного

компонента эндопротеза. Разработанный способ может быть использован как самостоятельно, так и в сочетании с традиционными способами обработки вертлужной впадины.

■ ВЫВОДЫ

1. Продолжительность обработки вертлужной впадины при использовании разработанного способа не отличается от применения стандартных способов (в эксперименте, $p = 0,7$).

2. Предложенный способ позволяет с высокой точностью выполнить подготовку тазовой кости к имплантации индивидуально изготовленной чашки (в эксперименте). ■

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Korytkin AA, Zakharova DV, Novikova YaS, et al. Custom triflange acetabular components in revision hip replacement (experience review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2017;23(4):101–111. (In Russ.). [Корыткин А.А., Захарова Д.В., Новикова Я.С., и др. 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
2. Pronskikh AA, Kharitonov KN, Kuzin VYu, et al. Total hip arthroplasty in cases of massive posttraumatic defects of acetabulum. *Modern Problems of Science and Education. Surgery*. 2019;5. (In Russ.). [Пронских А.А., Харитонов К.Н., Кузин В.Ю., и др. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с обширными посттравматическими дефектами вертлужной впадины. *Современные проблемы науки и образования. Хирургия*. 2019;5]. doi: 10.17513/spno.29253 URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29253> (Date 26.09.2021).
3. Hao Y, Wang L, Jiang W, et al. 3D Printing Hip Prostheses Offer Accurate Reconstruction, Stable Fixation, and Functional Recovery for Revision Total Hip Arthroplasty with Complex Acetabular Bone Defect. *Engineering*. 2020;6: 1285–1290. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.04.013>
4. Nikolaev NS, Malyuchenko LI, Preobrazhenskaia EV, et al. Use of customized acetabular components for hip joint arthroplasty in posttraumatic coxarthrosis. *Genij ortopedii*. 2019;25(2):207–213. (In Russ.). [Николаев Н.С., Малюченко Л.И., Преображенская Е.В., и др. Применение индивидуальных вертлужных компонентов в эндопротезировании тазобедренного сустава при посттравматическом коксартрозе. *Гений ортопедии*. 2019;25(2):207–213]. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-207-213
5. Kovalenko AN, Shubnyakov II, Bilyk SS, et al. Possibilities of modern technologies of visualization and modeling in orthopedics and their role in development of individual constructions in hip arthroplasty. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2016;175(4):46–52. (In Russ.). [Коваленко А.Н., Шубняков И.И., Билык С.С., и др. Возможности современных технологий визуализации и моделирования в ортопедии и их роль в разработке индивидуальных конструкций в хирургии тазобедренного сустава. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2016;175(4):46–52]. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2016-175-4-46-52>
6. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. Do Custom 3D-printed Revision Acetabular Implants Provide Enough Value to Justify the Additional Costs? The Health-economic Comparison of a New Porous 3D-printed Hip Implant for Revision Arthroplasty of Paprosky Type 3B Acetabular Defects and Its Closest Alternative. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2021;107(1):102600. doi: 10.1016/j.otsr.2020.03.012. Epub 2020 May 11. PMID: 32409268
7. Zagorodniy NV, Chragyan GA, Aleksanyan OA, et al. 3D Modelling and Printing in Primary and Revision Arthroplasty. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2018;2:21–29. (In Russ.). Загородний Н.В., Чраган Г.А., Алексанян О.А., и др. Применение 3D-моделирования и прототипирования при первичном и ревизионном эндопротезировании. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2018;2:21–29]. <https://doi.org/10.32414/0869-8678-2018-2-21-29>
8. Weber M, Witzmann L, Weiding J, et al. Customized implants for acetabular Paprosky III defects may be positioned with high accuracy in revision hip arthroplasty. *International Orthopaedics*. 2019;43:2235–2243. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4193-3>
9. Mishra A, Verma T, Rajkumar, et al. 3D Printed Patient Specific Acetabular Jig for Cup Placement in Total Hip Arthroplasty. *Indian Journal of Orthopaedics*. 2020;54:174–180. <https://doi.org/10.1007/s43465-020-00061-2>
10. Di Laura A, Henckel J, Hothi H, Hart A. Can 3D surgical planning and patient specific instrumentation reduce hip implant inventory? A prospective study. *3D Printing in Medicine*. 2020;6:25. <https://doi.org/10.1186/s41205-020-00077-2>
11. Fang C, Cai H, Kuong E, et al. Surgical applications of three-dimensional printing in the pelvis and acetabulum: from models and tools to implants. *Der Unfallchirurg*. 2019;122:278–285. <https://doi.org/10.1007/s00113-019-0626-8>
12. Masumoto Y, Fukunishi S, Fukui T, et al. Acetabular reconstruction for primary and revision total hip arthroplasty using Kerboull-type acetabular reinforcement devices — case-control study with factors related to poor outcomes of surgery. *Medicine*. 2019;98:27. <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000016090>
13. Okutani Y, Fujita H, Harada H, et al. Inverted reamer technique for bone grafting of the acetabulum: technical note. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2021;16:655. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02810-x>
14. Peretis I, Mu B, Mont M, et al. Current topics in robotic-assisted total hip arthroplasty: a review. *Hip International*. 2020;30(2):118–124. <https://doi.org/10.1177/1120700019893636>
15. Sugano N, Hamada H, Takao M, et al. Accuracy and feasibility of robotic preparation for a metal acetabular augment. *Orthopaedic proceedings*. 2021;103B(14):45.