

3D-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Г. Кавалерский¹, доктор медицинских наук, профессор,

В. Мурылев^{1,2}, доктор медицинских наук, профессор,

Я. Рукин¹, кандидат медицинских наук,

П. Елизаров^{1,2}, кандидат медицинских наук,

Е. Дженжера³, кандидат медицинских наук

¹Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

²Городская клиническая больница им. С.П. Боткина, Москва

³ООО «Эндопринт», Москва

E-mail: yar.rukin@gmail.com

Оценена эффективность применения гипсовых 3D-моделей в натуральную величину для планирования ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при сложном дефиците вертлужной впадины. Использование современных 3D-принтеров и программного обеспечения делает такие технологии более доступными.

Ключевые слова: хирургия, 3D-модели, сложные ацетабулярные дефекты, диссоциация таза, предоперационное планирование.

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТБС) — наиболее эффективная операция для лечения тяжелых заболеваний и травм ТБС. Количество таких операций в России и в мире возрастает с каждым годом. Потребность в эндопротезировании ТБС в РФ составляет 27 на 10 тыс. жителей, что составляет приблизительно 300 тыс. на общую численность населения России [1]. С ростом числа первичного эндопротезирования возрастает потребность и в ревизионном. Так, в США к 2030 г. ожидается возрастание частоты ревизионного эндопротезирования ТБС на 137% [2]. Часто после появления симптоматики расшатывания эндопротеза пациент может долго дожидаться очереди на ревизионное вмешательство. Это приводит к тому, что развивается массивный остеолит периацетабулярной кости с развитием большого дефицита вертлужной впадины (ПС, ША, ПШВ по классификации Paprosky). Пожалуй, одной из тяжелейших проблем ревизионной хирургии является диссоциация костей таза с разрушением передней и задней колонн вертлужной впадины [3–5].

Более того, в некоторых случаях при большом дефиците вертлужной впадины стандартных решений для ревизионного эндопротезирования бывает недостаточно. Есть сообщения [6–8] о применении индивидуальных вертлужных компонентов для реконструкции тяжелых дефектов вертлужной впадины.

Мы проанализировали ранние результаты применения 3D-моделей и индивидуальных вертлужных компонентов в ревизионном эндопротезировании ТБС на базе кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Первого МГМУ им. И.М. Сеченова в Городском центре эндопротезирования костей и суставов ГКБ им. С.П. Боткина.

С ноября 2015 г. мы использовали 3D-модели вертлужной впадины в натуральную величину для планирования ревизионного эндопротезирования ТБС в 19 случаях. При создании такой модели осуществляется мультиспиральная компьютерная томография пораженного ТБС с толщиной среза не более 1 мм. Затем результат в формате DICOM направляют инженерам. Они обрабатывают изображение, очищают от наводок, мягких тканей и инородных материалов (эндопротеза) — в результате получается цифровая 3D-модель таза со всеми дефектами, которую инженеры возвращают нам в PDF-формате. После согласования инженеры распечатывают 3D-модель на принтере из гипса. В результате мы получаем 3D-модель вертлужной впадины со всеми дефектами в натуральную величину. Она позволяет детально оценить картину дефицита и спланировать способы реконструкции (рис. 1).

Среди наших пациентов было 13 (68,4%) женщин и 6 (31,6%) мужчин.

Дефицит вертлужной впадины определяли в соответствии с классификацией Paprosky [3, 9]. У 5 (26,3%) пациентов были ПС дефекты (миграция вертлужного компонента медиально по отношению к линии Кохлера, в интактное ацетабулярное кольцо), у 3 (15,8%) пациентов — ША-дефекты (верхнелатеральная миграция вертлужного компонента, <50% сохранившегося опорного ацетабулярного кольца), у 11 (57,9%) — ПШВ дефекты (верхнемедиальная миграция вертлужного компонента <40% поддерживающей кости и менее половины сохранившегося ацетабулярного кольца). Среди пациентов с ПШВ-дефектами у 3 (27,3%) отмечена диссоциация костей таза.

С помощью гипсовых 3D-моделей мы смогли не только оценить степень дефицита вертлужной впадины и классифицировать ее, но и тщательно спланировать пути реконструкции.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ

В случае ПС-дефицита мы использовали кейдж из 2 аугментов из трабекулярного тантала. Мы соединяли аугменты между собой с помощью костного цемента и укладывали получившийся кейдж в медиальный дефект вертлужной впадины. В вогнутую часть кейджа укладывали костный цемент, после чего устанавливали полусферичный вертлужный компонент с покрытием из пористого тантала. Таким образом получали единую монолитную конструкцию с большой площадью контакта между пористым танталом и поддерживающей костью.

При ША-дефектах мы использовали 1 батресс-аугмент для заполнения дефекта передней или задней колонны. Этот аугмент мы фиксировали к подвздошной кости с помощью 3–4 винтов (6,5 мм). Затем устанавливали вертлужный компонент с покрытием из пористого тантала. Между аугментом и компонентом использовали костный цемент.

При ПШВ-дефиците без диссоциации костей таза мы использовали

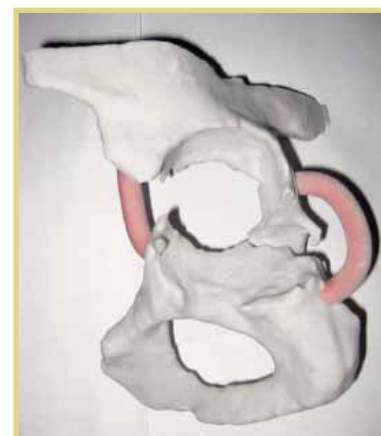


Рис. 1. Гипсовая 3D-модель таза пациента. Имеется диссоциация костей таза

2 метода. У 7 пациентов мы установили кейдж из 2 аугментов в верхнемедиальный дефект, затем – вертлужный компонент с покрытием из пористого тантала. Между кейджем и компонентом использовали костный цемент. В 1 случае мы применили индивидуальный вертлужный компонент, распечатанный на принтере из медицинского титанового порошка.

Индивидуальный вертлужный компонент должен иметь следующие характеристики: 1) 3 фланца с отверстиями под винты и максимальным контактом с подвздошной, лонной и седалищной костями;



Рис. 2. Имплантированный индивидуальный 3-фланцевый вертлужный компонент

2) ориентация отверстий для оптимального попадания винтами в кость; 3) максимальное заполнение всех дефектов; 4) пористая поверхность в зоне контакта с костью; 5) полусферическая часть большого диаметра с возможностью цементированного вкладыша с большим диаметром пары трения или чашки с двойной мобильностью; 6) оптимальная ориентация полусферической части (40° отведения, 15° антеверсии).

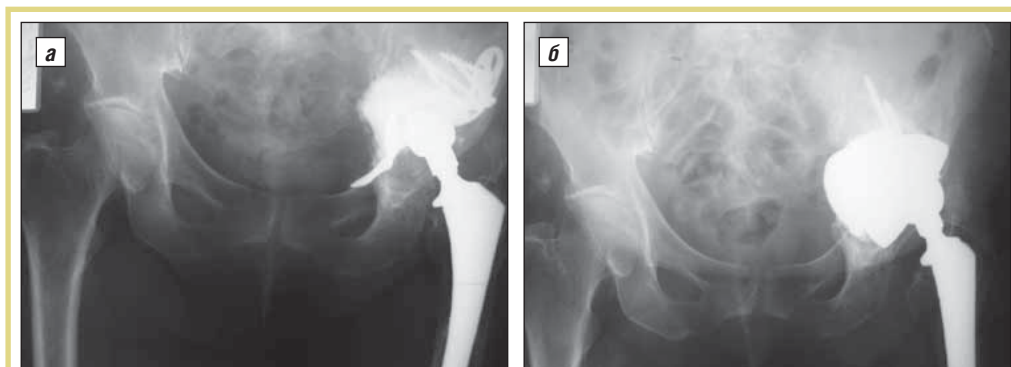


Рис. 3. Рентгенограммы пациентки с диссоциацией таза: а – перед операцией; б – после нее

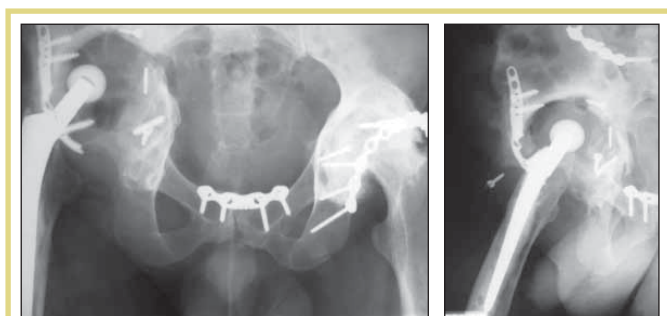


Рис. 4. Рентгенограммы пациента Н. в 2 проекциях. Вертлужная впадина справа отсутствует

С учетом указанных требований инженеры создавали цифровую 3D-модель имплантата. После доработки и согласования с нами они осуществляли печать индивидуального имплантата из титанового порошка.

Перед операцией мы проводили стерилизацию вертлужного компонента. Во время операции был удален артикулирующий спейсер, кость очищена от рубцов и установлен индивидуальный вертлужный компонент. Отмечено идеальное совпадение анатомии вертлужной впадины и формы вертлужного компонента. Осуществлена фиксация компонента 6,5-миллиметровыми винтами к лонной, подвздошной и седалищной костям. В компонент на костном цементе установлена чашка для двойной мобильности. Установлен бедренный компонент Wagner Rev с биполярной головкой. Осуществлено вправление эндопротеза (рис. 2).

При ПШВ-дефиците с диссоциацией костей таза мы также использовали 2 варианта реконструкции. У 1 пациентки использован кейдж из 2 аугментов. Кейдж был забит в дефект вертлужной впадины, за счет чего осуществлена дистракция таза. После этого установлен вертлужный компонент большого диаметра (70 мм). Между аугментом и кейджем использовали костный цемент (рис. 3). Двум пациентам этой группы установлены индивидуальные вертлужные компоненты.

Пациент Н., 38 лет, в 2010 г. в результате автоаварии получил билатеральный нестабильный перелом таза с переломами обеих вертлужных впадин. Был выполнен остеосинтез таза с последующим развитием аваскулярного некроза обеих головок бедренных костей. В 2011 г. выполнено тотальное эндопротезирование правого ТБС протезом цементной фиксации. В 2013 г. в связи с расшатыванием вертлужного компонента осуществлена его замена. В ноябре 2015 г. в связи с повторным расшатыванием выполнена попытка ревизионного эндопротезирования. Однако во время операции после удаления вертлужного компонента развилось массивное кровотечение. Пациент потерял около 12 л крови, в связи с нестабильной гемодинамикой после достижения гемостаза операция была остановлена. В феврале 2016 г. этот пациент обратился к нам с полным отсутствием какой-либо поддерживающей кости вертлужной впадины (рис. 4).

По описанной методике мы создали гипсовую модель таза и титановый индивидуальный вертлужный компонент. В марте 2016 г. выполнена операция, стабильный бедренный компонент мы не меняли. В индивидуальный компонент на костном цементе установлен полиэтиленовый вкладыш, на бедренный компонент установлена керамическая головка 40 мм (рис. 5).

В 16 случаях мы проанализировали эффективность предоперационного планирования с использованием гипсовых 3D-моделей. Критерием эффективности было совпадение количества и типа планируемых и используемых аугментов и диаметра вертлужных компонентов.

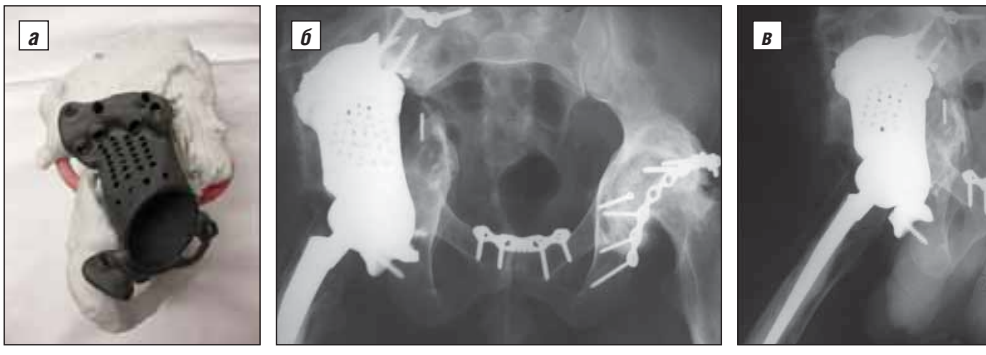


Рис. 5. То же наблюдение. Индивидуальный вертлужный компонент в гипсовой модели таза (а) и рентгенограммы после операции: прямая (б) и боковая (в)

Статистический анализ проведен с использованием программного обеспечения Statistica 10. Нормальное распределение для количественных величин оценивали с помощью теста Колмогорова–Смирнова. Парный t-тест был использован для сравнения планируемого и использованного диаметров вертлужных компонентов. Статистическая значимость установлена при $p < 0,05$.

Количество и тип запланированных и использованных аугментов совпали в 100% случаев. Диаметр запланированных и установленных вертлужных компонентов в 9 (56,3%) случаях полностью совпал, а в остальных разница не превышала 2 мм.

Таким образом, использование гипсовых моделей вертлужной впадины в натуральную величину позволило лучше понять истинную картину дефицита и выбрать оптимальные пути реконструкции.

Лечение пациентов с большим дефицитом вертлужной впадины — очень сложная задача [9, 10]. В условиях крупных костных дефектов хирург должен обеспечить адекватную стабильную фиксацию вертлужного компонента и восстановить центр ротации головки бедренной кости. Многие авторы получили хорошие результаты при использовании аугментов из пористого тантала и вертлужных компонентов с танталовым покрытием [10–14]. Есть также сообщения о применении индивидуальных вертлужных компонентов для лечения сложных дефектов вертлужной впадины [6–8].

Ключ к успеху таких реконструкций — тщательное предоперационное планирование. 3D-технологии помогают решить эту проблему. Целью нашего исследования было показать, что 3D-модели таза в натуральную величину позволяют очень точно и правильно спланировать реконструкцию вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании ТБС. Все методики, спланированные на модели, могут быть с точностью воспроизведены на операционном столе. С применением современных компьютерных программ и 3D-принтеров создание таких моделей упрощается и может быть воспроизведено в других ортопедических центрах.

Мы использовали гипсовые модели таза для планирования реконструкции вертлужной впадины с помощью танталовых аугментов и чашек. Однако в 3 случаях мы пошли дальше и на основании данных моделей создали индивидуальные титановые вертлужные компоненты с пористым покрытием. Для их производства также были использованы 3D-принтеры. Мы убеждены, что использование современных 3D-принтеров значительно упростит производство та-

ких компонентов, а в будущем их стоимость будет сопоставима со стоимостью обычных чашек эндопротеза.

Литература

1. Москалев В.П., Корнилов Н.В., Шапиро К.И. и др. Медицинские и социальные проблемы эндопротезирования суставов конечностей / СПб: МОРСАР АВ, 2001; 159 с.
2. Kurtz S., Ong K., Lau E. et al. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 // J. Bone Joint Surg. Am. — 2007; 89 (4): 780–5.
3. Sheth N., Melnic C., Paprosky W. et al. Acetabular distraction an alternative for severe acetabular bone loss and chronic pelvic discontinuity // Bone Joint J. — 2014; 96 (11): 36–42.
4. Brown N., Hellman M., Haugom B. et al. Acetabular distraction an alternative approach to pelvic discontinuity in failed total hip replacement // Bone Joint J. — 2014; 96 (11): 73–7.
5. Villanueva M., Rios-Luna A., Pereiro De Lamo J. et al. (2008). A review of the treatment of pelvic discontinuity // HSS Journal: The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery. — 2008; 4 (2): 128–37.
6. Berasi C., Berend K., Adams J. et al. Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of catastrophic bone loss? // Clin. Orthop. Relat. Research. — 2015; 473 (2): 528–35.
7. Hogan C., Ries M. Treatment of massive acetabular bone loss and pelvic discontinuity with a custom triflange component and ilio-sacral fixation based on preoperative CT templating. A report of 2 cases // J. Clin. Exp. Research Hip Pathol. Ther. — 2015; 25 (6): 585–8.
8. Taunton M., Fehring T., Edwards P. et al. Pelvic discontinuity treated with custom triflange component: a reliable option // Clin. Orthop. Relat. Research. — 2012; 470 (2): 428–34.
9. Paprosky W., Perona P. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. A 6-year follow-up evaluation // J. Arthroplasty. — 1994; 9 (1): 33–44.
10. Jeong M., Kim H.-J., Lim S.-J. et al. Revision Total Hip Arthroplasty Using Tantalum Augment in Patients with Paprosky III or IV Acetabular Bone Defects: A Minimum 2-year Follow Up Study // Hip pelvis. — 2016; 28 (2): 98–103.
11. Del Gaizo D., Kancherla V., Sporer S. et al. Tantalum augments for Paprosky IIIA defects remain stable at midterm follow up // Clin. Orthop. Relat. Res. — 2012; 470 (2): 395–401.
12. Siegmeth A., Duncan C., Masri B. et al. Modular tantalum augments for acetabular defects in revision hip arthroplasty // Clin. Orthop. Relat. Res. — 2009; 467 (1): 199–205.
13. Long W., Noiseux N., Mabry T. et al. Uncemented Porous Tantalum Acetabular Components: Early Follow-Up and Failures in 599 Revision Total Hip Arthroplasties // Iowa Orthop. J. — 2015; 35: 10813.
14. Whitehouse M., Masri B., Duncan C. et al. Continued good results with modular trabecular metal augments for acetabular defects in hip arthroplasty at 7 to 11 years // Clin. Orthop. Relat. Res. — 2015; 473 (2): 521–7.

3D TECHNOLOGIES FOR REVISION TOTAL HIP ARTHROPLASTY

Professor **G. Kavalersky**¹, MD; Professor **V. Murylev**^{1,2}, MD; **Ya. Rukin**¹, Candidate of Medical Sciences; **Ya. Elizarov**^{1,2}, Candidate of Medical Sciences; **E. Dzhenezhera**³, Candidate of Medical Sciences

¹I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

²S.P. Botkin City Clinical Hospital, Moscow

³ООО «Endoprint», Moscow

The authors have evaluated the efficiency of using full-sized gypsum-based 3D models to plan revision hip arthroplasty for complex acetabular defect. The use of modern 3D printers and software makes these technologies more affordable.

Key words: 3D models, complex acetabular defects, pelvic dissociation, preoperative planning.