

ЗАСТОСУВАННЯ 3D-ДРУКУ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ДО РЕВІЗІЙНОГО ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА

Зазірний І.М.

Центр ортопедії, травматології та спортивної медицини,
Клінічна лікарня "Феофанія" ДУС, м. Київ

Резюме. Хірургія кульшового суглоба часто вимагає тривимірного зображення. Але у багатьох випадках КТ кульшового суглоба з 3D-реконструкцією не дає повноцінного уявлення про його реальну анатомію. Тому додаткове виготовлення 3D-моделі тазу дозволяє максимально візуалізувати анатомічні прояви патології і допомогти в підготовці до оперативного втручання. Однією з основних переваг віртуальних 3D-анатомічних моделей є використання просторового аналізу, що дозволяє хірургам вибрати оптимальні рішення щодо планування операції. У статті на прикладі опису клінічного випадку йдеться про клінічне використання КТ-сканування з тривимірною (3D) реконструкцією анатомічних моделей за допомогою швидкої технології прототипів та подальший 3D-друк моделі. Автор ділиться клінічним досвідом планування ревізійного ендопротезування кульшового суглоба з допомогою 3D-моделювання.

Ключові слова: ендопротезування кульшового суглоба, 3D-реконструкція, 3D-анатомічні моделі, оперативне втручання.

КТ-сканування із тривимірною (3D) реконструкцією за допомогою швидкої технології прототипів та подальший 3D-друк моделі істотно розвивалися протягом останніх трьох десятиліть [1].

Останнім часом багато лікарень почали переходити від використання медичних зображень, головним чином із діагностичною метою, до їх залучення (інтеграції) в певне хірургічне планування, призначене для конкретного хворого. Це створило величезні переваги для лікарів та їх пацієнтів. Як наслідок, дедалі більша кількість лікарень у США впровадила у свою практику 3D-друк. Лікарні визнають додаткову цінність, яку 3D-друк становить для індивідуального підходу до пацієнта, і можливості, які стають реальністю для визначення оптимальних варіантів лікування.

Однією з головних переваг віртуальних 3D-анатомічних моделей та 3D-друку є те, що вони дозволяють радіологам використовувати просторовий аналіз, що допомагає хірургам вибрати кращі рішення щодо планування операції. Анатомічні моделі залучають фахівці з багатьох спеціальностей, оскільки ті дозволяють краще зрозуміти анатомічні структури та патологію. Крім того, 3D-друковані анатомічні моделі пацієнта допомагають хірургам під час консультацій хворого, коли останньому пояснюється його стан.

3D-друк також може бути використаний як освітній інструмент для студентів медиків. Наприклад, можливість тримати модель і розглянути патологіч-

не вогнище захворювання з різних ракурсів допомагає студентам чіткіше зрозуміти хірургічні дії, що виконуються під час операції. Реалізація 3D-друку централізовано стала тенденцією в американських лікарнях. Як правило, за підтримки відділу радіології міждисциплінарна 3D-друкарня активно взаємодіє з більшістю відділень у лікарні. На сьогоднішній день фахівці з кардіології, ортопедії, судинної хірургії, нейрохірургії та гепатобіліарної патології користуються 3D-друком, використовуючи його для хірургічного планування, візуалізації та освіти [8].

Хірургія кульшового суглоба часто вимагає тривимірного зображення. Але часто КТ кульшового суглоба з 3D-реконструкцією не дає повноцінного уявлення про реальну його анатомію. У таких випадках додаткове виготовлення 3D-моделі тазу дозволяє максимально візуалізувати анатомічні прояви патології і допомогти в підготовці до оперативного втручання [4-7].

За наявності складних дефектів вертлюгової западини чи її дисплазії перед плановим оперативним втручанням виконується КТ кульшового суглоба з 3D-реконструкцією, а потім за даними КТ виготовляється 3D-модель на 3D-принтері.

Для отримання об'ємних фрагментів кісток чи інших анатомічних елементів, надрукованих за допомогою 3D-прототипування на 3D-принтері, необхідно провести трансформацію двовимірних КТ- та МРТ-зображень у тривимірні об'єкти, необхідні для друку.



а)



б)

Рис. 1. Рентгенограма кульшового суглоба хворої К. В. до операції: а) у прямій проекції; б) у боковій проекції

Першим кроком цієї трансформації зазвичай є програмне забезпечення "D-DOCTOR". Ця програма дозволяє трансформувати та використовувати зображення пацієнтів, отримані за допомогою КТ- та МРТ-досліджень.

Програма підтримує всі формати зображень: DICOM, TIFF, GIF, JPEG, PNG, BMP, PGM, MRC, RAW. За необхідності, програма дозволяє провадити обробку медичних зображень, очищення від неспецифічних елементів, що потрапили на зображення (одяг, гіпс та ін.), та подальшу трансформацію для тривимірного відображення.

Отримане тривимірне зображення експортується у проміжному форматі та стає доступним для коригування у будь-якій конструкторській програмі (наприклад, SolidWorks) або для перегляду в спеціальних програмах (наприклад, 3D-Tool). Після завершення підготовки тривимірного об'єкта для друку (узгодження об'єкта з технологічними обмеженнями та можливостями конкретного принтера та самої технології 3D-друку) він експортується з розширенням *.STL (у вигляді сітчастого об'ємного тіла).

Після цього у програмі, яка відповідає конкретному 3D-принтеру (MakerWare, Cura або інша), відбувається запис робочого файлу для друку (розшарування об'єкту) з урахуванням якості надрукованого об'єкту та необхідної швидкості (термін друку може коливатися від кількох хвилин до десятків годин залежно від розміру об'єкту, тому є можливість масштабування для прискорення).

Виготовлений об'єкт відповідно до конфігурації може потребувати додаткової обробки та видалення залишків матеріалу підтримки. За допомогою цієї моделі ортопед може уявити наявний стан справ з анатомією, вибрати найбільш вдалу модель імплантата, відрегулювати точне позиціонування компонентів, визначити місце та довжину гвинтів, змінити поверхню фіксації, визначити місця додавання трансплантата.

У даному повідомленні ми хочемо поділитись досвідом планування ревізійного ендопротезування кульшового суглоба з допомогою 3D-моделювання.

До нашої клініки звернулася хвора К. 57 років. У 1994 році їй було виконано тотальне ендопротезування лівого кульшового суглоба ендопротезом безцементного кріплення Protek із парою тертя кераміка-поліетилен. Останні 3 роки хвора почала відчувати біль у лівому кульшовому суглобі та порушення ходьби. За результатами рентгенологічного обстеження (рентгенографія та комп'ютерна томографія) виявлено порушення співвідношень в ендопротезованому лівому кульшовому суглобі, голівка імплантата зміщена проксимально і латерально, протрузія ацетабулярного компонента, дефект передне-медіальної частини проксимального відділу стегнової кістки. Встановлено наступний діагноз: ендопротезований лівий кульшовий суглоб, нестабільність ацетабулярного компонента, дефект ацетабулюм тип (II C), дефект проксимального відділу стегнової кістки тип (II). Перипротезні дефекти тазової та стегнової кісток були оцінені згідно з класифікацією W. Paprosky, 1994

(2, 3). Згідно з Harris Hip Score функція кульшового суглоба оцінена в 38 балів.

Дані комп'ютерної томографії хворої були передані в компанію "Аеростат", м. Київ (директор О.Д. Галінський), де було проведено 3D-друк моделі тазової кістки.

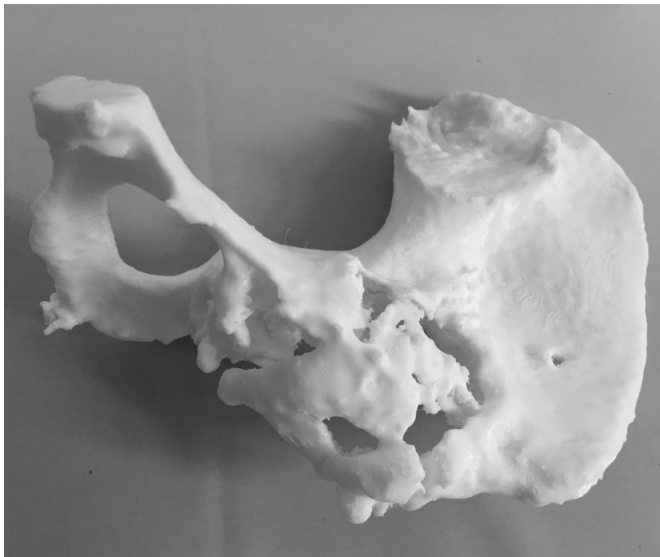


Рис. 2. Вид на модель тазової кістки з дефектом ацетабулярної западини, отриману шляхом 3D-друку

Використовуючи отриману модель під час планування, ми вибрали тип імплантата вертлюжного компонента (Lima, Delta-Revision TT actabular Cap), вид і розташування аугмента (TT Hemispheric module), необхідність застосування спейсера та його позиціонування (Angled Spacer 20 degree, Size L+5).

Нижче наводимо протокол операції. Туалет операційного поля. Передне-латеральним доступом до 25 см пошарово оголений лівий кульшовий суглоб. Під час доступу виявлено, що середній сідничний м'яз атрофований і фіксований до фасції, але не фіксований до великого вертлюга. Гемостаз по ходу доступу.

Ревізія: металічна чашка ендопротеза зміщена проксимально, вона не фіксована. Поліетиленовий лайнер із проксимального кінця стертий, жовта керамічна голівка в місці контакту з чашкою має металічну ерозію. Голівка не знаходиться у западині, а контактує з краєм металічної чашки. Голівка стегна видалена. Знято ПЕ лайнер із чашки, видалено фіксуючі шурупи та вийнято з ацетабулю металічний імплантат (Prottek). Ніжку екстрактора вийняти з кістково-мозкового каналу не вдалося. На передній та медіальних поверхнях проксимального відділу кортикальний шар стегнової кістки відсутній, латерально від ніжки виявлено дефект кісткової тканини до кортикального шару, дефект заповнено чорною м'якою тканиною. Така ж тканина виявляється навколо ацетабулю та в ній. Чорна м'яка тканина видалена і направлена на гістологічне дослідження. В ацетабулю

виявлено дефекти дна розміром до 2-3 см. Із голівки алокістки підготовлені щепи трансплантата, якими виконана пластика дефекту ацетабулю.



Рис. 3. Видалені ацетабулярний компонент та голівка імплантата

Після примірки підібрано і встановлено імплантат ацетабулюм Lima, а саме: чашка Delta Revision Cap TT діаметром 54 мм з Hemispheric Modul 54mm + eccentricity 12 mm (на 14-00) та 20 degree Spaser № L+5 mm на 16-00. Чашка додатково фіксована до тазової кістки трьома шурупами 6,5 на 20, 30 та 40 мм. У спейсер встановлено PE Liner Medium/32 mm.

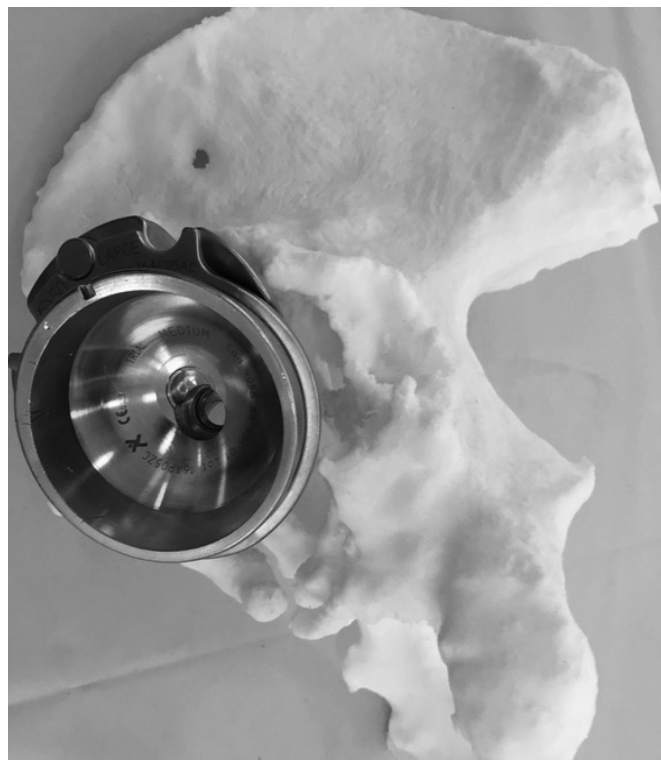


Рис. 4. Підібрані попередньо пробні компоненти імплантатів

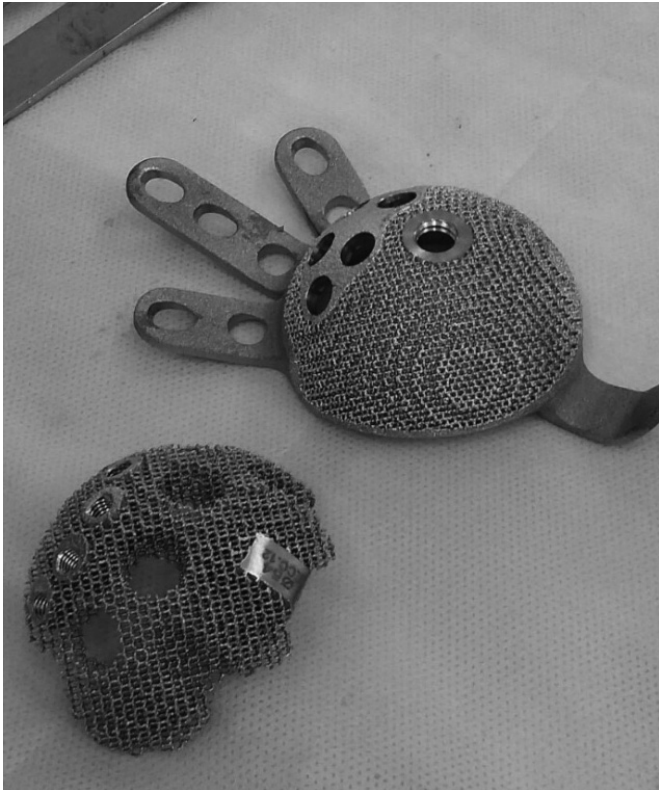


Рис. 5. Ревізійна чашка ТТ з аугментом ТТ Lima

Дефекти проксимального відділу стегнової кістки закриті і заповнені щепами алотрансплантата і фіксовані до ложа серкляжем-стрічкою Безноска.

Після попередньої примірки на шийку ніжки встановлена металічна голівка 32/S. Суглоб вправлений, положення компонентів правильне, рухи вільні. Push-pull симптом до 2 мм. Латеральна тракція за стегно за нейтрального положення нижньої кінцівки та під час приведення кінцівки та її зовнішньої ротації не викликає люксації в суглобі. Гемостаз, лаваж рани розчинами антисептиків по ходу операції. Рана остаточно промита, пошарово дренована (№ 3), щільно ушита. Асептична пов'язка. Еластичне бинтування кінцівки. Система вакуум-аспірації з дренажів.

Перебіг післяопераційного періоду без ускладнень, рана загоїлась первинним натягом. У післяопераційний період хвора 3 місяці проводила часткове (50%) навантаження оперованої кінцівки.

Через 3 місяці після операції функція кульшового суглоба оцінена в 89 балів.

Результат операції оцінений як позитивний.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів під час підготовки статті.



Рис. 6. Вид операційної рани після імплантації та вправлення стегна



Рис. 7. Рентгенограма кульшового суглоба хворої К. у прямій проекції після операції

Література

1. Kass M. Snakes: Active Contour Models / M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos // International Journal of Computer Vision. – 1988. – № 1. – P. 321–331.
2. Telleria J. The Paprosky Classification of Acetabular Bone Loss / J. Telleria, A. Gee // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2013. – № 471. – P. 3725–3730.
3. Ibrahim D. The Paprosky Classification of Femoral Bone Loss / D. Ibrahim, N. Fernando // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2017. – № 475. – P. 917–921.
4. Handels H. Virtual planning of hip operations and individual adaption of endoprostheses in orthopaedic surgery / H. Handels, J. Ebrhardt, W. Plotz, S.J. Poppl // Int. J. Med. Inform. – 2000. – № 58-59. – P. 21–28.
5. Fadero P.E. Three dimensional (3D) modelling and surgical planning in trauma and orthopaedics / P.E. Fadero, M. Shab // Surgeon. – 2014. – № 12 (6). – P. 328–333.
6. Cartiaux O. Improved accuracy with 3D planning and patient-specific instruments during simulated pelvic bone tumor surgery / Cartiaux O., Paul L., Francq B.G., Banse X., Docquier P.L. // Ann. Biomed. Eng. – 2014. – № 42 (1). – P. 205–213.
7. Scholes C. Patient-specific instrumentation for total knee arthroplasty does not match the pre-operative plan as assessed by intra-operative computer-assisted navigation / C. Scholes, V. Sabni, S. Lustig, D.A. Parker, M.R. Coolican // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2014. – № 22 (3). – P. 660–665.
8. Slagmolen P. How Medical 3D-Printing is Gaining Ground in Top U.S. Hospitals / P. Slagmolen [electronic resource]. — Access: www.materialise.com/home/blog/medical.

APPLICATION OF 3D PRINTING AT PREPARATION FOR HIP REVISION ARTHROPLASTY

Zazirnyi I.M.

Summary. Hip surgery often requires three-dimensional images. However, in many cases CT of the hip joint with 3D reconstruction does not give a full picture of its real anatomy. Therefore, the additional 3D model of the pelvis allows the maximum visualization of anatomical manifestations of pathology and help in the preparation for surgical intervention. One of the main advantages of virtual 3D anatomical models is the use of dimensional analysis, which allows surgeons to choose the optimal solutions for planning the surgery. The clinical case of application of CT scanning with 3D reconstruction of anatomical models using rapid prototype technology and further 3D printing of the model is shown in the article. The author shares the clinical experience of planning revision hip arthroplasty using 3D modeling.

Key words: hip arthroplasty, 3D reconstruction, 3D anatomical models, surgical intervention.

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К РЕВИЗИОННОМУ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЮ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Зазирный И.М.

Резюме. В хирургии тазобедренного сустава часто требуется наличие трехмерного изображения. Однако во многих случаях КТ тазобедренного сустава с 3D-реконструкцией не дает полноценного представления о его реальной анатомии. Поэтому дополнительное изготовление 3D-модели таза позволяет максимально визуализировать анатомические проявления патологии и помочь в подготовке к оперативному вмешательству. Одним из основных преимуществ виртуальных 3D-анатомических моделей является использование пространственного анализа, что позволяет хирургам выбирать оптимальные решения относительно планирования операции. В статье на примере описания клинического случая показано клиническое применение КТ-сканирования с трехмерной (3D) реконструкцией анатомических моделей при помощи быстрой технологии прототипов и дальнейшей 3D-печати модели. Автор делится клиническим опытом планирования ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при помощи 3D-моделирования.

Ключевые слова: эндопротезирование тазобедренного сустава, 3D-реконструкция, 3D-анатомические модели, оперативное вмешательство.