

## ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ЛІКУВАННІ ХВОРИХ ІЗ ДЕФЕКТАМИ КУЛЬШОВОЇ ЗАПАДИНИ

Гайко Г.В., Галузинський О.А., Козак Р.А.,  
Підгаєцький В.М., Бурбурська С.В.  
ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

**Резюме.** Методика 3D-моделювання з виготовленням ацетабулярного пластикового прототипу при лікуванні хворих із дефектами кульшової западини може бути рекомендована до впровадження у центри, які займаються ревізійним ендопротезуванням кульшового суглоба. **Мета.** Покращити діагностику дефектів кульшової западини за допомогою 3D-моделювання з виготовленням ацетабулярного пластикового прототипу. **Методи.** Представлено повідомлення про результати ревізійного ендопротезування 6 хворих із дефектами кульшової западини, що були прооперовані в клініці ортопедії та травматології дорослих ІГО НАМН України. У передопераційний період для діагностики дефектів кульшової западини та визначення тактики оперативного втручання використовували пластиковий прототип кульшової западини, виготовлений за допомогою 3D-технології. **Результати.** Використання запропонованої технології дозволило зменшити час оперативного втручання, інтраопераційну крововтрату та досягти хороших функціональних результатів у всіх прооперованих пацієнтів. **Висновки.** Адитивні технології є найбільш ефективним методом візуалізації складних кісткових дефектів та деформацій кісток. 3D-моделювання та виготовлення прототипу з ABS-пластику дозволяє підібрати оптимальну конструкцію імплантатів та визначити їх правильне просторове розташування в передопераційний період під час підготовки до ревізійного ендопротезування кульшового суглоба. Використання 3D-технологій дозволяє скоротити час оперативного втручання, зменшити кількість післяопераційних ускладнень та збільшити його ефективність і може бути рекомендовано до впровадження у центри, які займаються ревізійним та складним ендопротезуванням.

**Ключові слова:** ревізійне ендопротезування, дефекти кульшової западини, 3D-технології, пластиковий прототип.

### Вступ

Тотальне ендопротезування слід вважати найбільш ефективним оперативним втручанням при тяжких ураженнях кульшового суглоба [1-7, 13]. Зменшення больового синдрому, відновлення об'єму рухів та функції нижньої кінцівки в цілому робить цю операцію лідером у сучасній хірургії [8]. На сьогодні у світі виконується близько 1 млрд 500 млн ендопротезувань кульшового суглоба на рік.

Збільшується кількість і складних методів ендопротезування: у 20-34% випадків артропластика виконується у хворих, які раніше були оперовані з приводу травм та захворювань даного суглоба [9, 10]. При ендопротезуванні в умовах наявного в анамнезі оперативного втручання в ділянці кульшового суглоба хірург стикається з наступними проблемами: складність хірургічного доступу через рубцевозмінені м'які тканини, наявність металофіксаторів, що були встановлені раніше, порушення анатомічних взаємовідносин та дефекти елементів кульшового суглоба [12,

16, 17]. Лікування дефектів кісткової тканини в ділянці кульшової западини є найбільш складною проблемою у даній категорії хворих. До 34% ревізій виконуються з приводу невдалого встановлення ацетабулярного компонента при неадекватності кісткового ложа [15]. Основні причини дефектів – травматичне пошкодження кульшової западини та остеоліз – втрата кісткової тканини на фоні інфекції або асептичного розхитування компонентів ендопротезів. Інколи ці причини комбінуються.

Техніка реконструкції кульшової западини полягає у створенні необхідного для імплантації кісткового ложа: заповнення дефектів у стінках западини, створення стінок при їх відсутності. Усе це необхідно для досягнення цілей оперативного втручання: відновити центр ротації, правильно орієнтувати ацетабулярний компонент, забезпечити надійну фіксацію. Тому успіх оперативного втручання залежить у першу чергу від ретельного передопераційного планування, для якого часто недостатньо стандартних рентгенограм кульшового суглоба чи виконання комп'ютерної томографії.

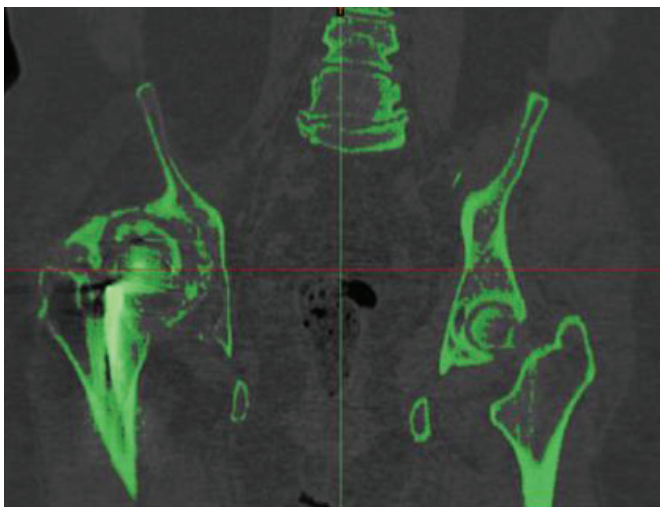
Оптимально оцінити об'єм кісткових дефектів, підібрати тип та розмір системи, що найкраще підходить для імплантації, вибрати напрямок введення гвинтів стало можливим завдяки використанню у медицині адитивних технологій: 3D-моделювання із подальшим виготовленням пластикового прототипу.

**Мета роботи** – покращити діагностику дефектів кульшової западини за допомогою 3D-моделювання з виготовленням ацетабулярного пластикового прототипу.

## Матеріали і методи

Наведено результати ендпротезування 6 хворих із дефектами кульшової западини, яким було проведено оперативне втручання у клініці ортопедії та травматології дорослих ІГО НАМН України. У 4 хворих причиною дефектів була асептична нестабільність ацетабулярного компонента ендпротеза. Ще у 2 хворих причиною остеолізу була септична нестабільність компонентів ендпротеза, ці пацієнти були госпіталізовані на ревізійне ендпротезування після вилучення спейсера кульшового суглоба. Хворі обстежені клінічно за системою оцінки стану W.H. Harris [11], у всіх пацієнтів відмічали негативний результат цієї оцінки (діапазон 46-56 балів). Усім хворим у передопераційний період було виконано стандартні рентгенограми та комп'ютерну томографію кульшових суглобів із метою побудови тривимірної моделі та пластикового прототипу ураженої кульшової западини.

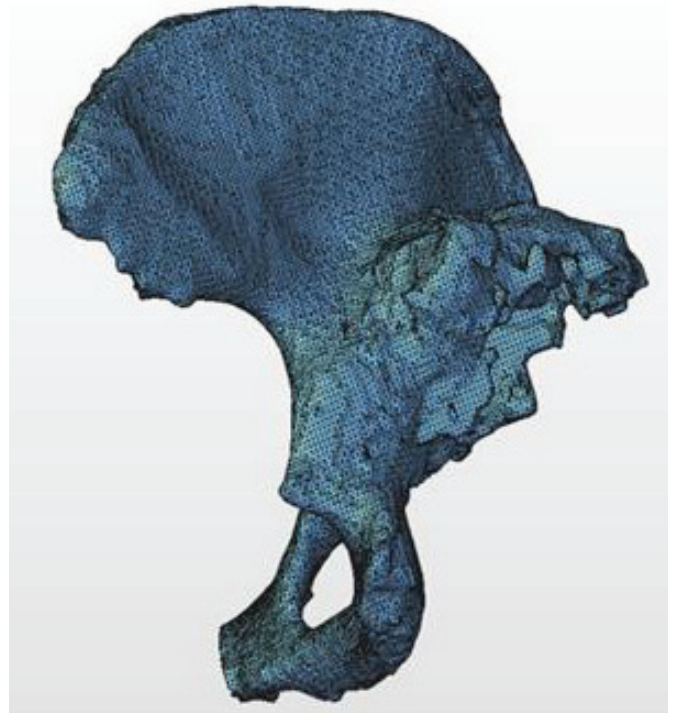
На першому етапі побудови тривимірної моделі (далі 3D-модель) ми обробляли двовимірні зображення комп'ютерної томографії (КТ) із використанням програми MIMICS (Materialises Interactive Medical Image Control System) – інтерактивного програмного пакету для візуалізації і сегментації зображень.



**Рис. 1.** Вигляд зображення комп'ютерної томографії правого кульшового суглоба після обробки з використанням програми MIMICS

Найбільш поширеним форматом введення для MIMICS є DICOM, але також підтримуються інші формати зображень, такі як: TIFF, JPEG, BMP і RAW. Інструментарій програми дозволяє обробляти дані КТ та МРТ пошарово та в різних площинах, що зумовлює додатковий аналіз кожного зрізу (спеціалістом ортопедом-травматологом) та високу точність побудови тривимірного зображення. Оброблене зображення зберігається в будь-якому з наступних форматів вихідних файлів залежно від подальшого застосування: STL, VRML, PLY і DXF. Основний формат файлів для тривимірного друку (3D-друк) – STL.

Другим етапом є експорт збереженого файлу в форматі STL у програму Autodesk NetFabb, в якій проводиться автоматичне і ручне виправлення та редагування 3D-моделі. Поверхня об'єктів у цьому форматі являє собою сукупність полігонів (Polygon mesh). Програма дає можливість спрогнозувати можливі спотворення, що виникають у виробі в ході 3D-друку безпосередньо до запуску у виробництво. На підставі цього інженер може скорегувати вихідний дизайн таким чином, щоб уникнути помилок під час 3D-друку.



**Рис. 2.** Вигляд 3D-моделі правого кульшового суглоба в форматі STL

Третім етапом є переведення готової 3D-моделі в програму “слайсер”, яка безпосередньо підходить до самого 3D-принтера, в нашому випадку Flash Pint. Flash Pint – це програма для перетворення тривимірної моделі в зрозумілий принтеру набір команд, званий g-code. На цьому етапі встановлюються кінцеві дані для 3D-друку, а саме: задають положення

деталі під час друку, розраховується тип та кількість підтримок, обирають оптимальну швидкість та температуру для друку.

Друк прототипу виконувався на 3D-принтері Flash Forge Guider II з ABS-пластику. Даний вид пластику легко обробляється фрезами та іншими хірургічними інструментами, що дає змогу зробити примірku вибраної імплантаційної системи.

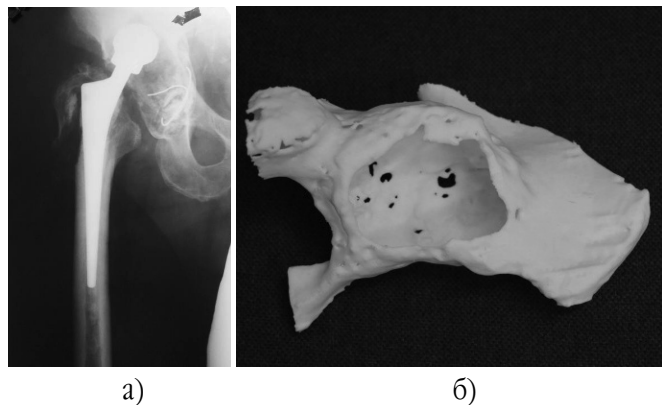
## Результати та їх обговорення

Використання з метою визначення характеристик (локалізація, величина) дефектів кульшової западини та можливість примірки імплантаційної системи в передопераційний період ревізійного ендпротезування ацетабулярного пластикового прототипу дозволило зменшити час оперативного втручання, інтраопераційну крововтрату та добитися хороших функціональних результатів. У післяопераційний період показники бальної оцінки за W.H. Harris [11] у 2 пацієнтів – відмінні, у 4 – хороші. Строк спостереження склав 1 рік.

Таким чином, використання пластикових прототипів на основі 3D-моделі з метою діагностики дефектів кульшової западини та підготовки до виконання ревізійного ендпротезування з приводу нестабільності ацетабулярного компонента ендпротеза показало свою високу ефективність та може бути рекомендовано для впровадження у центрах, які займаються цією тяжкою ортопедичною патологією.

### Клінічні приклади:

**1.** Хворий Ш., 75 років. Діагноз: правосторонній коксартроз IV ст., стан після ТЕП правого кульшового суглоба (2002 р.). Асептична нестабільність ацетабулярного компонента ендпротеза. Рентгенограма до оперативного втручання та пластикова модель кульшової западини представлені на рис. 3а та б.



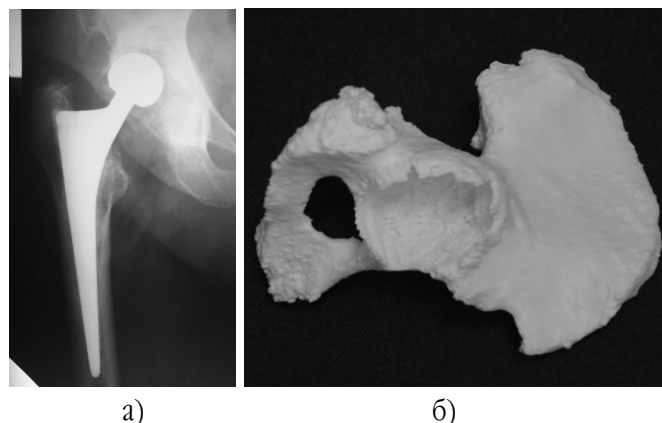
**Рис. 3.** Рентгенограма правого кульшового суглоба хворого Ш.: а) до оперативного втручання; б) пластиковий прототип кульшової западини: виявлено дефекти II B за W.G. Paprosky [14]

Виконано оперативне втручання: ревізійне ендпротезування правого кульшового суглоба: заміна нестабільної западини на безцементну западину “Biomet” із кістковою алопластикою (рис. 4).



**Рис. 4.** Рентгенограма кульшового суглоба хворого Ш. після виконання ревізійного оперативного втручання

**2.** Хвора В., 78 років. Діагноз: правосторонній коксартроз IV ст., стан після ТЕП правого кульшового суглоба (2004 р.). Асептична нестабільність ацетабулярного компонента ендпротеза. Рентгенограма до оперативного втручання та пластикова модель кульшової западини представлені на рис. 5а та б.



**Рис. 5.** Рентгенограма правого кульшового суглоба хворої В.: а) до оперативного втручання; б) пластиковий прототип кульшової западини: виявлено дефекти II B за W.G. Paprosky [14]

Виконано оперативне втручання: ревізійне ендпротезування правого кульшового суглоба: заміна не-

стабільної западини на безцементну западину "Biomet" із кістковою алопластиком (рис. 6).



**Рис. 6.** Рентгенограма кульшового суглоба хворої В. після виконання ревізійного оперативного втручання

3. Хвора Б., 56 років. Діагноз: ревматоїдний поліартрит, стан після ТЕРП правого кульшового суглоба (1996 р.). Асептична нестабільність ацетабулярного компонента ендпротеза. Рентгенограма до оперативного втручання та пластикова модель кульшової запади представлені на рис. 7а та б.



а) б)

**Рис. 7.** Рентгенограма правого кульшового суглоба хворої Б.: а) до оперативного втручання; б) пластиків прототип кульшової западини: виявлено масивні кісткові дефекти III А за W.G. Paprosky [14]

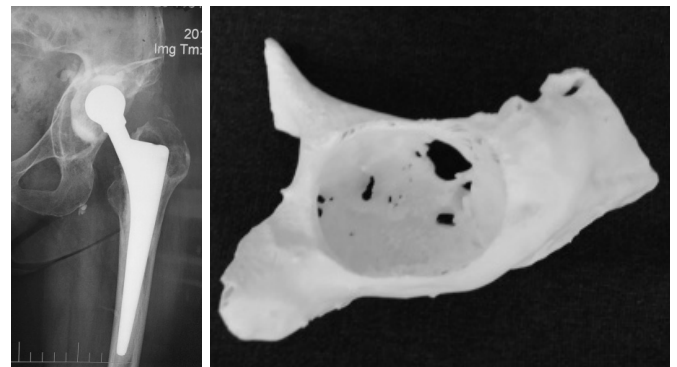
Проведене передопераційне планування дозволило виконати оперативне втручання: ревізійне ендпротезування правого кульшового суглоба: заміна нестабіль-

ної западини на ревізійну систему "Beznoska" з кістковою алопластиком (рис. 8).



**Рис. 8.** Рентгенограма кульшового суглоба хворої Б. після виконання ревізійного оперативного втручання

4. Хвора М., 54 роки. Діагноз: лівосторонній коксартроз, стан після ТЕРП лівого кульшового суглоба (2001 р.). Асептична нестабільність ацетабулярного компонента ендпротеза. Рентгенограма до оперативного втручання та пластикова модель кульшової западини представлені на рис. 9а та б.



а) б)

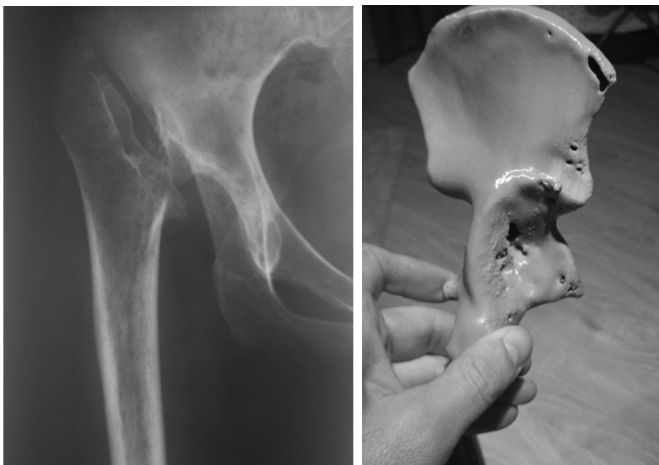
**Рис. 9.** Рентгенограма лівого кульшового суглоба хворої М.: а) до оперативного втручання; б) пластиків прототип кульшової западини: виявлено кісткові дефекти II В за W.G. Paprosky [14]

Проведене передопераційне планування дозволило виконати оперативне втручання: ревізійне ендпротезування лівого кульшового суглоба: заміна нестабільної западини на безцементну западину Smith & Nephew із кістковою алопластиком (рис. 10).



**Рис. 10.** Рентгенограма кульшового суглоба хворої М. після виконання ревізійного оперативного втручання

5. Хвора Ф., 40 років. Діагноз: дефект головки та шийки правої стегнової кістки, стан після операції ФНЕ, видалення компонентів ендопротеза правого кульшового суглоба. Рентгенограма до оперативного втручання та пластиковий прототип кульшової западини представлені на рис. 11а та б.



а)

б)

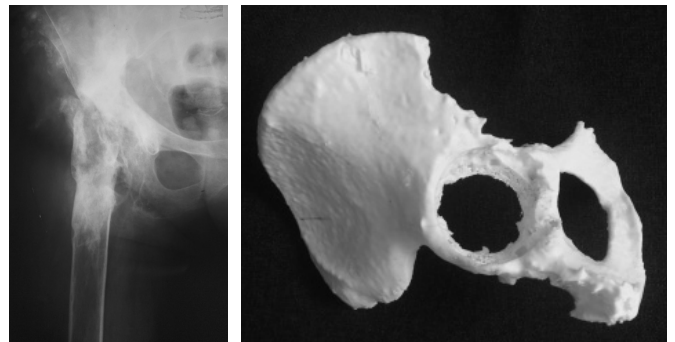
**Рис. 11.** Рентгенограма правого кульшового суглоба хворої Ф.: а) до оперативного втручання; б) пластиковий прототип кульшової западини: виявлено кісткові дефекти II В за W.G. Paprosky [14]

Проведене передопераційне планування дозволило виконати оперативне втручання: вкорочувальна підвертлюгова остеотомія правої стегнової кістки, ревізійне ендопротезування правого кульшового суглоба: безцементна западина Zimmer тантал з аугментом, ніжка Wagner Con (рис. 12).



**Рис. 12.** Рентгенограма кульшового суглоба хворої Ф. після виконання ревізійного оперативного втручання

6. Хвора Л., 58 років. Діагноз: дефект головки та шийки правої стегнової кістки, стан після операції ФНЕ, видалення компонентів ендопротеза правого кульшового суглоба, консолидований перелом проксимального відділу стегнової кістки. Рентгенограма до оперативного втручання та пластиковий прототип кульшової западини представлені на рис. 13а та б.

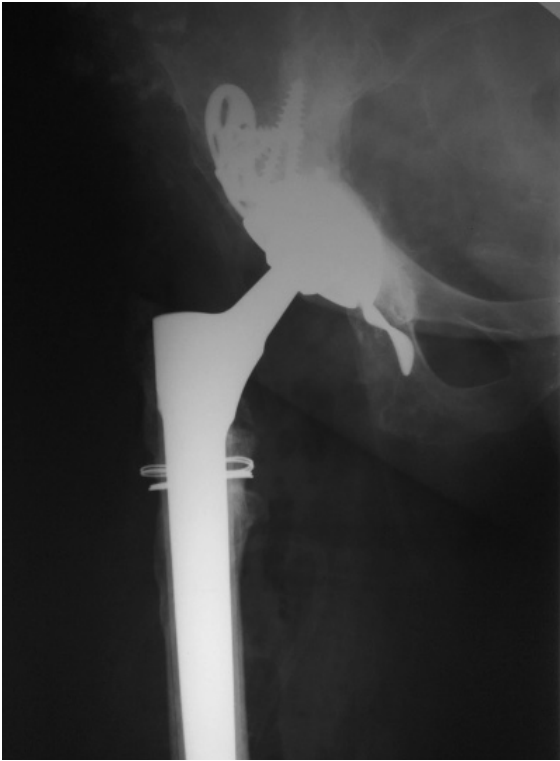


а)

б)

**Рис. 13.** Рентгенограма правого кульшового суглоба хворої Л.: а) до оперативного втручання; б) пластиковий прототип кульшової западини: виявлено кісткові дефекти III В за W.G. Paprosky [14]

Проведене передопераційне планування дозволило виконати оперативне втручання: ревізійне ендопротезування правого кульшового суглоба: ацетабулярна ревізійна система Zimmer Burch-Schneider, ніжка Wagner (рис. 14).



**Рис. 14.** Рентгенограма кульшового суглоба хворої Л. після виконання ревізійного оперативного втручання

## Висновки

1. Адитивні технології є найбільш ефективним методом візуалізації складних кісткових дефектів та деформацій кісток.

2. 3D-моделювання та виготовлення прототипу з ABS-пластику дозволяє підібрати оптимальну конструкцію імплантатів та визначити їх правильне просторове розташування у передопераційний період під час підготовки до ревізійного ендопротезування кульшового суглоба.

3. Використання 3D-технологій дозволяє скоротити час оперативного втручання, зменшити кількість післяопераційних ускладнень та збільшити їх ефективність та може бути рекомендоване до впровадження в центри, які займаються ревізійним та складним ендопротезуванням.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів під час підготовки статті.

## **THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE TREATMENT OF ACETABULUM DEFECTS**

*Gayko G.V., Haluzynskyi O.A., Kozak R.A., Pidbaietskyi V.M., Burburska S.V.*

**Summary. Relevance.** The technique of 3D modeling with the manufacture of an acetabular plastic prototype in the treatment of patients with acetabular defects can be recommended for introduction to the centers involved in the hip joint revision. **Objective:** to improve diagnostics

## Література

1. *Волошенко А.Н.* Диспластический коксартроз (хирургическое лечение взрослых) / *А.Н. Волошенко*. – Минск, 2003. – 100 с.
2. *Волченко Д.В.* Оценка качества жизни пациентов с травмами и заболеваниями тазобедренного сустава / *Д.В. Волченко, Н.И. Ким* // Вестник РГМУ. – 2005. – С. 54–55.
3. *Пиммельфарб А.Л.* Хирургическое лечение коксартроза: дис. на соискание науч. степени д-ра мед. наук / *А.Л. Пиммельфарб*. – Казань, 1982. – 244 с.
4. *Загородний Н.В.* Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава с парой трения из современной керамики / *Н.В. Загородний, Т.О. Скитенко, Н.Г. Захарян* [и др.] // Информационный бюллетень "Update Orthopaedics". – 2014. – № 1. – С. 2–4.
5. *Тихилов Р.М.* Деформирующий артроз тазобедренного сустава (клиника, диагностика, хирургическое лечение) / *Р.М. Тихилов, В.М. Шаповалов*. – СПб: Правда, 1999. – 112 с.
6. *Шаповалов В.М.* Результаты эндопротезирования тазобедренного сустава после переломов вертлужной впадины / *В.М. Шаповалов, В.А. Аверкиев, В.А. Артох* // Лечение сочетанных травм и поврежденный конечностей. – М., 2008. – С. 91.
7. *Шапошников Ю.Г.* Травматология и ортопедия. Руководство для врачей / *Ю.Г. Шапошников*. – М.: Медицина, 1997. – Т. 3. – С. 67–68.
8. *Шерено Н.К.* Асептическая нестабильность протеза как основная проблема тотального эндопротезирования тазобедренного сустава: пути решения / *Н.К. Шерено, К.М. Шерено* // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2007. – № 1. – С.43–47.
9. *Berry D.J.* Options and outcomes in Managing Recurrent Hip Insi Annual Meeting AAOS, Instructional Course Lecture Handout, San-Francisco / *D.J. Berry*. – San-Francisco, 2004. – 312 p.
10. *Cooperman D.R.* Acetabular dysplasia in the adult / *D.R. Cooperman, R.Wallensten, S.D. Stulberg* // Clin. Orthop. – 1983. – Vol. 175. – P. 79–85.
11. *Harris W.H.* Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures treatment by mold arthroplasty. An end result study using a new method of resault evaluation / *W.H. Harris* // J. Bone Jt. Surg. – 1969. – Vol. 51-A. – P. 737–743.
12. *Harris W.H.* Allografting in total hip arthroplasty: in adults with severe acetabular deficiency including a surgical technique for bolting the graft to the ilium / *W.H. Harris* // Clin. Orthop. – 1982. – Vol. 162. – P. 150–164.
13. *Muller M.E.* Total Hip Prostheses / *M.E. Muller* // Clin. Orthop. and Rel. Res. – 1970. – Vol. 72. – P. 46–68.
14. *Paprosky W.* Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty: a 6-year follow-up evaluation / *W. Paprosky, P. Perona, J. Lawrence* // J. Arthroplasty. – 1994. – Vol. 9 (1). – P. 33–44.
15. *Regis D.* Long-term results of anti-protrusion cage and massive allografts for the management of periprosthetic acetabular bone loss / *D. Regis, B. Magnan, A. Sandri* [et al.] // J. Arthroplasty. – 2008. – № 23. – P. 826–832.
16. *Sharkey P.* Intraoperative periprosthetic fractures of the acetabulum / *P. Sharkey, W. Hozack, J. Callaghan* // J. Arthroplasty. – 1991. – № 3. – P. 45–49.
17. *Sporer S.M.* The treatment of pelvic discontinuity during acetabular revision / *S.M. Sporer, M. O'Rourke, W.G. Paprosky* // J. Arthroplasty. – 2005. – Vol. 20, № 4. – P. 79–84.

of acetabulum defects using 3D modeling with the manufacture of an acetabular plastic prototype. **Materials and Methods.** The report on the results of the revision endoprosthetics of 6 patients with acetabular defects, who were operated on in the Department of adults traumatology and orthopedics of SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine" was presented. In the preoperative period, a plastic prototype of the acetabulum was made using the 3D technology for the diagnosis of acetabular flaws and the definition of tactics for surgery. **Results.** The proposed technology allowed to reduce the time of surgery, intraoperative blood loss and achieve good functional results in all operated patients. **Conclusions:** additive technology is the most effective method of visualization of complex bone defects and deformations of bones. 3D modeling and manufacturing of a prototype of ABS plastic allows to select the optimal design of implants and determine their correct spatial location in the reoperative period in preparation for revision hip replacement. The use of 3D technologies allows to reduce the time of surgical intervention, to reduce the number of postoperative complications and to increase its effectiveness; it can be recommended for introduction into the centers engaged in revision and complex endoprosthetics.

**Key words:** endoprosthetics, acetabulum defects, 3D technologies, plastic prototype.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С ДЕФЕКТАМИ ВЕРТЛУЖНОЙ ВПАДИНЫ**

Гайко Г.В., Галузинский А.А., Козак Р.А., Пидгаецкий В.М., Бурбурская С.В.

**Резюме.** Методика 3D-моделирования с изготовлением ацетабулярного пластикового прототипа при лечении больных с дефектами вертлужной впадины может быть рекомендована к внедрению в центры, занимающиеся ревизионным эндопротезированием тазобедренного сустава. **Цель.** Улучшить диагностику дефектов вертлужной впадины с помощью 3D-моделирования с изготовлением ацетабулярного пластикового прототипа. **Методы.** Представлено сообщение о результатах ревизионного эндопротезирования 6 больных с дефектами вертлужной впадины, которым была проведена операция в клинике ортопедии и травматологии взрослых ИТО НАМН Украины. В предоперационный период для диагностики дефектов вертлужной впадины и определения тактики оперативного вмешательства использовали пластиковый прототип вертлужной впадины, изготовленный с помощью 3D-технологии. **Результаты.** Использование предлагаемой технологии позволило уменьшить время оперативного вмешательства, интраоперационную кровопотерю и добиться хороших функциональных результатов у всех прооперированных пациентов. **Выводы.** Аддитивные технологии являются наиболее эффективным методом визуализации сложных костных дефектов и деформаций костей. 3D-моделирование и изготовление прототипа из ABS-пластика позволяет подобрать оптимальную конструкцию имплантатов и определить их правильное пространственное расположение в предоперационный период при подготовке к ревизионному эндопротезированию тазобедренного сустава. Использование 3D-технологий позволяет сократить время оперативного вмешательства, уменьшить количество послеоперационных осложнений и повысить его эффективность и может быть рекомендовано к внедрению в центры, занимающиеся ревизионным и сложным эндопротезированием.

**Ключевые слова:** ревизионное эндопротезирование, дефекты вертлужной впадины, 3D-технологии, пластиковый прототип.