

Ю.О. Безсмертний  
В.І. Шевчук  
Д.В. Бондаренко

## ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОПЕРАТИВНИЙ ОРТОПЕДІЇ

НДІ реабілітації осіб з інвалідністю ВНМУ ім. М.І. Пирогова

**Анотація.** Виконано аналіз ефективності діагностичної цінності використання адитивних технологій при доопераційній підготовці хворих із ортопедо-травматологічною патологією. Матеріалом дослідження було 3D-моделювання та виготовлення пластикових прототипів у 14 пацієнтів, яким проведено складне ревізійне ендопротезування кульшового суглоба. Застосування адитивних технологій дало можливість досягти добрих і відмінних функціональних результатів у всіх хворих у ранньому післяопераційному періоді.

**Ключові слова:** 3D-моделювання. пластикові прототипи. доопераційна підготовка хворих.

**Вступ.** Адитивні (3D) технології активно впроваджуються у повсякденну медичну практику. 3D-моделювання та прототипування застосовуються в різних галузях хірургії при плануванні та виконанні оперативних втручань [1-3]. У наш час розробка нових і впровадження відомих методик 3D-моделювання та прототипування в комплексі діагностичних заходів при травматологічній та ортопедичній патології — перспективний напрямок, що є цікавим як з наукової, так і з практичної точки зору [4-6].

**Мета роботи.** Визначити діагностичну цінність використання адитивних технологій при доопераційній підготовці хворих із ортопедо-травматологічною патологією.

**Результат.** 3D-моделювання та виготовлення пластикових прототипів виконано у 14 пацієнтів, яким проведено складне ревізійне ендопротезування кульшового суглоба. Хворим у доопераційному періоді виконувались стандартні рентгенограми та комп'ютерну томографію уражених сегментів з метою побудови тривимірної моделі та пластикового прототипу ураженого сегмента [7-10]

Першим етапом створення фізичної 3D-моделі є обробка двовимірних зображень КТ- та МРТ-сканування. Аналіз, очищення артефактів відбувається на кожному зрізі та в трьох площинах конкретного дослідження, отриманого за допомогою променевої діагностики, що зумовлює додатковий аналіз кожного зрізу спеціалістом ортопедом-травматологом та високу точність у побудові тривимірного зображення.

Для обробки двовимірних зображень використовується спеціалізоване програмне забезпечення. Найбільш поширеним форматом введення даних для цих програм є DICOM, але також підтримуються інші формати зображень, такі як TIFF, JPEG, BMP і RAW. Основний формат файлів для тривимірного друку — STL.

Другим етапом є експорт збереженого файлу в форматі STL у програму Autodesk NetFabb, в якій проводиться автоматичне й ручне виправлення та редагування 3D-моделі. Поверхня об'єктів у цьому форматі являє собою сукупність полігонів (Polygon mesh). Інтелектуальні скрипти можуть автоматично аналізувати поверхні, виправляти помилки сіток, покращувати точність моделей шляхом повторної триангуляції, усувати просторові колізії та інші помилки. Програма дає можливість спрогнозувати можливі спотворення, що виникають у виробі під час 3D-друку, безпосередньо до запуску у виробництво.

Третім етапом є переведення готової 3D-моделі у програму «слайсер», яка безпосередньо підходить до самого 3D-принтера, в нашому випадку Flash Print. На цьому етапі встановлюються кінцеві дані для 3D-друку, а саме: задають положення деталі під час друку, розраховується тип та кількість підтримок, задають щільність заповнення моделі, обирають оптимальну швидкість та температуру для друку. Принтер друкує пластиковий прототип кістки в натуральну величину. Даний вид пластику легко обробляється фрезами та іншими хірургічними інструментами, що дає змогу примірити вибрану імплантаційну систему.

Пластикові моделі застосовувались у процесі передопераційної підготовки до складного та ревізійного ендопротезування кульшового суглоба. Ця технологія дає можливість оцінити розміри дефектів, точно підібрати ревізійну систему. Використання з метою визначення характеристик

дефектів кульшової западини чи проксимального відділу стегнової кістки та можливість примірки імплантаційної системи в передопераційному періоді хворих із нестабільністю компонентів ендопротезу кульшового суглоба пластикового прототипу дозволило зменшити час оперативного втручання, інтраопераційну крововтрату та добитися добрих функціональних результатів.

### Висновки

1. Проведене дослідження визначило високу діагностичну цінність використання адитивних технологій при доопераційній підготовці хворих із різною ортопедо-травматологічною патологією.
2. 3D-моделювання та виготовлення пластикового прототипу дозволяє підібрати оптимальну конструкцію імплантів та визначити їх правильне просторове розташування під час підготовки до оперативного втручання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 3D-Printed Biopolymers for Tissue Engineering Application / Xiaoming LI., Rongrong C., Lianwen S. et al. // International Journal of Polymer Science. — 2014. — Article: ID 829145.
2. Application of the polystyrene model made by 3D-printing rapid prototyping technology for operation planning in revision lumbar discectomy / Li C., Yang M., Xie Y. et al. // J. Orthop. Sci. — 2015. — № 20. — P. 475-480.
3. Berasi CC, Berend KR, Adams JB, Ruh EL, Lombardi AV. Are Custom Triflange Acetabular Components Effective for Reconstruction of Catastrophic Bone Loss? Clin Orthop Relat Res. 2015; 473(2): 528–535. doi: 10.1007/s11999-014-3969-z.
4. Goodman GP, Engh CA Jr. The custom triflange cup: build it and they will come. Bone Joint J. 2016;98-B(1 Suppl A):68-72. doi: 10.1302/0301-620X.98B.36354. 4
5. Li H, Qu X, Mao Y, Dai K, Zhu Z. Custom Acetabular Cages Offer Stable Fixation and Improved Hip Scores for Revision THA With Severe Bone Defects. Clin Orthop Relat Res. 2016;474(3):731-40. doi: 10.1007/s11999-015-4587-0.
6. Löchel J, Janz V, Hipfl C, Perka C, Wassilew GI. Reconstruction of acetabular defects with porous tantalum shells and augments in revision total hip arthroplasty at ten-year follow-up. Bone Joint J. 2019;101-B(3):311-316. doi: 10.1302/0301-620X.101B3.BJJ-2018-0959
7. Yurii O. Bezsmertnyi, Viktor I. Shevchuk, Sergii V. Pavlov, "Prognosis of efficacy of medical and social rehabilitation in disabled individuals with respiratory diseases", Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019, 1117633 (6 November 2019); <https://doi.org/10.1117/12.2537340>.
8. Yurii O. Bezsmertnyi, Sergii V. Pavlov, and etc. "Information model for forecasting of violation reparative osteogenesis of long bonds", Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019, 111762A (6 November 2019); <https://doi.org/10.1117/12.2536250>.
9. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>. eBook ISBN 9780429057618.
10. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages. <https://doi.org/10.1201/9781315098050>. eBook ISBN 9781315098050.

**Безсмертний Юрій Олексійович** – д.мед.н., професор, заступник директора з наукової роботи НДІ РОІ ВНМУ ім. М.І. Пирогова, [bezsmertnyiyurii@gmail.com](mailto:bezsmertnyiyurii@gmail.com)

**Шевчук Віктор Іванович** - д.мед.н., професор, директор НДІ РОІ ВНМУ ім. М.І. Пирогова, [reab@ukr.net](mailto:reab@ukr.net)

**Бондаренко Дмитро Вадимович** - науковий співробітник НДІ РОІ ВНМУ ім. М.І. Пирогова, [dmytrobondarenko97@gmail.com](mailto:dmytrobondarenko97@gmail.com)

### THE USAGE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN SURGICAL ORTHOPEDICS

**Abstract.** The analysis of the diagnostic effectiveness value of the use of additive technologies in the preoperative preparation of patients with orthopedic and traumatological pathology was performed. The material of the study was 3D modeling and production of plastic prototypes in 14 patients who underwent complex revision hip joint replacement. The use of additive technologies made it possible to achieve good and excellent functional results in all patients in the early postoperative period.

**Keywords:** 3D modeling. plastic prototypes. preoperative preparation of patients.

**Bezsmertnyi Yurii Oleksiyovych** - Ph.D.,MD, professor, deputy for Research, Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, [bezsmertnyiyurii@gmail.com](mailto:bezsmertnyiyurii@gmail.com)

**Shevchuk Viktor Ivanovych** - Ph.D.,MD, professor, director of the Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, [reab@ukr.net](mailto:reab@ukr.net)

**Bondarenko Dmytro Vadimovych** - researcher of the Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, [dmytrobondarenko97@gmail.com](mailto:dmytrobondarenko97@gmail.com)