

## 3D-ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ ТА СУДОВО-МЕДИЧНІЙ ПРАКТИЦІ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Франчук В.В.

Тернопільський національний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського,  
м. Тернопіль, Україна

**Резюме.** У статті узагальнені дані літератури та проведений аналіз сучасного стану, перспектив впровадження 3D-технологій у медицині та судово-медичній практиці. Висвітлене важливе значення просторового тривимірного моделювання для медичної візуалізації та діагностики захворювань, тактики хірургічного лікування, ефективної трансплантації, виготовлення індивідуальних протезів, імплантатів, створення навчальних моделей, покращення об'єктивності та наочності судово-медичних експертиз.

**Ключові слова:** 3D-технології, медицина, судово-медична експертиза, тривимірне просторове моделювання.

**Вступ.** В умовах сьогодення сучасні медичні технології, методи 3D-моделювання та 3D-друку досить широко впроваджуються в медицину та судово-медичну практику. Все більшої популярності 3D-технології набувають для цифрової 3D-візуалізації необхідних структур, при створенні медичних 3D-моделей тканин та органів людини, для ретроспективної діагностики зняття травми в судово-медичній практиці. Друковані високоточні індивідуалізовані імплантати широко використовуються в щелепно-лицевій хірургії, стоматології, травматології й ортопедії, інших галузях медицини. [1-3]

За допомогою 3D-друку вдосконалюється хірургічне планування, скорочується час операцій, зменшується ризик післяопераційних ускладнень, оскільки надруковані 3D-об'єкти допомагають у вивченні складних випадків і попередньому відпрацюванні хірургічних процедур, виготовленні індивідуалізованих ендопротезів з відтворенням анатомічних особливостей конкретного пацієнта, значно спрощують процес проведення операції. [4]

Одним з досить поширених методів спеціального лікування різноманітних патологічних станів є трансплантація. Водночас відсоток людей, готових стати донорами, на сьогодні досить невеликий і створюється ситуація, при якій попит на пересадку того чи іншого органа перевищує реальні можливості. Запровадження у світовій медицині останніми роками 3D-біопринтингу дає можливість скоротити гостру нестачу донорських органів для проведення так званої «традиційної» трансплантації. При здійсненні 3D-біопринтингу використовують конгломерати клітин і спеціальний гідрогель, внаслідок чого шляхом проштовхування в'язкої консистенції через спеціальний отвір здійснюється друк органів. [5] 3D-біопринтинг дозволяє нарощувати органи та друкувати аналоги біологічних тканин, зокрема серця людини, створювати зі стовбурових клітин повноцінні копії кісток, хрящів і суглобів для ендопротезування, планувати та відпрацьовувати тактику хірургічних втручань, підвищувати ефективність рентгенодіагностики, створювати навчальні 3D-моделі тощо. [6-8]

Вагомий внесок у розвиток 3D-моделювання та 3D-друку в медицині останніми роками зробила пандемія COVID-19. Тривимірне просторове моделювання використовувалося як для створення об'ємних моделей вірусу, так і для виготовлення засобів індивідуального захисту. Під час розпаду пандемії у 2020 р. відбулося сильне перенавантаження промислових об'єктів стосовно виготовлення засобів індивідуального захисту, спостерігалися значні логістичні проблеми. Саме тому в медичній галузі відмічалось активне впровадження методів 3D-моделювання та 3D-друку. Через досить часту потребу пацієнтів з важким перебігом COVID-19 у додатковій оксигенації Filip Kober [9] за допомогою програмного забезпечення GrabCAD розробив

3D-модель нерегульованого клапана Вентурі, що допомагає підвищити оксигенацію при встановленні швидкості додаткової подачі кисню. 3D-друк також використовували для виготовлення індивідуальних захисних масок органів дихання або ж повно-лицевих засобів захисту, індивідуальних засобів відкриття дверей з метою уникнення прямого контакту шкіри та дверних ручок.

У світовій судово-медичній практиці теж усе частіше відбувається застосування 3D-технологій під час проведення судово-медичних експертиз і формулювання підсумків. Існують певні труднощі з презентацією судово-медичних висновків, що базуються на об'ємних моделях. Тому починають набувати популярності інтерактивні 3D-PDF-файли. Вони містять у собі 3D-інформацію, що допомагає слідчим органам чи суду присяжних найбільш об'єктивно в повному обсязі оцінити та зрозуміти надані докази, що були виявлені в ході проведення експертизи. Для роботи з такими файлами не потрібне дороге програмне забезпечення, достатньо лише програм для роботи з PDF-документами на зразок «Adobe Acrobat». [10]

Важливим аспектом сучасної роботи судово-медичних експертів стає створення 3D-документації всього тіла. Порівняно з класичною фотографією тілесних ушкоджень формування об'ємної моделі всього тіла з фіксацією наявних тілесних ушкоджень дозволяє проводити вимірювання як самих тілесних ушкоджень, так і їхнього розташування на тілі відносно анатомічних структур. Створення 3D-моделі всього тіла забезпечує довготривале збереження інформації щодо морфологічних особливостей тілесних ушкоджень не тільки померлих, а й живих потерпілих осіб. Такий вид цифрової документації дає можливість об'єктивної оцінки та розуміння механізму утворення травми, дозволяє проводити повторні чи комісійні експертизи з максимальною об'єктивністю. Беззаперечною перевагою за таких умов є можливість демонстрації 3D-моделі з наявними тілесними ушкодженнями під час судового засідання, що дозволяє у випадку суду присяжних найбільш точно та наочно продемонструвати ушкодження, пояснити механізми їх утворення людям, які не є фахівцями в галузі судової медицини, проте від них залежить рішення суду. [11]

Окрім створення цифрових 3D-моделей і баз речових доказів, у судово-медичну практику впроваджується і 3D-друк. Сучасні технології дозволяють отримувати об'ємні моделі не лише на основі фотограмметрії чи використання 3D-сканерів, а й створювати їх на основі комп'ютерної чи магнітно-резонансної томографії. Можливим є друк об'ємних моделей окремих ділянок тіла з тілесними ушкодженнями. Авторами описана можливість друку об'ємної моделі черепа людини з наявним вогнепальним ушкодженням і проведено дослідження точності надрукованих моделей кісток порівняно з їхніми вихідними параметрами. [12,13] Дані моделі можна використовувати як для практичної діяльності судово-медичних експертів і слідчих органів, так і в навчальному процесі. Зважаючи на те, що нині заборонено вилучати з навчальною метою біологічні об'єкти, надруковані 3D-моделі, що відтворюють морфологічні особливості ушкоджень кісткової тканини з високою точністю, можуть їх повністю замінити.

Як видно з аналізу літературних джерел, сучасні методи 3D-сканування, 3D-моделювання, 3D-друку та технологій віртуальної реальності знаходять широке застосування в медицині, судово-медичній і медико-криміналістичній практиці. Нині в науковій літературі з'являються поодинокі публікації стосовно тривимірного просторового моделювання в судовій медицині для реконструкції вогнепальних ушкоджень та при гострій травмі. [14,15]

**Висновок.** Проведений аналіз сучасного стану та перспектив впровадження 3D-технологій у медицину та судово-медичну практику свідчить про актуальність методів тривимірного просторового моделювання, їхні ефективність, наочність і високу точність у діагностиці та лікуванні патологічних процесів, ідентифікації знарядь травми в судовій медицині.

## Література

1. Павленко МО. Застосування трьохвимірних технологій при протезуванні повними знімними протезами. Современная стоматология. 2014;1:128-9.

2. Зазірний ІМ. Застосування 3D-друку при підготовці до ревізійного ендопротезування кульшового суглоба. Вісник ортопедії, травматології та протезування. 2017;4:75-9.
3. Павлик АВ, Біда ОВ. Використання адитивних технологій в стоматології. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник української медичної стоматологічної академії. 2017;17(1):321-5.
4. Lal H, Patralekh MK. 3D printing and its applications in orthopaedic trauma: A technological marvel. J Clin Orthop Trauma. 2018;9(3):260-8. doi: 10.1016/j.jcot.2018.07.022
5. Crawford M. Creating Valve Tissue Using 3-D Bioprinting. The American Society of Mechanical Engineers [Internet]. 2013 May [cited 2022 Mar 21]. Available from: <https://www.asme.org/topics-resources/content/creating-valve-tissue-using-3d-bioprinting>
6. Велика епоха. Кононенко М. 3D-принтер надрукує органи для трансплантації [Інтернет]. 2017. [оновлено 2017 Лип 19; цитовано 2022 Бер 21]. Доступно: <https://www.epochtimes.com.ua/novi-tekhnohohiyi/3d-prynter-nadrukuye-organy-dlya-transplantaciyi-125160>
7. Hochman JB, Kraut J, Kazmerik K, Unger BJ. Generation of a 3D printed temporal bone model with internal fidelity and validation of the mechanical construct. Otolaryngol Head Neck Surg. 2014;150(3):448-54. doi: 10.1177/0194599813518008
8. Шавшин ОС. 3D моделювання в хірургії та трансплантології. Інтернаука [Інтернет]. 2017 Бер [цитовано 2022 Бер 21];3. Доступно: <https://www.inter-nauka.com/uploads/public/14908804375649.pdf>
9. Tino R, Moore R, Antoline S., Ravi P, Wake N, Ionita CN, et al. COVID-19 and the role of 3D printing in medicine. 3D Print Med [Internet]. 2020 Apr [cited 2022 Mar 21];6,11. doi: 10.1186/s41205-020-00064-7
10. Kottner S, Flach PM, Gascho D, Ampanozi G, Thali M, Ebert LC. Communicating 3D data – interactive 3D PDF documents for expert reports and scientific publications in the field of forensic medicine. Int J Legal Med. 2020;134(3):1175-83. doi: 10.1007/s00414-019-02156-4
11. Sieberth T, Ebert LC, Gentile S, Fliss B. Clinical forensic height measurements on injured people using a multi camera device for 3D documentation. Forensic Sci Med Pathol. 2020;16:586-94. doi: 10.1007/s12024-020-00282-9
12. Carew RM, Morgan RM, Rando C. A Preliminary Investigation into the Accuracy of 3D Modeling and 3D Printing in Forensic Anthropology Evidence Reconstruction. J Forensic Sci. 2019;64(2):342-52. doi: 10.1111/1556-4029.13917
13. Schweitzer W, Thali M, Aldomar E, Ebert L. Overview of the use of 3D printing in forensic medicine. Rechtsmedizin. 2020;30:292-9. doi: 10.1007/s00194-020-00412-1
14. Бачинський ВТ, Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних ушкоджень у практиці судової медицини. Сучасні медичні технології. 2019;4(43):43-6. doi: 10.34287/ММТ.4(43).2019.8
15. Kyshkan P, Savka I. Practical value of 3D modeling method of experimental wound channel during forensic examination of stab wound. Med Sci. 2021;25(110):907-16.

## References

1. Pavlenko MO. Zastosuvannia tr'okhvymirnykh tekhnolohii pry protezuvanni povnymy znimnymy protezamy [Application of three-dimensional technologies in prosthetics with complete removable prostheses]. Sovremennaya stomatologiya. 2014;1:128-9. (in Ukrainian)
2. Zazirnyi IM. Zastosuvannia 3D-druku pry pidhotovtsi do reviziinoho endoprotezuvannia kul'shovoho suhloba [Application of 3D printing at preparation for hip revision arthroplasty]. Visnyk ortopedii, travmatolohii ta protezuvannia. 2017;4:75-9. (in Ukrainian)
3. Pavlyk AV, Bida OV. Vykorystannia adytyvnykh tekhnolohii v stomatolohii [Additive technologies in dentistry]. Aktual'ni problemy suchasnoi medytsyny: Visnyk ukrains'koi medychnoi stomatolohichnoi akademii. 2017;17(1):321-5. (in Ukrainian)

4. Lal H, Patralekh MK. 3D printing and its applications in orthopaedic trauma: A technological marvel. *J Clin Orthop Trauma*. 2018;9(3):260-8. doi: 10.1016/j.jcot.2018.07.022
5. Crawford M. Creating Valve Tissue Using 3-D Bioprinting. The American Society of Mechanical Engineers [Internet]. 2013 May [cited 2022 Mar 21]. Available from: <https://www.asme.org/topics-resources/content/creating-valve-tissue-using-3d-bioprinting>
6. Velyka epokha. Kononenko M. 3D-принтер надрукує органи для трансплантації [The 3D printer prints organs for transplantation] [Internet]. 2017. [оновлено 2017 Лип 19; цитовано 2022 Бер 21]. Доступно: <https://www.epochtimes.com.ua/novi-tekhnohiiyi/3d-prynter-nadrुकuye-organy-dlya-transplantaciyi-125160> (in Ukrainian)
7. Hochman JB, Kraut J, Kazmerik K, Unger BJ. Generation of a 3D printed temporal bone model with internal fidelity and validation of the mechanical construct. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2014;150(3):448-54. doi: 10.1177/0194599813518008
8. Shavshyn OS. 3D моделювання в хірургії та трансплантації [3D modeling in surgery and transplantation]. *Internauka* [Internet]. 2017 Бер [цитовано 2022 Бер 21];3. Доступно: <https://www.inter-nauka.com/uploads/public/14908804375649.pdf> (in Ukrainian)
9. Tino R, Moore R, Antoline S., Ravi P, Wake N, Ionita CN, et al. COVID-19 and the role of 3D printing in medicine. *3D Print Med* [Internet]. 2020 Apr [cited 2022 Mar 21];6,11. doi: 10.1186/s41205-020-00064-7
10. Kottner S, Flach PM, Gascho D, Ampanozi G, Thali M, Ebert LC. Communicating 3D data – interactive 3D PDF documents for expert reports and scientific publications in the field of forensic medicine. *Int J Legal Med*. 2020;134(3):1175-83. doi: 10.1007/s00414-019-02156-4
11. Sieberth T, Ebert LC, Gentile S, Fliss B. Clinical forensic height measurements on injured people using a multi camera device for 3D documentation. *Forensic Sci Med Pathol*. 2020;16:586-94. doi: 10.1007/s12024-020-00282-9
12. Carew RM, Morgan RM, Rando C. A Preliminary Investigation into the Accuracy of 3D Modeling and 3D Printing in Forensic Anthropology Evidence Reconstruction. *J Forensic Sci*. 2019;64(2):342-52. doi: 10.1111/1556-4029.13917
13. Schweitzer W, Thali M, Aldomar E, Ebert L. Overview of the use of 3D printing in forensic medicine. *Rechtsmedizin*. 2020;30:292-9. doi: 10.1007/s00194-020-00412-1
14. Bachyns'kyi VT, Zmiiiev's'ka YuH, Savka IH. Tryvymirna prostorova rekonstruktsiia vohnepal'nykh ushkodzen' u praktytsi sudovoi medytsyny [Three-dimensional spatial reconstruction of gunshot wounds in the practice of forensic medicine]. *Suchasni medychni tekhnolohii*. 2019;4(43):43-6. doi: 10.34287/MMT.4(43).2019.8 (in Ukrainian)
15. Kyshkan P, Savka I. Practical value of 3D modeling method of experimental wound channel during forensic examination of stab wound. *Med Sci*. 2021;25(110):907-16.

### **3D-TECHNOLOGIES IN MEDICINE AND FORENSIC MEDICAL PRACTICE: CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION**

**Franchuk V.V.**

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine

**Summary.** The article summarizes the literature data and analyzes the current state and prospects for the introduction of 3D-technologies in medicine and forensic practice. The importance of spatial three-dimensional modeling for medical imaging and diagnosis of diseases, tactics of surgical treatment, effective transplantation, manufacturing of individual prostheses, implants, creating training models and improving the objectivity and accuracy of forensic examinations is highlighted.

**Keywords:** 3D-technologies, medicine, forensic medical examination, three-dimensional spatial modeling.

**Відомості про автора:**

Франчук В.В. – доктор медичних наук, професор кафедри патологічної анатомії з секційним курсом та судовою медициною Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського, м. Тернопіль, Україна, e-mail: franchukv@tdmu.edu.ua

**Information about author:**

Franchuk V.V. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Pathological Anatomy with a sectional course and forensic medicine of I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: franchukv@tdmu.edu.ua