SCI-CONF.COM.UA

INNOVATION AND DEVELOPMENT IN WORLD SCIENCE



PROCEEDINGS OF VIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE MAY 25-27, 2026

ZURICH 2026

INNOVATION AND DEVELOPMENT IN WORLD SCIENCE

Proceedings of VIII International Scientific and Practical Conference

Zurich, Switzerland

25-27 May 2026

Zurich, Switzerland

2026

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУ У ВІДНОВЛЮВАЛЬНІЙ ХІРУРГІЇ ПІСЛЯ ТРАВМАТИЧНИХ УШКОДЖЕНЬ

Новікова Анна Миколаївна
студентка 4 курсу 3 медичного факультету, спеціальність «Медицина»
Харківський національний медичний університет
Карелін Максим Леонідович
студент 4 курсу 3 медичного факультету, спеціальність «Медицина»
Харківський національний медичний університет
Яковенко Еліна Валеріївна
студентка 4 курсу 3 медичного факультету, спеціальність «Медицина»
Харківський національний медичний університет
Кучеренко Богдан Юрійович
Асистент кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги,
ортопедії, травматології та протезування
Харківський національний медичний університет
Науковий керівник:
Власенко В'ячеслав Григорович
Відповідальний за лікувальну роботу, к. мед. н.,
доцент кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги,
ортопедії, травматології та протезування
Харківський національний медичний університет

Актуальність. Велика кількість важких травматичних ушкоджень, зокрема мінно-вибухових та вогнепальних, потребує сучасних підходів до реконструктивного лікування у хірургії. Масивні кісткові дефекти та складні багатоосколкові переломи часто неможливо адекватно стабілізувати стандартними металоконструкціями. Саме тому в сучасній клінічній практиці все частіше надають перевагу інтеграції технологій 3D-друку. Проєктування пацієнт-специфічних імплантатів (ПСІ) та анатомічних моделей базується на детальних результатах променевої діагностики. Такий підхід дає змогу ідеально адаптувати фіксуючу конструкцію під конкретний атиповий дефект ще до початку хірургічного втручання.

Завдяки цьому вдається максимально точно відновити анатомію

травмованої зони. Крім того, хірурги можуть ретельніше спланувати хід операції, що зводить до мінімуму непередбачувані ситуації під час втручання.

Мета: Провести порівняльний аналіз ефективності інтеграції адитивних технологій у протоколи реконструктивно-відновлювального лікування пацієнтів із поліструктурними травмами та порівняти методи. Обґрунтувати переваги застосування методів 3D-моделювання та пошарового наплавлення (FDM/SLA) для виготовлення титанових та полімерних конструкцій у хірургії складних переломів. Вивчення алгоритму створення індивідуалізованих імплантів та біосумісних матриць, що дозволяють максимально точно відтворити анатомічну цілісність пошкоджених ділянок та скоротити час інтраопераційного втручання.

Матеріали і методи: Проведено вивчення наукових публікацій із баз даних PubMed, Scopus та Web of Science за 2021–2025 рр. Для порівняльного аналізу визначено такі критерії: анатомічна точність імплантата, тривалість оперативного втручання, обсяг інтраопераційної крововтрати, частота ускладнень та економічна доступність методу.

Результати дослідження. Як зазначено в роботі автора Jakub Kopeć технологічний процес тривимірного (3D) друку включає в себе пошарове нанесення різних матеріалів, наприклад, металів, гуми, пластику, кераміки, смоли та біосумісних речовин, з метою створення 3D-моделей на основі візуалізаційних засобів, таких як комп'ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ). В рамках поточного процесу сегментації створюються персоналізовані моделі, які підходять певному пацієнту. Далі ці моделі аналізуються для детального вивчення анатомічних особливостей і взаємозв'язків.

Хірурги можуть взаємодіяти з цими моделями наступним чином: повертати в різні боки, розшаровувати і розбирати на частини, щоб дослідити для кращого розуміння та якісній підготовці до операції. На останньому етапі моделі друкуються на 3D-принтері, для подальшого використання в самій операції.

Порівняння технологій 3D-друку між собою показало суттєві відмінності за ключовими параметрами. Метод FDM з використанням матеріалу PLA виявився найдоступнішим та найшвидшим: за даними Ling K. et al., скорочення часу друку робить його економічно доцільним для щоденного клінічного використання. Водночас метод SLM є єдиним, що дозволяє формувати контрольовану пористість у титанових конструкціях — характеристику, критично важливу для процесів остеоінтеграції та довгострокової стабільності імплантата.

На думку сучасних науковців ключовим пунктом для забезпечення високоякісного 3D-друку є точність візуалізації. У деяких випадках застосовується мультимодальна візуалізація для об'єднання даних від кількох методів візуалізації, що дозволяє отримати точне уявлення про анатомічну структуру.

Наприклад, як свідчить аналіз літературних даних, у деяких установах застосовують поєднання КТ та МРТ, які роблять в певному положенні пацієнта, в якому і буде виконуватися операція. Після етапу сегментації дані перетворюються на файл стереолітографії (СТЛ), який потім адаптується для керуючої параметрами 3D-принтера програми.

Далі цей файл надсилається на пристрій, який буде друкувати. На сьогодні існує безліч технологій 3D-друку та широкий асортимент матеріалів, про який згадано вище, кожен матеріал має унікальні характеристики, це має вплив на сам процес друку, швидкість та тривалість виготовлення, властивості міцності кінцевого виробу, прозорість та інші параметри, що потрібно в залежності від клінічних потреб, де це буде застосовуватися.

Після налаштування принтера йде процес друку. Зазвичай на цьому етапі потрібно мінімальне втручання від оператора. Однак, в більшості випадків, після друку потрібно обробити надруковану модель.

Після проведення фінішної обробки модель, виконана в масштабі 1:1, є корисним інструментом для практичних тренувань, передопераційного моделювання хірургічних втручань та навігації в ході самої операції. Це

дозволяє підвищити якість планування та покращити хірургічні результати, одночасно скорочуючи час оперативного втручання.

Порівняльний аналіз 3D-друкованих рішень та традиційного остеосинтезу виявив низку принципових відмінностей. За даними Oldhoff M.G.E., використання PSI у поєднанні з 3D-друкованими навігаційними шаблонами забезпечує статистично значущо вищу точність корекції деформацій порівняно з традиційними методами.

В умовах бойової травми стандартні металоконструкції часто виявляються недостатньо ефективними. Тому сучасна відновлювальна хірургія надає перевагу індивідуально змодельованим імплантам. Зокрема, Patient-specific implants (PSI), виготовлені методом 3D-друку, демонструють значно вищу ефективність у заміщенні великих сегментарних дефектів порівняно з традиційним остеосинтезом.

Основним матеріалом для виготовлення PSI у травматології є титанові сплави, зокрема Ti6Al4V. Це пов’язано з їхньою високою біосумісністю та корозійною стійкістю. Використання методу селективного лазерного плавлення (SLM) дозволяє створювати імплантати з контрольованою пористістю. Згідно з дослідженням Li L, пориста структура PSI не лише зменшує ефект екранування напруги («shielding stress»), а й стимулює процеси остеоінтеграції. Кісткова тканина буквально проростає в імплантат. Це забезпечує його стабільну роботу та надійну фіксацію протягом тривалого часу.

Хірурги часто стикаються з багатоосколковими пораненнями, якщо мова йде про мінно-вибухові та вогнепальні травми. Такі дефекти вкрай важко адекватно перекрити стандартними пластинами. Проєктування PSI на основі КТ-знімків гарантує високу анатомічну конгруентність імплантату. Це є критично важливим при заміщенні атипових пошкоджень, де стандартні рішення виявляються неефективними. Особливо необхідним такий підхід є для реконструкції щелепно-лицевої ділянки та кісток черепа, що підтверджують у своєму огляді Tanvi S Singh.Саме в цих зонах відновлення естетичного вигляду нерозривно пов’язане з відновленням функцій.

Клінічні дані, які наводить Oldhoff M.G.E. свідчать, що використання індивідуальних протезів значно прискорює хід операції. Це обумовлено тим, що хірургу більше не потрібно витрачати час на інтраопераційне моделювання та згинання конструкцій. Такий підхід знижує ризик інфекційних ускладнень і скорочує тривалість перебування пацієнта під загальною анестезією. Це, у свою чергу, є надзвичайно вагомим аспектом у сучасних протоколах надання допомоги при політравмі.

У хірургії переломів вертлюжної западини 3D-друк допомагає візуалізувати складні схеми переломів і дозволяє виконувати передопераційне згинання реконструктивних пластин, за допомогою методу з використанням поверхневого фільтруючого трубопроводу з 3D-різаком та FDM-принтерами, що використовують матеріал полімолочної кислоти (PLA). Це скоротило час друку на 65%, що зробило його економічно ефективним для рутинного використання в лікарні. Для переломів дистального відділу променевої кістки моделі, надруковані на 3D-принтері, показали покращення міжспостережної та внутрішньоспостережної узгодженості в оцінці морфології та класифікації переломів.

У хірургії хребта навігаційні шаблони, надруковані методом FDM, продемонстрували вищу безпеку та точність розміщення педикулярних гвинтів у грудному відділі хребта порівняно з методами вільної руки. Використовуючи метод, що поєднує САПР та метод скінченних елементів (FEA), створюються індивідуалізовані металеві навігаційні шаблони для складного введення гвинтів.

FDM-друк забезпечує чітке анатомічне розуміння, покращує передопераційну підготовку та скорочує операційний час, крововтрату та зміщення імплантатів порівняно з традиційними методами хірургічного лікування.

Висновки. Порівняльний аналіз сучасних методів реконструктивної хірургії показав, що технології тривимірного друку мають суттєві переваги над традиційними підходами остеосинтезу при лікуванні складних травматичних

ушкоджень. Використання пацієнт-специфічних імплантатів (PSI), створених на основі КТ та МРТ-візуалізації, забезпечує вищу анатомічну точність, кращу конгруентність конструкцій і можливість індивідуалізованого підходу до кожного клінічного випадку. У порівнянні з традиційними металоконструкціями, 3D-друковані імплантати дозволяють скоротити тривалість оперативного втручання, зменшити обсяг інтраопераційного моделювання, крововтрату та ризик післяопераційних ускладнень. Особливо ефективними такі технології виявилися на прикладі багатоосколкових, мінно-вибухових та вогнепальних ушкодженнях, де традиційні методи фіксації часто не забезпечують належного результату. Порівняння технологій друку показало, що методи FDM є більш доступними та економічно ефективними для створення анатомічних моделей і навігаційних шаблонів, тоді як SLA та SLM забезпечують вищу точність і якість виготовлення індивідуальних імплантатів, зокрема титанових конструкцій із контрольованою пористістю. Тому подальший розвиток 3D-друку відкриває широкі можливості для підвищення точності хірургічних втручань.