МАТЕРІАЛИ X МІЖНАРОДНОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКОВОЇ

КОНФЕРЕНЦІЇ

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ТА ВЕКТОРИ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ НАУКИ

М. КРЕМЕНЧУК, УКРАЇНА

24 КВІТНЯ 2026 РІК

МОЛОДІЖНА НАУКОВА ЛІГА

МАТЕРІАЛИ X МІЖНАРОДНОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКОВОЇ

КОНФЕРЕНЦІЇ

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ТА ВЕКТОРИ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ НАУКИ

м. Кременчук, Україна
24 квітня 2026 рік

Вінниця, Україна
«UKRLOGOS Group»
2026

СЕКЦІЯ 21.
МЕДИЧНІ НАУКИ ТА ГРОМАДСЬКЕ ЗДОРОВ'Я

Фісун Ксенія Олегівна, здобувач вищої освіти І медичного факультету
Харківський національний медичний університет, Україна

Науковий керівник: Кучеренко Богдан Юрійович
Харківський національний медичний університет, Україна

3D-ДРУК У РЕКОНСТРУКТИВНІЙ ХІРУРГІЇ (ІМПЛАНТИ, ПРОТЕЗИ)

Вступ. Збройні конфлікти сучасності породжують масові поранення з обширними дефектами кісткової тканини, ампутаціями кінцівок і краніофаціальними ушкодженнями, що висувають надвисокі вимоги до реконструктивної хірургії. Традиційні методи відновлення - аутографтинг, стандартні ендопротези - нерідко не задовольняють потребу в індивідуальній анатомічній відповідності та не можуть бути виготовлені в стислі терміни в умовах збройного протистояння. Технологія тривимірного (3D) друку -адитивного виробництва - кардинально змінює цю парадигму, надаючи хірургу інструмент для створення пацієнт-специфічних імплантів і протезів безпосередньо за даними КТ або МРТ.

Мета. Систематизувати сучасні дані щодо застосування 3D-друку при виготовленні імплантів та протезів у реконструктивній хірургії, визначити клінічну ефективність і перспективи технології в умовах воєнно-польової медицини.

Матеріали і методи. Проведено аналіз наукових публікацій з подальшою систематизацією та узагальненням отриманої інформації. У роботі використано бібліосемантичний метод та системний аналіз даних.

Результати та обговорення. Сучасні адитивні технології охоплюють декілька принципово відмінних методів виробництва. Метод злиття шарів (FDM) дозволяє виготовляти анатомічні моделі та прототипи імплантів із термопластиків, зокрема полімолочної кислоти (PLA) та полі-ефір-ефір-кетону (PEEK). Лазерне спікання порошку (SLS) та електронно-променеве плавлення (EBM) застосовуються для виготовлення металевих - переважно титанових (Ti-6Al-4V) - конструкцій з пористою архітектурою, що сприяє остеоінтеграції. 3D-друковані імпланти з правильно розробленою пористою структурою здатні усунути ефект екранування напружень і покращити біосумісність та функціональність in vivo. Титан залишається золотим стандартом для навантажувальних конструкцій завдяки поєднанню міцності, довговічності та біосумісності, тоді як PEEK набуває поширення як альтернатива з меншою жорсткістю та кращою рентгенологічною прозорістю.

Краніофаціальна ділянка є одним з основних напрямів застосування пацієнт-специфічних 3D-друкованих імплантів, оскільки її складна тривимірна анатомія

унеможливлює використання стандартних конструкцій. Систематичний огляд Ahmed K.S. et al. (2022), що охопив 49 досліджень із 745 пацієнтами, показав, що в усіх роботах, де порівнювались імпланти на основі 3D-друку зі стандартними підходами, спостерігалася достовірно краща прогностична оцінка, а також скорочення операційного часу, тривалості госпіталізації та кількості безпосередніх ускладнень. Титан (13 досліджень) та полікапролактон (6 досліджень) виявились найпоширенішими матеріалами. У сфері лицевої онкологічної та травматологічної реконструкції у масштабному огляді в *ACS Biomaterials Science & Engineering* підтвердили, що КТ-дані, оброблені засобами комп'ютерного проєктування (CAD), дозволяють відновити анатомічну симетрію навіть при великих дефектах орбіти, нижньої щелепи та склепіння черепа, скорочуючи операційний час на 41% порівняно зі стандартним моделюванням.

Вибухові поранення та осколкові травми воєнного часу часто призводять до критичних дефектів довгих кісток і таза, які не піддаються стандартному ендопротезуванню. 3D-друковані металеві імпланти суттєво покращують лікування пухлин кісток, дозволяючи зберегти кінцівку у 90–95% випадків первинних злоякісних пухлин без погіршення онкологічних результатів. У серії випадків з великими дефектами вертлюжної западини у 12 пацієнтів після застосування пацієнт-специфічних імплантів усі хворі були задоволені результатом, щоденне функціонування покращилось у більшості з них, при цьому не зафіксовано жодного інфекційного ускладнення, що потребувало би повторної операції. При реконструкції після тотальної сакректомії 3D-друкований протез крижової кістки демонструє біомеханічні переваги у вигляді рівномірнішого розподілу напружень порівняно з традиційними стрижнево-гвинтовими системами.

Масштаби ампутацій у сучасних збройних конфліктах зумовлюють критичну потребу у швидкому, доступному та індивідуалізованому протезуванні. Систематичний огляд клінічних результатів 3D-друкованих протезів (PMC, 2025), що охопив 11 досліджень, відібраних за критеріями PRISMA, встановив, що протези верхніх кінцівок забезпечують покращення спритності, обсягу руху та задоволеності користувача попри певні обмеження щодо довговічності. Протези нижніх кінцівок демонструють покращення параметрів ходи та комфорту, зокрема в амфібійних і парціальних конструкціях стопи. Ключовою перевагою 3D-технології є можливість виробництва безпосередньо на місці - портативні принтери можуть бути розгорнуті поблизу зони бойових дій, а вартість матеріалів на одне виріб не перевищує 500 доларів США, що є принципово важливим в умовах обмежених ресурсів.

Перспективним напрямом є біодрук - пошарове нанесення клітиновмісних чорнил для формування живих тканинних конструктів. Вже реалізовані тришарові конструкти шкіри з мікросудинними структурами для закриття ранових дефектів, при яких контракція рани була достовірно нижчою порівняно з комерційним еквівалентом. Особливе значення для регенерації кісткових дефектів мають пористі скафолди, насичені остеоіндуктивними молекулами - кістковими морфогенетичними протеїнами (BMP) та антимікробними пептидами - для профілактики інфекцій у забруднених ранових порожнинах, що характерні для вогнепальних поранень.

Висновок. 3D-друк у реконструктивній хірургії є технологією подвійного значення: в плановій медицині вона забезпечує найвищу ступінь анатомічної

точності при відновленні краніофаціальних, тазових та кісткових дефектів зі скороченням операційного часу та покращенням клінічних результатів; у воєнно-польових умовах - дозволяє налагодити виробництво індивідуалізованих протезів безпосередньо в районі бойових дій за мінімальної вартості матеріалів.

Список використаних джерел:

1. Zhao K., Zhu X., Chen B. et al. An overview of 3D printed metal implants in orthopedic applications: Present and future perspectives. Heliyon. 2023;9(7):e17718. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17718.
2. Meng M., Wang J., Huang H. et al. 3D printing metal implants in orthopedic surgery: Methods, applications and future prospects. J Orthop Translat. 2023;42:94–112. doi: 10.1016/j.jot.2023.08.004.
3. Ahmed K.S., Ibad H., Suchal Z.A., Gosain A.K. Implementation of 3D printing and computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM) in craniofacial reconstruction. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2022 Feb 14. doi: 10.1097/GOX.0000000000004243.
4. Slavin B.V., Ehlen Q.T., Costello J.P. et al. 3D printing applications for craniomaxillofacial reconstruction: a sweeping review. ACS Biomater Sci Eng. 2023;9(12):6586–6609. doi: 10.1021/acsbiomaterials.3c01171.
5. Burgess S., Beeston A., Carr J. et al. 3D printed upper limb prosthetics. Biomimetics (Basel). 2023;8(6):455. doi: 10.3390/biomimetics8060455.
6. Hadad H., Boos Lima F.B.D.J., Shirinbak I. et al. The impact of 3D printing on oral and maxillofacial surgery. J 3D Print Med. 2023;7(2):3DP007. doi: 10.2217/3dp-2022-0025.
7. Laubach M., Langenstück A., Winkler D.A. et al. Clinical translation of 3D-printed patient-specific bone implants: a consensus statement. Bone Joint