

National Technical
University of Ukraine
"Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute"



Національний технічний
університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Міжнародна науково-практична конференція
СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ
БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
присвячена 125-річному ювілею
Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського

International Scientific and Practical Conference
CURRENT STATE AND PROSPECTS OF BIOMEDICAL
ENGINEERING

dedicated to the 125-anniversary of the
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ
BOOK OF ABSTRACTS

13-14 грудня 2023 року, Київ, Україна
December 13-14, 2023, Kyiv, Ukraine



УДК [577+616]:62(062)

Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 125-річному ювілею Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (13-14.12.2023, м. Київ) : ел.збірник / Упоряд.: О.І. Голембіовська – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 239 с.

Збірник матеріалів доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії», присвячена 125-річному ювілею КПІ ім. Ігоря Сікорського. Розглянуто широке коло питань в галузі біомедичної інженерії, такі як: проблеми та перспективи біомедичної інженерії як освітньої та наукової галузі; клінічна інженерія, технології діагностики та лікування; медичне приладобудування і біомедична електроніка; регенеративна біоінженерія, біофармацевтична інженерія, медичні біотехнології; реабілітаційна інженерія, фізична терапія, ерготерапія; біомедична кібернетика, телемедицина, інтелектуальні системи в медицині. Розраховано на наукових та науково-педагогічних працівників наукових установ, закладів освіти фармацевтичного, медичного, біологічного профілю, докторантів, аспірантів, студентів, співробітників підприємств та громадських організацій.

Current state and prospects of biomedical engineering: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 125th anniversary of the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute (December 13-14, 2023, Kyiv) : electronic abstract book / Edited by: O.I. Golembiovska – Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2023. – 239 p.

Collection of reports of the International scientific and practical conference "Current state and prospects of biomedical engineering", dedicated to the 120th anniversary of the Igor Sikorskyi Kyiv Polytechnic Institute. A wide range of issues in the field of biomedical engineering are considered, such as: problems and prospects of biomedical engineering as an educational and scientific field; clinical engineering, diagnostic and treatment technologies; medical instrumentation and biomedical electronics; regenerative bioengineering, biopharmaceutical engineering, medical biotechnology; rehabilitation engineering, physical therapy, occupational therapy; biomedical cybernetics, telemedicine, intelligent systems in medicine. It is intended for scientific and scientific-pedagogical employees of scientific institutions, pharmaceutical, medical, and biological education institutions, doctoral students, postgraduate students, students, employees of enterprises and public organizations.

За виклад, зміст і достовірність матеріалів відповідальні автори.

Матеріали друкуються мовами оригіналу: українська, англійська.

Матеріали конференції дозволено до опублікування в Україні та за кордоном (акт № 23/24-2 від 18.12.2023 р.).

Наказ № НМКП/110/2023 від 15.12.2022 р. про Проведення Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії», присвяченої 125-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського, КПІ ім. Ігоря Сікорського.

© Автори матеріалів, 2023

© КПІ ім. І.Сікорського, 2023 2

ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ ПІДХОДІВ ТРИВИМІРНОГО БІОДРУКУ, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ

Сокольцов А. О., Аврунін О. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

e-mail: andrii.sokoltsov@nure.ua

Використання методів інтроскопічної візуалізації дозволило покращити діагностику захворювань та виконувати планування хірургічних втручань в багатьох галузях медицини [1]. Напрямок, який дуже пов'язаний з медичною візуалізацією, є тривимірний друк (3D-друк). Наприклад, в отоларингологічній практиці він може використовуватися для навчання хірургів і створення анатомічних моделей, каркасів з біологічних тканин, персоналізованих імплантатів для конкретного пацієнта, планування хірургічного втручання у складних випадках [2]. У багатьох країнах починають відкривати центри з впровадження технології 3D-друку і навіть друку клітин і органів. Також, враховуючи складність і технологічність процесу, постає питання про необхідність відкриття спеціалізованих відділень на базі клінічних установ [3]. Зростання інтересу до 3D-друку в медицині підтверджується тим фактом, що Американським коледжем радіології та Спілкою радіологічного товариства Північної Америки з 1 липня 2019 затверджено Кодекс поточної процедурної термінології Американського медичного товариства, а саме розділ пов'язаний із 3D-друком, для збору даних 3D-друку в точках надання клінічної допомоги для документування використання, впровадження в клінічну практику та відшкодування страхових збитків. Доведено, що використання 3D-друкованих анатомічних моделей для хірургічної допомоги, дозволило економію часу в середньому від 23 до 62 хвилин, в залежності від складності операції. Як еталонний стандарт вартості часу в операційній використовувалося середнє значення 62 долари за хвилину, що демонструє економію собівартості операції від 1488 до 3720 долари за випадок. Точка беззбитковості для 3D-друкованих конструкцій, що використовуються становила 63 моделі на рік (1, 2 моделі на тиждень) [4].

Актуальними питаннями є виготовлення імплантатів, які адаптовано до форми тіла змінюють форму, а також 3D/4D-біодрук, що може вирішити та обійти існуючі обмеження в реконструктивній хірургії, включаючи необхідність використання донорської тканини, погане зіставлення тканин та відторгнення трансплантату [5]. Технології 3D/4D-друку можуть реалізувати анатомічно точні варіанти реконструкції для створення тканин голови та шиї, особливо скелетно-м'язових тканин, таких як хрящі та кістки, на основі біочорнил. Біочорнила – це біосумісні матеріали, такі як гідрогелі або полімери, які є основою для зростання та диференціювання клітин з метою формування функціональних тканин, що не лише створюють каркас, а також відповідають на біостимули та здатні змінюватися в умовах розвитку організму. Завдяки додаванню клітин та факторів росту вони імітують властивості реальних тканин, таких як хрящі, кістки або шкіра, та сприяють регенерації тканин. Залежно від типу стимулів, що використовуються для активації 4D-процесу, біочорнила класифікуються як матеріали, що реагують на хімічні, фізичні чи біологічні стимули [6]. Ключові особливості ідеального каркасу біочорнил включають: структурний взаємозв'язок з взаємопов'язаною структурою пор, що забезпечує ріст клітин; розробку позаклітинного матриксу і подібні механічні властивості тканин у бажаному місці імплантації. Більш того, надруковані конструкції повинні бути здатні зберігати свою структуру протягом певного періоду часу *in vitro* до імплантації, щоб забезпечити приживлення у місці дефекту господаря *in vivo*. У біочорнилах найчастіше використовуються гідрогелі – високогідратовані сшиті полімерні ланцюжки, що



імітують нативний позаклітинний матрикс [7]. При використанні лише гідрогелів може бути важко побудувати великі тканинні структури довільної форми через недостатню структурну цілісність і можливість друку. Альтернативні методи дозволили створити гібридні каркаси з декількох матеріалів, що складаються з біочорнил та біосумісних термопластів, таких як полімолочна гліколева кислота, полімолочна кислота або полікапролактон. Вони можуть мати хондро- або остеокондуктивні властивості, наприклад, колаген та гіалуронова кислота. Гідрогелі широко вивчалися в регенеративних стратегіях, оскільки, крім їх властивостей, подібних до позаклітинного матриксу, вони мають високу проникність для кисню, поживних речовин та інших водорозчинних факторів, що спрощує виготовлення біоматеріалу. Завдяки пористій будові, клітини в гідрогелях можуть мігрувати та проліферувати у тривимірному режимі [7]. Природні полімери, такі як желатин, альгінат, колаген, гіалуронова кислота, фібрин та целюлоза, незважаючи на варіабельність та потенційну імуногенність, за своєю природою біосумісні, що робить їх ідеальними для застосування як біочорнила. Альтернативно, синтетичні гідрогелі, включаючи поліетиленгліколь і плюронік, широко поширені, володіють більш відтворюваними властивостями і можуть бути легко адаптовані з точки зору молекулярної маси, механічної міцності, біорозкладності і блокової структури в порівнянні з природними полімерами. Останні часто комбінують з синтетичними полімерами для покращення адаптивних властивостей. Найпоширенішими методами 3D-бюдруку є мікроекструзія, краплинний та лазерний 3D-бюдрук, кожен з яких має свої переваги та недоліки в технологічному та імплементаційному питанні, що пов'язано із в'язкістю біочорнил, роздільної здатності, швидкості друку, собівартість методу та життєздатність клітин [7, 8].

Основні проблеми та перспективи розвитку бідруку: біочорнила ще не мають характеристик, необхідних для підтримки проліферації та диференціювання клітин; складність створювати складні структури, які за функціональністю відповідають нативним тканинам; дотримання норм безпечності та реальної ефективності. Всі ці питання необхідно вирішувати в мультидисциплінарному підході спеціалістів «біомедичний інженер – лікар», що дозволить завершити прорив у способах 3D-бюдруку, їх подальшого вивчення та розвитку.

Перелік посилань:

1. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Abdelhamid, I. Y., Harasim, D. (2021). Research active posterior rhinomanometry tomography method for nasal breathing determining violations. *Sensors*, 21(24) doi:10.3390/s21248508.
2. Zoccali F, Colizza A, Cialente F, Di Stadio A, La Mantia I, Hanna C, Minni A, Ralli M, Greco A, de Vincentiis M. 3D Printing in Otolaryngology Surgery: Descriptive Review of Literature to Define the State of the Art. *Healthcare (Basel)*. 2022 Dec 29.
3. Abdullah KA, Reed W. 3D printing in medical imaging and healthcare services. *J Med Radiat Sci*. 2018 Sep;65(3):237-239. doi: 10.1002/jmrs.292. Epub 2018 Jul 3.
4. Ballard DH, Mills P, Duszak R Jr, Weisman JA, Rybicki FJ, Woodard PK. Medical 3D Printing Cost-Savings in Orthopedic and Maxillofacial Surgery: Cost Analysis of Operating Room Time Saved with 3D Printed Anatomic Models and Surgical Guides. *Acad Radiol*. 2020 Aug;27(8):1103-1113. doi: 10.1016/j.acra.2019.08.011. Epub 2019 Sep 18.
5. Аврунин О.Г., Шамраева Е.О. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам // Системы обработки информации: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 9 (67). – С. 137–140.



6. Vyas J, Shah I, Singh S and Prajapati BG (2023) Biomaterials-based additive manufacturing for customized bioengineering in management of otolaryngology: a comprehensive review.
7. Gryshkov O.P. Experience of development and use of specialized software intended for automated analysis of alginate structures / O. P. Gryshkov, M. Y. Tymkovych, O. G. Avrunin, Brigit Glasmacher // Матеріали 23 Міжнародного молодіжного форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – С. 128-129.
8. Riccardo Gottardi. (2020) Advances in bioprinting: a toolbox for tissue engineering. *Connective Tissue Research* 61:2, P. 115-116.

