

Біомедичні технології як новітній розділ спортивної медицини

УДК: 606:61

І. І. Лукасевич, Л. В. Богданович, С. І. Лисюк, Т. В. Книш

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

Резюме. Нині людство вступило в нову фазу цивілізації. Розвинені країни живуть у постіндустриальному суспільстві, яке визнає знання, інформацію та людське життя найвищими цінностями. Науки про життя, системна біологія, біотехнології та фармакологія стрімко розвиваються, відбувається революція в інформаційних технологіях та когнітивних науках. Одним з найважливіших напрямів є розвиток біомедичних технологій та активне задіяння їх у галузях сучасної медицини. *Мета.* Визначити напрями впровадження біомедичних технологій у практику сучасної спортивної медицини. *Методи.* Аналіз і узагальнення даних спеціальної науково-методичної літератури; моніторинг інформаційних ресурсів мережі Інтернет; метод систематизації; контент-аналіз. *Результати.* Сучасні тенденції та напрями розвитку застосування біомедичної інженерії у практиці спортивної медицини полягають у розвитку новітніх біомедичних пристроїв та технологій для покращення ефективності тренувань і збереження здоров'я спортсменів; використанні штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних та вдосконаленні тренувального процесу, для створення персоналізованих тренувальних програм та адаптації до індивідуальних потреб спортсменів; у розробці професійних протезів та екзоскелетів для осіб з обмеженою рухливістю.

На основі проведених досліджень було визначено, що одночасно з диференціацією наук їх все більшою спеціалізацією на традиційних межах з'являються нові міждисциплінарні напрями, які стають містками взаємного проникнення різних галузей знань в ім'я загальнолюдського прогресу. Медико-технічні науки, такі як біомедична кібернетика, біоніка, біомеханіка тощо, є прикладом взаємопроникнення медичних і технічних наук заради пізнання природи здоров'я, захворювань людини, розуміння механізмів діагностики, лікування та запобігання уражень організму, в тому числі у практиці спортивної медицини.

Ключові слова: біомедичні технології, спортивна медицина, реабілітація, біоінженерія, терапія, лікування.

Biomedical technologies as the newest field of sports medicine

I. I. Lukasevych, L. V. Bogdanovych, S. I. Lysiuk, T. V. knysh

National University of Ukraine on Physical Education and Sport, Kyiv, Ukraine

Abstract. Today we have entered a new phase of civilization. Developed countries live in a post-industrial society that recognizes knowledge, information, and human life as the highest values. The life sciences, systems biology, biotechnology, and pharmacology are developing rapidly, and a revolution in information technology and cognitive sciences is taking place. One of the most important areas is the development of biomedical technologies and their active use in the fields of modern medicine. *Objective.* To determine the directions of implementation of biomedical technologies in the practice of modern sports medicine. *Methods.* Analysis and generalization of data of special scientific and methodological literature; monitoring of information resources on the Internet; systematization; content analysis. *Results.* Modern trends and directions in the application of biomedical engineering in the practice of sports medicine include the development of innovative biomedical devices and technologies to improve the effectiveness of training and preserve the health of athletes; the use of artificial intelligence to analyze large volumes of data and improve the training process, to create personalized training programs and adapt to the individual needs of athletes; and the development of commercial prostheses and exoskeletons for people with reduced mobility.

Based on the research, it was found that simultaneously with the differentiation of sciences and their increasing specialization within traditional boundaries, new interdisciplinary areas are emerging that are becoming bridges for interpenetration of knowledge between different fields of science to promote universal progress. Medical and technical sciences, such as biomedical cybernetics, bionics, biomechanics, etc. are an example of the interpenetration between medical and technical sciences for the sake of learning the nature of health and human diseases, understanding the mechanisms of diagnosis, treatment, and prevention of physical injuries, including in the practice of sports medicine.

Keywords: biomedical technologies, sports medicine, rehabilitation, bioengineering, therapy, treatment.

Постановка проблеми. Позитивні тенденції в розвитку медико-технологічних наук пов'язані зі збільшенням витрат на систему охорони здоров'я, які за останнє десятиліття зросли в багатьох країнах і, відповідно, збільшили вартість медичної допомоги, закупівлі сучасного медичного обладнання, впровадження фармакологічних засобів лікування тощо. Це спричинило значне збільшення інвестицій у дослідження і впровадження розробок новітніх перспективних медико-технологічних напрямів, таких як інформаційні медичні технології [2].

У розвинених країнах, де загальне «споживання медичних виробів» становить десятки мільярдів доларів на рік, витрати на інформаційні медичні технології досягають 10–15 % загальних витрат системи охорони здоров'я. За останнє десятиліття цей показник зріс більш ніж удвічі, що зрівняло його з обсягом інвестицій у медичні виробни. Наразі цей показник можна порівняти з інвестиціями у фармацевтичну галузь [3].

Біомедичні технології створюють перспективи для поліпшення якості життя і здоров'я людини, профілактики і лікування захворювань, забезпечення економічного і соціального благополуччя, адекватного харчування і збільшення тривалості життя [11].

Питання здоров'я нації є стратегічним для кожної цивілізованої країни, а її вирішення вимагає задіяння саме інноваційних технологій та методів управління в усіх галузях сучасної медицини, в тому числі професійної медицини. Спортивна медицина не є винятком, а навпаки, за специфікою професійної діяльності, першочергово потребує включення біомедичних інновацій [8].

Мета дослідження — визначити напрями впровадження біомедичних технологій у практику сучасної спортивної медицини.

Методи дослідження: аналіз і узагальнення даних спеціальної науково-методичної літератури; моніторинг інформаційних ресурсів мережі Інтернет; метод систематизації; контент-аналіз.

Результати дослідження та їх обговорення. Аналіз і узагальнення даних спеціальної науково-методичної літератури першочергово пе-

редбачав визначення змісту поняття «біомедичні технології», стратегічних напрямів їх розвитку та впровадження у практику сучасної медицини».

Моніторинг інформаційних ресурсів мережі Інтернет та метод систематизації дозволив дослідити теоретико-методичні аспекти і конкретний практичний досвід долучення біомедичних технологій до професійної діяльності спортивної медицини, ефективність їх використання як у клінічній практиці, так і у системі відновлення організму.

Огляд академічної діяльності наукової спільноти дозволив виокремити поняття й основний зміст біомедичної інженерії — галузь науки і техніки, яка поєднує інженерно-технічні та медико-біологічні знання, засоби і методи для створення, вдосконалення і дослідження природних і штучних біологічних об'єктів, техніки, матеріалів і виробів медичного призначення, технологій і технічних систем діагностики, лікування, реабілітації і профілактики захворювань людини, а також програмного забезпечення та інформаційних технологій для вирішення прикладних і фундаментальних проблем біології і медицини у таких напрямках наукових досліджень, як:

- *клінічна інженерія* — розробка та інженерний супровід медичних технологій, пов'язаних із використанням технічних засобів у медицині, управління інженерною інфраструктурою та системою безпеки і якості лікувальних закладів [1];

- *медична радіологія* — розробка та вдосконалення джерел променевого впливу на біологічні системи [1];

- *медична техніка* — розробка, вдосконалення та метрологічний контроль медичних приладів і систем, інструментів, сенсорів та приводів, активних і пасивних протезів, штучних органів та їх частин, дослідження їх взаємодії з біологічними об'єктами [1];

- *мікроелектромеханічні системи* — інтеграція механічних елементів, датчиків, приводів і електроніки на мікросхемах, включаючи розробку мікророботів, для діагностики і лікування в медицині та біології [1];

- *біоматеріали* — розробка та вдосконалення природних, штучних і комбінованих речовин [1];

- *біомеханіка* — дослідження опорно-рухового апарату, а також руху, деформації, потоків і транспорту речовин живих організмів та їх штучних аналогів [7];

- *ортопедична і спортивна біоінженерія* — застосування принципів інженерної механіки і біоматеріалознавства для дослідження і моделювання структури і функції опорно-рухового апарату [12];

- *реабілітаційна інженерія* — дослідження, інженерний супровід засобів і технологій, спрямованих на відновлення втрачених органів, частин органів та їх функцій [12];

- *робототехніка в хірургії* — розробка і використання робототехніки і систем обробки зображень в інтерактивному режимі для хірургічних операцій в умовах дистанційного телеспостереження і управління хірургічними інструментами за допомогою маніпуляторів [1];

- *біоінформатика* — вивчення закономірностей та принципів інформаційних процесів у медичних і біологічних системах, створення комп'ютерних засобів збереження, обробки, передачі інформації [1];

- *системна фізіологія* — використання інженерних стратегій для аналізу експериментальних даних і формулювання математичного опису фізіологічних подій для отримання комплексного та інтегрованого розуміння функції живих організмів та прогнозування фізіологічних реакцій під час планування експериментів [6];

- *медична біотехнологія* — створення і використання живих організмів (або частини організмів) для штучного створення або заміни клітин, тканин та органів людського тіла, для штучного вдосконалення і корекції їх функцій, розробка на цій основі лікувальних і діагностичних технологій та засобів [1];

- *клітинна, тканинна та генна інженерія* — дослідження анатомії, біохімії і механіки живих тканин, клітинних і субклітинних структур, розробка методів відображення й аналізу генетичної інформації для виявлення причин захворювань та розробки методів їх діагностики і лікування [15];

- *протеоміка* — дослідження механізмів синтезу і відтворення специфічних білків з метою розробки технічних засобів виявлення та контролю поширення збудників інфекції [15];

- *медико-біологічні мікро- та нанотехнології* — дослідження та розробка технологій створення і застосування технічних засобів і матеріалів, розміри яких знаходяться в діапазоні мікро- і нанометрової шкали [15];

- *інженерія нейронних систем* — вивчення мозку і нервової системи для заміни або віднов-

лення втрачених розумових, сенсорних і моторних здібностей, впровадження робототехніки контрольованої нервовими імпульсами [1].

Окремо слід зазначити, що сучасними галузями практичної біомедичної інженерії визначено:

- *медичне обладнання*: розробка та проектування медичного обладнання та штучних функціональних систем, таких як суглоби, клапани серця, кардіостимулятори, імпланти тощо [1];

- *медична візуалізація*: розробка та вдосконалення медичних технологій для візуалізації внутрішньої структури тіла та діагностики захворювань [1];

- *біоматеріали*: розробка нових матеріалів для медичних імплантів та пристроїв, таких як біосумісні полімери та кераміка [15];

- *біосенсори та біоінсталяція*: розробка та проектування біосенсорів і гібридних аналітичних пристроїв для моніторингу та діагностики захворювань [18];

- *біомеханіка*: вивчення механічної поведінки біологічних систем та їх вплив на протезування, реабілітацію, хірургічне планування, ортопедію тощо [15];

- *комп'ютерне моделювання та проектування*: використання комп'ютерних моделей у процесі розробки біологічних систем для клінічних випробувань і досліджень зі зменшенням потреб залучення організмів тварин та людини [15];

- *реабілітаційна інженерія*: розробка пристроїв та технологій для допомоги людям з обмеженими можливостями та покращення їх якості життя [12];

- *наномедицина*: використання нанотехнологій для розробки нових матеріалів та методів лікування для медицини, таких як цільова доставка ліків [15];

- *біомедична обробка сигналів*: аналіз сигналів людського організму для діагностики та моніторингу захворювань [19];

- *персоналізована медицина*: розробка персоналізованих методів лікування, адаптованих до унікального генетичного профілю особистості людини [1, 13];

- *штучний інтелект*: аналіз медичних даних у напрямі первинної та спеціалізованої діагностики, зменшення випадків та зниження вірогідності допуску лікарської помилки [15];

- *телемедицина*: використання цифрових технологій у розробці гаджетів та спеціалізованих пристроїв для забезпечення віддаленого моніторингу, діагностики й догляду за пацієнтами [1, 17];

- *регенеративна медицина*: створення технологій для регенерації пошкоджених тканин і

органів, включаючи терапію стовбуровими клітинами, тканинну інженерію і 3D-друк органів людини [1];

- *моніторингові пристрої*: розробка спеціалізованих медичних пристроїв для стаціонарного і дистанційного моніторингу здоров'я, функціонального стану окремих органів та систем організму тощо [1];

- *прецизійна медицина*: виокремлення точних та ефективних методів лікування за допомогою технологій генної інженерії та наномедицини [1];

- *громадське здоров'я*: використання біомедичних технологій для промоції здоров'я, профілактики інфекційних та неінфекційних захворювань, вирішення біоетичних питань, галузі судової експертизи, санітарно-гігієнічного нагляду та епідеміологічного контролю тощо [1].

Проведений нами моніторинг інформаційних ресурсів мережі Інтернет та метод систематизації отриманих даних показали, що розвиток сучасних технологій у біомедичній інженерії дозволяє сьогодні активно їх пропонувати та використовувати у практиці спортивної медицини [5].

Одними з перших у своїх дослідженнях G. Hung, J. Pallis відзначили, що біомедична інженерія може використовуватися для вимірювання різних параметрів фізичної активності, таких як серцевий ритм, частота дихання, кількість кроків тощо [9]. Дослідження також показали, що використання біомедичної інженерії може покращити ефективність тренувань та допомогти уникнути травм [17].

Окремим напрямом впровадження біомедичних технологій є використання біомедичних тренажерів, які дозволяють вирішувати конкретні фізичні завдання і контролювати їх результати [6]. Біомедичні тренажери розроблені для практики спортивної медицини з метою покращення спеціальної фізичної підготовки, контролю тренувального процесу та змагальної діяльності [10].

Проте, деякі дослідження вказують на можливі ризики та обмеження застосування біомедичної інженерії у фізичному вихованні та спорті [4]. Наприклад, застосування певних біомедичних пристроїв може бути дорогим та вимагати

спеціальної підготовки фахівців для їх використання [19]. Крім того, навіть детальний аналіз фізичних показників не може дати повної картини про фізичний стан спортсмена, оскільки також важливими є психологічний та соціальний аспекти [20].

Великими темпами сьогодні зростає використання віртуальної реальності для покращення ефективності тренувань та розвитку спортивної майстерності [14]. Так, дослідженнями T. Tribe, S. Singha, R. Singha показано, що віртуальна реальність дозволяє створювати імітацію спортивних ситуацій та різноманітних умов тренувань, допомагає спортсменам підвищити свою реакцію та швидкість реагування [18].

У роботі A. Ç. Seçkin, B. Ateş, M. Seçkin зазначено, що сучасні тенденції та напрями розвитку застосування біомедичної інженерії у практиці спортивної медицини полягають у розвитку новітніх біомедичних пристроїв та технологій для покращення ефективності тренувань і збереження здоров'я спортсменів; використанні штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних та вдосконалення тренувального процесу; для створення персоналізованих тренувальних програм та адаптації до індивідуальних потреб спортсменів; розробці професійних протезів та екзоскелетів для осіб з обмеженою рухливістю [16].

Висновки. На основі проведених досліджень було визначено, що одночасно з диференціацією наук, їх все більшою спеціалізацією на традиційних межах з'являються нові міждисциплінарні напрями, які стають містками взаємного проникнення різних галузей знань в ім'я загальнолюдського прогресу. Медико-технічні науки, такі як біомедична кібернетика, біоніка, біомеханіка, є також прикладом взаємопроникнення медичних і технічних наук заради пізнання природи здоров'я, захворювань людини, розуміння механізмів діагностики, лікування та запобігання уражень організму, в тому числі у практиці спортивної медицини.

Перспективи подальших досліджень передбачають розробку змісту й структури концептуалізації питання провадження біомедичних технологій у практику спортивної медицини.

Література

1. Біомедична інженерія [Biomedical engineering]. <https://kpi.ua/>. URL: https://kpi.ua/biomedical_engineering (дата звернення: 27.12.2023).
2. Семидоцька ЖД, Чернякова Ю, Борзенко АБ. Здоров'я людини і сучасні біомедичні технології: навчальний посібник [Health of a human being and modern biomedical technologies: study guide]. Харків: ХНМУ; 2020.96 с.
3. Шуайбов ОК, Грицак РВ. Біомедична інженерія. Вступ до спеціальності: навчальний посібник [Biomedical engineering. Introduction to the

specialty: study guide]. Ужгород: ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; 2019.177 с.

4. Aljamali N, Almuhana W. Review on Biomedical Engineering and Engineering Technology in Bio-Medical Devices. 2021;6:18-24.

5. Biomedical Engineering in Sports Medicine. <https://www.asme.org/>. URL: <https://www.asme.org/topics-resources/content/biomedical-engineering-in-sports-medicine> (date of access: 27.12.2023).

6. Chang CH, Hsu YJ, Li F, Tu YT, Jhang WL, Hsu CW, Huang CC, Ho CS. Reliability and validity of the physical activity monitor for assessing energy expenditures in sedentary, regularly exercising, non-endurance athlete, and endurance athlete adults. *Peer Journal*. 2020;8:e9717. doi: 10.7717/peerj.9717.
7. Emerging intersections of biomedical technology and elite sport: institutions, practices and ethics. <https://gtr.ukri.org/> URL: <https://gtr.ukri.org/projects?ref=ES%2FK010956%2F1>(date of access: 27.12.2023).
8. Faulkner A, McNamee M, Coveney C, Gabe J. Where biomedicalisation and magic meet: Therapeutic innovations of elite sports injury in British professional football and cycling. *Social Science & Medicine*. 2017;78:136-143. doi.org/10.1016/j.socscimed.2017.02.011.
9. Hung G, Pallis J. *Biomedical Engineering Principles In Sports*. 2004. doi.org/10.1007/978-1-4419-8887-4.
10. Johnson DL. Innovation in sports medicine. *Orthopedics*. 2004; 27(6):546. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15237892>.
11. Johnson RJ. New innovations in sports medicine: good for the patient or good for the pocketbook? *Current Sports Medicine Report*. 2010;9(4):191-193. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20622535>.
12. Muller B, Hofbauer M, Murawski CD, Wolf M, Fu FH. Innovation in Sports Medicine. In: Doral, M.N., Karlsson, J. (eds) *Sports Injuries*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2015. doi.org/10.1007/978-3-642-36569-0_246
13. Putukian M. Clinical Evaluation of the Concussed Athlete: A View From the Sideline. *Journal Athletes Training*. 2017;52(3):236-244. doi: 10.4085/1062-6050-52.1.08.
14. Rigamonti L, Albrecht UV, Lutter C, Tempel M, Wolfahrt B, Digitalisation W, Back D. Potentials of Digitalization in Sports Medicine: A Narrative Review. *Current Sports Medicine Reports*. 2020;19:157-163. doi.org/10.1249/JSR.0000000000000704.
15. Saltzman WM. *Biomedical Engineering: Bridging Medicine and Technology* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press;2015. 779 p.
16. Seçkin AÇ, Ateş B, Seçkin M. Review on Wearable Technology in Sports: Concepts, Challenges and Opportunities. *Applied Sciences*. 2023;13(18):10399. doi.org/10.3390/app131810399.
17. Subramanyam V, Day MA, Kinderknecht JJ. The Role of Telehealth in Sideline Management of Sports-Related Injuries. *HSS Journal*. 2021;17(1):46-50. doi: 10.1177/1556331620979653.
18. Tribe TN, Singha S, Singha R. *Virtual Reality and Sports Training: Revolutionizing Athletic Performance*. 2023. doi.org/10.17605/OSF.IO/ERZSH.
19. Vasudevan S, Saha A, Tarver M, Patel B. Digital biomarkers: Convergence of digital health technologies and biomarkers. *Digital Medicine*. 2022;56:36. doi.org/10.1038/s41746-022-00583-z.
20. Verhagen E, Bolling C. Protecting the health of the athlete: how online technology may aid our common goal to prevent injury and illness in sport. *British Journal Sports Medicine*. 2015;49(18):1174-8. doi: 10.1136/bjsports-2014-094322.

ilukasevyc@uni-sport.edu.ua
lbohdanovych@uni-sport.edu.ua
slusyk@uni-sport.edu.ua
tknysh@uni-sport.edu.ua

Надійшла 18.02.2024