Анкетне опитування тренерів зі спортивної аеробіки показало, що метод кругового тренування є найбільш цікавим для розвитку фізичних якостей, але застосовується й на інших етапах підготовки, таких як тренувальний, удосконалення спортивної майстерності та досягнення вищої спортивної майстерності.

Список використаних джерел

1. Бачинська Н. В. Особливості використання колового тренування для розвитку фізичних якостей: навч.-метод. посіб. / Н. В. Бачинська, В. А. Ніколенко. 2017. С. 156-162.

2. Теорія і методика фізичного виховання : у 2 т. / упоряд. Круцевич Т. Ю. Київ, 2008.

УДК 796.012
ORCID: 0000-0003-1137-9952

БІОМЕХАНІКА ФІЗИЧНИХ ВПРАВ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Литвиненко Ю. В. доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор, професор кафедри фізичного виховання та здоров'я
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: біомеханіка, фізичні вправи, методи дослідження, рухові дії, системи захопленні руху, інноваційні системи, моделювання, штучний інтелект, комп'ютерний зір.

Сучасний стан біомеханіки фізичних вправ характеризується безпрецедентною конвергенцією технологій індустрії, глибокої аналітики даних та нейроінтегрованих систем, що трансформують розуміння людського руху від чисто механічного процесу до складної кібернетичної взаємодії. Наразі глобальна наукова спільнота зосереджена на переході від лабораторних досліджень до повсюдної, реальної оцінки рухової активності, що має критичне значення як для оптимізації спортивних досягнень, так і для реабілітації, зокрема ветеранів війни з політравмами, що є критично важливим для українського контексту.

Розвиток біомеханіки як наукової дисципліни завжди залежав від науково-технічних досягнень, появи різного роду оптичних засобів, інструментальних методів вимірювання руху людини тощо. Разом з тим зацікавленість до біомеханіки також зростає з кожним роком. Саме тому глобальний ринок біомеханічних систем відстеження та захоплення руху людини демонструє стійку позитивну динаміку, що обумовлено інтеграцією цих технологій у охорону здоров'я, спорт та оборонний сектор. Очікується, що ринок біомеханічних систем відстеження руху

людини зросте з 14,31 млрд доларів, що було актуальним для 2025 року, до 25,21 млрд доларів до 2031 року [7]. Ринок безпосередньо систем захоплення руху для біомеханіки досягне 141,19 млн доларів до 2032 року з середньорічним темпом зростання 13,0% [3]

Слід зауважити, що північна Америка залишається домінуючим регіоном завдяки значним інвестиціям, розвиненій інфраструктурі спортивної науки та присутності провідних виробників біомеханічних систем захоплення руху. Водночас Азійсько-Тихоокеанський регіон демонструє найвищі темпи зростання, що стимулюється розширенням спортивної індустрії та модернізацією систем реабілітації в Китаї, Індії та Японії [7].

Наразі одним із найбільш значущих стратегічних зрушень є перехід від сенсорних систем (наприклад, IMU-сенсорів або маркерних оптичних систем) до безсенсорного біомеханічного аналізу на основі штучного інтелекту та комп'ютерного зору. Традиційні методи вимагали використання дорогого обладнання, спеціальних костюмів та тривалого калібрування, що обмежувало їх застосування лабораторними умовами. Сучасні рішення на основі комп'ютерного зору дозволяють отримувати високоточні дані безпосередньо зі стандартних відеоматеріалів [9].

Ці системи використовують складні алгоритми оцінки пози для ідентифікації ключових точок тіла (коліна, лікті, зап'ястя) та побудови «скелетної» моделі руху в режимі реального часу. У футболі, тенісі та баскетболі це дозволяє тренерам аналізувати біомеханіку руху гравців безпосередньо під час матчів, виявляючи падіння вибухової сили або зміни в патернах кроку, що можуть свідчити про втому або ризик травми [4].

Штучний інтелект перестав бути лише інструментом обробки даних і став повноцінним прогностичним двигуном у біомеханіці. Алгоритми машинного навчання, такі як Random Forest та Convolutional Neural Networks, демонструють вражаючу точність у прогнозуванні травм та оптимізації техніки рухових дій [1].

Дослідження показують, що системи на основі Convolutional Neural Networks можуть ідентифікувати технічні недоліки в складних рухах (наприклад, у гімнастиці або фігурному катанні) з чутливістю, що на 23% перевищує можливості досвідчених тренерів. Предиктивні моделі здатні прогнозувати травми підколінного сухожилля з точністю до 85%, аналізуючи сукупність біомеханічних маркерів, таких як асиметрія сили та динаміка навантаження [1].

Центральним елементом сучасних біомеханічних досліджень є використання обчислювальних моделей опорно-рухового апарату, які дозволяють зазирнути всередину людського тіла без інвазивного втручання. Програмне забезпечення, таке як OpenSim та AnyBody Modeling System, дозволяє дослідникам розраховувати м'язові зусилля, суглобові моменти та навантаження на тканини під час виконання фізичних вправ [6].

Вибір інструменту моделювання часто залежить від конкретних завдань дослідження. Наприклад, OpenSim, будучи платформою з відкритим кодом, має велику бібліотеку моделей, створених спільнотою, та ідеально підходить для аналізу ходьби й розробки нових методів лікування. AnyBody, навпаки, є комерційним рішенням, яке демонструє вищу надійність при моделюванні верхніх кінцівок та складних ергономічних взаємодій.

Ці моделі мають критичне значення для розуміння причин зниження фізичної працездатності. Наприклад, поєднання інерційних костюмів з біомеханічним моделюванням дозволяє оцінити метаболічну потужність та енергію в польових умовах, що раніше було можливо лише за допомогою незручних газоаналізаторів [8].

Отже, головні перспективи розвитку біомеханіки фізичних вправ лежать у площині повної інтеграції біологічних та цифрових систем. Передбачається, що у наступному десятилітті кожен спортсмен або пацієнт зможе мати власного «цифрового двійника» — динамічну модель, що оновлюється на основі даних з носіїв інформації. Це дозволить проводити віртуальні випробування нових протезів або тренувальних планів перед їх реальним впровадженням [2, 5].

Аналіз стану та перспектив біомеханіки фізичних вправ вказує на те, що ми вступаємо в еру «прозорого» та усюдисущого моніторингу людського руху. Саме тому глобальним трендом слід вважати перехід від лабораторного обладнання до безсенсорного аналізу за допомогою комп’ютерного зору, що робить високоточну біомеханіку доступною для широких мас, від елітних атлетів до пацієнтів у віддалених регіонах.

Для подальшого розвитку галузі необхідно зосередитися на розробці відкритих стандартів даних, підготовці мультидисциплінарних фахівців (біомеханіків, програмістів, фізіотерапевтів) та забезпеченні рівного доступу до високотехнологічних рішень для всіх категорій населення, незалежно від їхнього місця проживання чи соціального статусу.

Список використаних джерел

1. Artificial Intelligence in Sports Biomechanics: A Scoping Review on Wearable Technology, Motion Analysis, and Injury Prevention / M. Souaifi [et al.] // Bioengineering (Basel). 2025. Vol. 12, iss. 8. Art. 887. DOI: 10.3390/bioengineering12080887.

2. Biomechanical models in the lower-limb exoskeletons development: a review / V. Firouzi [et al.] // J Neuroeng Rehabil. 2025. Vol. 22, iss. 1. Art. 12. DOI: 10.1186/s12984-025-01556-5.

3. Biomechanics Motion Capture Market Forecasts to 2032 – Global Analysis By Component (Hardware, Software and Services), System Type (Optical Systems, Non-Optical Systems and Hybrid Systems), Application, End User and By Geography [Електронний ресурс]. – URL:

https://www.strategymrc.com/report/biomechanics-motion-capture-market (дата звернення: 14.03.2026).
4. Computer Vision in Sports: Applications, Challenges, and Sports Datasets [Електронний ресурс]. – URL: https://annotationbox.com/computer-vision-in-sports/ (дата звернення: 14.03.2026).
5. Novel approaches to evaluate characteristics that affect military load carriage / R. B. Graham [et al.] // BMJ Mil Health. 2025. Vol. 171, iss. 5. P. 458–462. DOI: 10.1136/military-2024-002899.
6. OpenSim: a musculoskeletal modeling and simulation framework for in silico investigations and exchange / A. Seth [et al.] // Procedia IUTAM. 2011. Vol. 2. P. 212–232. DOI: 10.1016/j.piutam.2011.04.021.
7. Technological Advances in Biomechanics Tracking System Market: Trends and Opportunities 2026-2034 [Електронний ресурс]. – URL: https://www.datainsightsmarket.com/reports/biomechanics-tracking-system-525441 (дата звернення: 14.03.2026).
8. The Added Value of Musculoskeletal Simulation for the Study of Physical Performance in Military Tasks / I. Kessels [et al.] // Sensors (Basel). 2021. Vol. 21, iss. 16. Art. 5588. DOI: 10.3390/s21165588.
9. Top AI Trends in the Sports Industry for 2025 [Електронний ресурс] / API4AI. – URL: https://medium.com/@API4AI/top-ai-trends-in-the-sports-industry-for-2025-98758bb89378 (дата звернення: 14.03.2026).

УДК 378.147: 796.01
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9306-7700

ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІЗ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ І СПОРТУ

Внукова О. М., кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри фізичного виховання та здоров'я,
Грабовський Д. П., здобувач вищої освіти
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: дослідницька компетентність, майбутні фахівці із фізичної культури і спорту, наукові дослідження, академічна доброчесність.

На сучасному етапі розвитку освіти, науки та спорту від фахівців вимагається не лише високий рівень професійної підготовки, а й здатності до креативності, критичного мислення та впровадження інновацій. В Україні у зв'язку з викликами сьогодення, пов'язаних з війною та необхідністю зміцнення здоров'я і підвищення рівня фізичної підготовленості всіх верств населення, очевидним є запит на фахівців, здатних не лише адаптуватися до змін у галузі фізичної культури і спорту,