

БІОМЕХАНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ СТАНУ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ ЮНИХ СПОРТСМЕНІВ: ОБ'ЄКТИВІЗАЦІЯ ДІАГНОСТИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОРУШЕНЬ

Радченко Андрій, Драчук Дмитро, Мадей Олександр

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Анотація. Актуальність. У сфері знань контроль визначається як необхідний інформаційний процес: перетворення вихідних даних на інформацію, а її – на управлінське знання, що забезпечує наукову обґрунтованість і ефективність керівництва спортивною підготовкою. Експерти підкреслюють, що система контролю має бути інтегрованою та взаємозалежною, гарантуючи якісний зворотний зв'язок між суб'єктом (тренером) і об'єктом (спортсменом) управління. Фундаментальні вимоги до контролю: об'єктивність; своєчасність (оперативність); комплексність (системність). Штучний інтелект сьогодні є передовим методологічним інструментом для автоматизованої та високоточної трансформації емпіричного масиву даних у науково аргументоване управлінське знання. **Мета статті** полягає в обґрунтуванні біомеханічного контролю стану опорно-рухового апарату юних спортсменів, які спеціалізуються у рукопашному бою. **Методи:** у роботі використано теоретичний аналіз і узагальнення спеціальної науково-методичної літератури, педагогічне тестування, візуальний скринінг стану біогеометричного профілю постави юних спортсменів, антропометрія, міотонометрія. **Результати роботи.** Розробка системи біомеханічного контролю для оцінювання біогеометричного профілю постави, демпфуючої здатності стопи та морфологічних параметрів юних атлетів, що займаються рукопашним боєм, становить суттєву складову сучасного спортивного моніторингу. Дана технологія реалізується на принципах системного аналізу функціонального стану опорно-рухового апарату, забезпечуючи синергію класичних соматометричних, антропометричних і функціональних методик із високоточними цифровими

BIOMECHANICAL CONTROL OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM IN YOUNG ATHLETES: OBJECTIVIZING THE DIAGNOSIS OF FUNCTIONAL DISORDERS

Radchenko Andrii, Drachuk Dmytro, Madei Oleksandr

Abstract. Relevance. In the field of knowledge, control is defined as an essential informational process: the transformation of initial data into meaningful information, and subsequently into managerial knowledge that ensures the scientific validity and effectiveness of sports training management. Experts emphasize that a control system must be integrated and interdependent, guaranteeing high-quality feedback between the subjects (coaches) and objects (athletes) of the management process. The fundamental requirements for control include objectivity, timeliness (operational efficiency), and comprehensiveness (systematicity). Artificial intelligence today represents an advanced methodological tool for the automated and highly accurate transformation of empirical datasets into scientifically substantiated managerial knowledge. **The purpose** of this article is to justify the implementation of biomechanical control of the musculoskeletal system in young athletes specializing in hand-to-hand combat. **Methods:** theoretical analysis and synthesis of specialized scientific and methodological literature, pedagogical testing, visual screening of the biogeometric posture profile, anthropometry, and myotonometry. **Results.** The development of a biomechanical monitoring system for assessing the biogeometric posture profile, foot damping capacity, and morphological parameters of young hand-to-hand combat athletes constitutes a significant component of modern sports monitoring. This technology is implemented on the principles of systematic analysis of the functional state of the musculoskeletal system, ensuring synergy between classical

рішеннями, такими як відеометрія та міотонометрія. **Висновки.** Розробка та імплементація технології біомеханічного контролю являє собою не просто діагностичний інструмент, але й ефективний профілактично-корекційний механізм, що дозволяє своєчасно верифікувати девіації в організації рухового стереотипу та персоналізувати програми навчально-тренувальної діяльності юних спортсменів.

Ключові слова: *рукопашний бій, юні спортсмени, технологія біомеханічного контролю, діагностичний інструментарій, постава, рівень стану біогеометричного профілю.*

somatometric, anthropometric, and functional methods and high-precision digital solutions such as videometry and myotonometry. **Conclusions.** The development and implementation of biomechanical control technology represent not only a diagnostic tool but also an effective preventive and corrective mechanism enabling timely verification of deviations in motor stereotype organization and the personalization of training programs for young athletes.

Keywords: *hand-to-hand combat, young athletes, biomechanical control technology, diagnostic tools, posture, biogeometric posture profile.*

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дискурсі знань контроль – це процес перетворення даних на інформацію, а інформацію – на знання, необхідне для ефективного, науково обґрунтованого управління спортивною підготовкою.

Штучний інтелект (ШІ) виступає сучасним методологічним ресурсом для трансформації емпіричних даних у науково обґрунтоване управлінське знання [19].

Прогностичне моделювання: на основі алгоритмів Machine Learning здійснюється аналіз багатофакторних датасетів, що дозволяє формувати індивідуалізовані прогностичні профілі [15]. Така методологія слугує для випереджальної ідентифікації потенційних загроз травматизації, а також для визначення оптимальних термінів досягнення пікової спортивної форми та ризиків дезадаптації (перетренованості) на досимптомному рівні [13, 14].

Об'єктивізація рухової техніки: впровадження інструментарію комп'ютерного зору (Computer Vision) забезпечує безконтактний, високоточний кінематичний аналіз технічних елементів (за допомогою стандартних візуальних сенсорів). Такий підхід забезпечує зіставлення індивідуальної рухової траєкторії з еталонними модельними критеріями та генерує оперативний об'єктивний зворотний зв'язок для цільової корекції.

ШІ революціонізує діагностику та контроль стану постави спортсменів, перетворюючи трудомісткі та суб'єктивні процеси на швидкі, об'єктивні та прогностичні [14, 15] (рис. 1).

Зв'язок із науковими планами, темами. Роботу виконано згідно до Плану науково-дослідної роботи кафедри теорії і методики фізичного виховання Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського за темою: «Теоретико-методичні засади застосування інноваційних технологій у фізичному вихованні та спорті» на 2018–2022 рр.; «Організаційно-методичні основи застосування сучасних педагогічних технологій у фізичному

вихованні та спорті» на 2023-2027 рр.»).



Рис. 1. Діагностика стану постави юного спортсмена за допомогою ШІ

Мета статті полягає в обґрунтуванні біомеханічного контролю стану опорно-рухового апарату юних спортсменів, які спеціалізуються у рукопашному бою.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися на базі кафедри теорії і методики фізичного виховання Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського та на спортивних об'єктах Комплексної дитячо-юнацької спортивної школи «Арсенал» м. Києва. Наукове педагогічне дослідження було виконано з дотриманням усіх необхідних етичних норм. Учасники експерименту були залучені лише за наявності письмової згоди батьків (офіційних опікунів). Дослідження відповідало основним положенням «Правил етичних принципів проведення наукових досліджень за участю людини», які затверджені Гельсінською декларацією (редакція 1964–2013 рр.).

Виконання поставлених у роботі завдань передбачає залучення комплексу таких методів: теоретичні – для вивчення й обґрунтування засадничих положень дослідження, окреслення його проблемного поля; емпіричні – педагогічне спостереження як метод емпіричного рівня досліджень, для ознайомлення із процесом організації навчально-тренувальних занять; для визначення типів постави використовувалась програма «Torso» [2, 3, 16, 18]; педагогічний експеримент.

Результати дослідження. Ключовим елементом сучасного спортивного моніторингу є система біомеханічного контролю, призначення якої полягає в об'єктивній оцінці біогеометричного профілю постави, ресорної функції стопи та морфологічних показників у юних атлетів, які спеціалізуються в рукопашному бою. Методологія цієї технології базується на інтегральному підході до дослідження функціонального стану опорно-рухового апарату (ОРА) [5, 6, 7, 17] та поєднує традиційний арсенал соматометричних, антропометричних і

функціональних вимірювань із передовим інструментарієм цифрової відеометрії та міотонометрії.

Рукопашний бій накладає суворі вимоги до функціональної стійкості опорно-рухової системи. Під час тренувань спортсмени перманентно виконують високоамплітудні динамічні рухи, раптові зміни положення, елементи стрибків, падінь та інтенсивні переміщення, що супроводжуються форсованим перенесенням центру мас. Це генерує критичні механічні навантаження на осьовий скелет, великі суглоби нижніх кінцівок і кістякові м'язи. Без адекватного системного контролю такі інтенсивні навантаження можуть ініціювати формування функціональних і структурних асиметрій, патології постави, прогресуюче зниження амортизаційних можливостей стопи та, як наслідок, підвищення ризику травм.

Отже, розробка та впровадження технології біомеханічного контролю є не лише діагностичним, а й вагомим профілактично-корекційним заходом, що дозволяє своєчасно виявляти дисфункції в організації рухового апарату та забезпечувати індивідуалізацію навчально-тренувального процесу.

Оперативний біомеханічний контроль у його класичному визначенні полягає в оцінці поточного функціонального стану (оперативного стану) – термінових адаптаційних реакцій організму спортсмена на фізичне навантаження впродовж окремих тренувальних занять і змагальної діяльності [4].

У контексті нашого дослідження оперативний біомеханічний контроль проводиться на початковому етапі навчально-тренувального року (зокрема, у вересні).

Основна мета оперативного біомеханічного контролю полягає у комплексній діагностиці спортсменів для формування індивідуалізованих програм тренувань і запобігання травматизму. Це досягається шляхом:

- встановлення референтних індивідуальних параметрів біогеометричного профілю постави та морфологічних показників;
- визначення рівня фізичної підготовленості атлетів;
- оцінювання характеристик опорно-ресорної функції стопи [10] та біомеханічних властивостей скелетних м'язів;
- ідентифікації спортсменів групи ризику за наявністю початкових ознак функціональних порушень ОРА.

Комплекс методів оперативного біомеханічного контролю. До структури попереднього контролю входять такі діагностичні методи:

1. Антропометрія – вимірювання довжини тіла, маси, пропорцій, окружностей сегментів.

2. Візуальний скринінг стану біогеометричного профілю постави юних спортсменів передбачає орієнтацію на трибальну систему та залучення методу порівняння індивідуальної постави на фотографії та графічних варіантів на зразку. Відтак приймали те, що бал «1» відповідає оцінці «погано», «2» – «задовільно», «3» – «добре». Максимально спортсмен міг одержати 33 бали (така інтегральна оцінка

передбачала отримання експериментованим 3 балів з усіх 11 показників), мінімально – 11 балів (оцінювання всіх 11 показників 1 балом) [2]. З огляду на це досліджувані спортсмени, які спеціалізуються в рукопашному бою, підлягали розподілу за рівнями стану біогеометричного профілю, з'ясованими на основі аналізу регламентованих скринінгом 11 показників у фронтальній (5) і сагітальній (6) площинах (рис. 2).

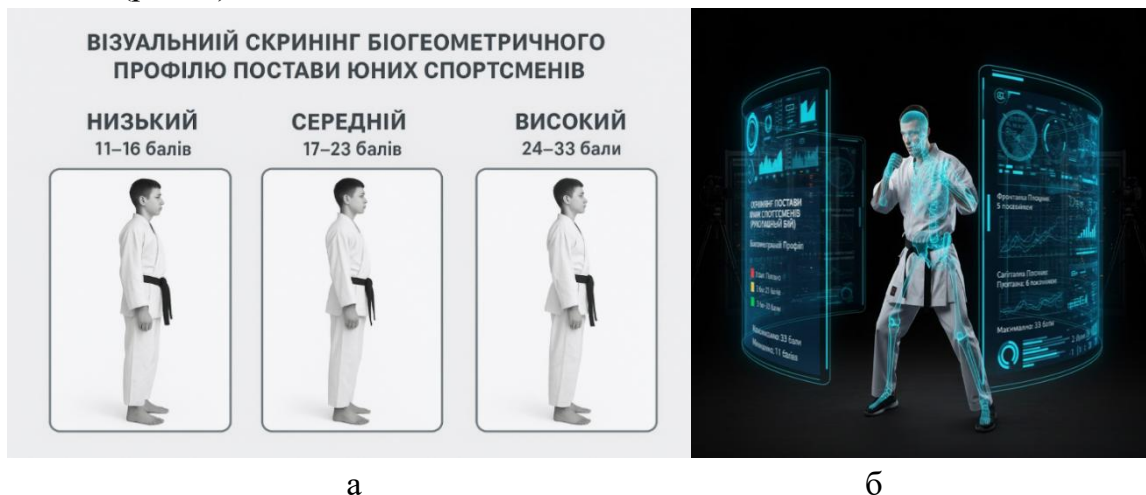


Рис. 2. Візуальний скринінг стану біогеометричного профілю постави юних спортсменів (а) та генерація за допомогою ШІ (б)

3. Відеометрія стопи – цифровий аналіз опорно-ресорної функції стопи спортсменів за допомогою програми «BIG FOOT» (рис. 3). Біомеханічний аналіз сагітального профілю стопи здійснюватися шляхом оцифрування фотографій із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення «Big Foot». Оцифрування передбачало ідентифікацію та визначення координат 11 антропометричних точок у сагітальній площині. На основі отриманих координатних показників було розраховано три кутові та чотири лінійні характеристики стопи [2].

Розміщення антропометричних точок, які використовувалися при оцифруванні сагітального профілю, та опис досліджуваних параметрів представлено в табл. 1.

Під час відеозйомки визначаються кутові та лінійні характеристики стопи. Кутові характеристики: кут α – плюсневий кут (кут між лінією опорної частини склепіння стопи (I) і прямою, яка з'єднує головку першої плюсневої кістки з точкою максимальної висоти склепіння), кут β – п'ятковий кут (кут між лінією (I) та прямою, яка з'єднує опорну точку горба п'яткової кістки з максимальною висотою склепіння), кут γ , який характеризує ресорні властивості стопи в цілому ($180-(\alpha+\beta)$) [2].

Дослідження базується на об'єктивному вимірюванні таких лінійних параметрів: довжина стопи, максимальна висота склепіння стопи та висота підйому

стопи. Ці показники є важливими критеріями для морфологічної індексації та порівняння [2].

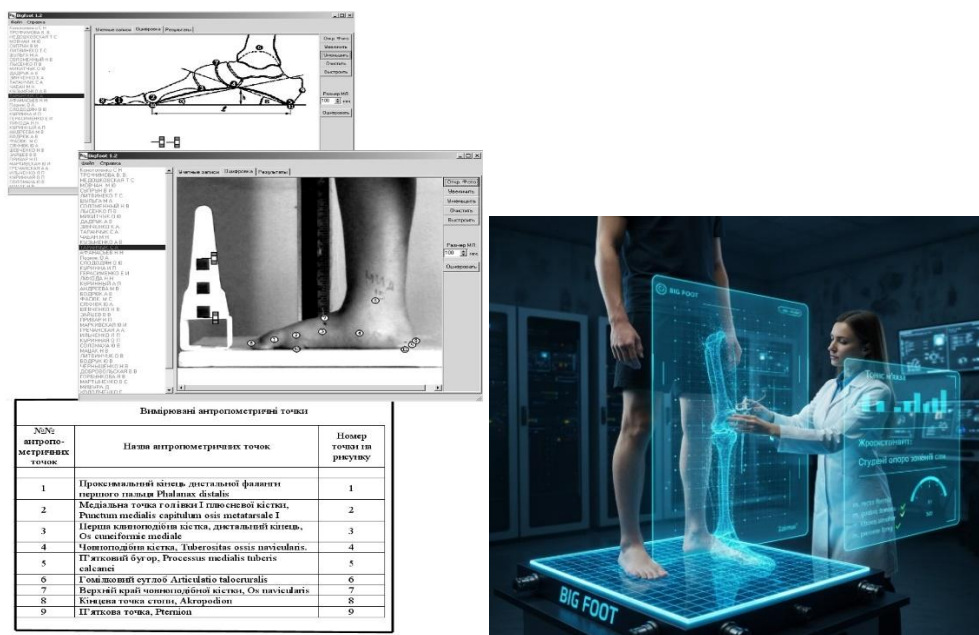


Рис. 3. Вікно програми «BIG FOOT» (роздруковано з екрану комп'ютера) та генерація за допомогою III

Таблиця 1

Антропометричні точки, що визначались у процесі відеокomp'ютерного аналізу (програма «Big foot»)

№ з/п	Назва антропометричних точок	Номер точки на рисунку
1	Проксимальний кінець дистальної фаланги першого пальця	1
2	Медіальна точка головки першої плюсневої кістки	2
3	Перша клиноподібна кістка, дистальний кінець	3
4	Човноподібна кістка	4
5	П'ятковий горб	5
6	Гомілкостопний суглоб	6
7	Верхній край човноподібної кістки	7
8	Кінцева точка стопи	8
9	П'яткова точка	9
10	Довжина опорної частини склепіння стопи – лінія CD	10–11

У якості критеріїв оцінки розвитку склепіння стопи, окрім лінійних показників, застосовувався аналіз куткових характеристик, що дозволив диференціювати причини функціональних порушень:

- плесновий кут (α) – його величина є індикатором активної ресорної функції стопи, безпосередньо відображаючи стан м'язових структур, відповідальних за підтримку склепіння;

• п'ятковий кут (β) – характеризує стійкість склепіння, яка переважно визначається пасивними компонентами ОРА, тобто анатомічними особливостями з'єднання кісток та станом зв'язкового апарату.

4. Міотонометрія – визначення пружнов'язких властивостей м'язів, що впливають на постуральний контроль спортсменів (рис. 4). Пружнов'язкі властивості м'язів мають провідне значення у формуванні правильної постави та в забезпеченні технічних дій у рукопашному бою.

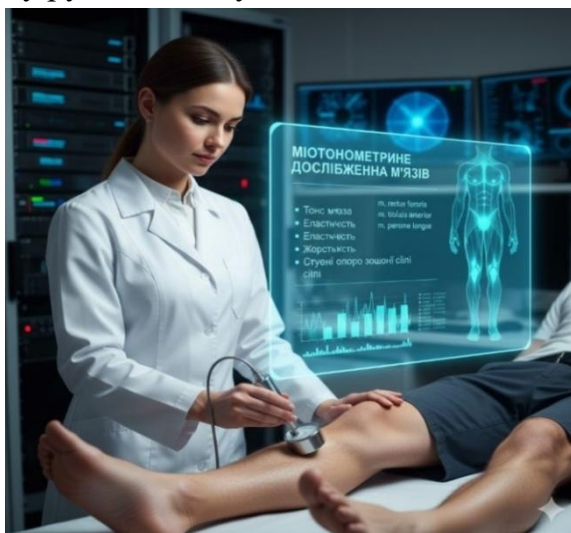


Рис. 4. Визначення пружнов'язких властивостей м'язів, генерація за допомогою ІІІ

Механічний пружинний міотонometr «Сірмаї» дозволяє отримувати такі параметри: тонус м'яза, еластичність, жорсткість, ступінь опору зовнішній силі. Як правило дослідження включають м'язи: *m. rectus femoris*, *m. gastrocnemius*, *m. tibialis anterior*, *m. peroneus longus*.

5. Рухові тести – тестування рівня фізичної підготовленості – передбачає застосування орієнтовних нормативів із загальної фізичної підготовки для груп початкової підготовки, представлених у навчальній програмі для дитячо-юнацьких спортивних шкіл [9]. Тестування фізичної підготовленості юних спортсменів: згинання та розгинання рук в упорі лежачи, к-сть разів; нахил тулуба вперед з положення сидячи, см; підймання тулуба з горизонтального положення в положення напівсід, к-сть разів (рис. 5).

Поточний біомеханічний контроль слугує для оцінювання оперативно-поточного стану біомеханічних характеристик ОРА під впливом тренувального навантаження упродовж серії занять (мікроциклу). Комплекс методів поточного біомеханічного контролю охоплює: візуальний скринінг постави, функціональні рухові тести (оцінка якості рухових патернів).

Поточний контроль забезпечує можливість:

- виявлення ранніх ознак перевантажень і кумулятивної втоми;
- оперативного коригування тренувального навантаження в межах поточного мікроциклу;

- запобігання травмам і уникнення погіршення біомеханічних характеристик постави.

Етапний біомеханічний контроль здійснюється як підсумкова процедура після завершення тренувального циклу, виконуючи провідну роль у ретроспективному аналізі (рис. 6).



Рис. 5. Тестування фізичної підготовленості юних спортсменів



Рис. 6. Етапний біомеханічний контроль – оцінка результативності профілактично-корекційних заходів, генерація за допомогою ШІ

Завдання етапного біомеханічного контролю охоплюють:

- визначення вектору динаміки біогеометричного профілю постави та морфологічних показників юних спортсменів;
- аналіз змістових змін опорно-ресорних характеристик стопи та пружнов'язких властивостей м'язів;
- визначення рівня фізичної підготовленості атлетів;
- оцінка ступеня успішності впроваджених профілактично-корекційних заходів;
- встановлення необхідності коригування індивідуальних тренувальних планів.

Застосування уніфікованих показників на етапах оперативного й етапного контролю дає змогу для:

- візуалізації динаміки у вигляді графіків;
- статистичної верифікації функціональних змін;
- виявлення стійких позитивних або негативних тенденцій.

За результатами етапного біомеханічного контролю формуються персоналізовані рекомендації для тренерів, юних спортсменів і батьків, що стосуються:

- корекційних вправ для різних типів порушень постави;
- вправ для підвищення рівня стану біогеометричного профілю постави;
- програм зміцнення склепінь стопи;
- оптимізації техніки рухів;
- підвищення рівня фізичної підготовленості.

Дискусія. Аналіз фахової літератури [11, 12, 16] дає підстави констатувати, що висока інформативність показників фізичного розвитку юних спортсменів є визначальним чинником їхньої інтеграції в інформаційно-аналітичні системи біомеханічного моніторингу [2, 19]. Цей факт підкреслює пріоритетність збереження здоров'я [4, 10, 11, 12, 15] та забезпечення всебічного фізичного розвитку юних спортсменів у процесі їхньої спортивної підготовки. Проведення дослідження стало доповненням до наукових напрацювань фахівців [1, 3, 16, 19] у цьому напрямку.

Аналіз результатів проведеного експериментального пошуку, що ґрунтувався на обраній шкалі оцінки рівня стану біогеометричного профілю постави [17], продемонстрував: серед юних спортсменів, які спеціалізуються в рукопашному бою, біомеханічні характеристики постави єдиноборців визнані вагомими індикаторами соматичного здоров'я. Це зумовлено їхньою здатністю відображати комплексний вплив на організм як екзогенних, так і ендогенних факторів.

Висновки. У науковому дискурсі контроль виконує функцію інформаційного мосту, що послідовно трансформує дані в інформацію, а інформацію – у знання, критично необхідні для ефективного, науково-методичного управління процесом спортивної підготовки. Фахівці одностайно вказують на необхідність взаємозалежності видів контролю та забезпечення ними

безперервного зворотного зв'язку в системі "тренер–спортсмен". Основні критерії якості контрольних процедур: об'єктивність, своєчасність і комплексність. ШІ є інноваційним методологічним ресурсом, який каталізує трансформацію емпіричних вимірювань у достовірне, науково обґрунтоване знання для прийняття управлінських рішень.

Розробка та імплементація технології біомеханічного контролю являє собою не просто діагностичний інструмент, але й ефективний профілактично-корекційний механізм, що дозволяє своєчасно верифікувати девіації в організації рухового стереотипу та персоналізувати програми навчально-тренувальної діяльності юних спортсменів.

Список літературних джерел

1. Данищук А.Т. Корекція порушень склепінчастого апарату стопи юних спортсменів, що спеціалізуються в таеквон-до (Дисертація). Івано-Франківськ. 2021.
2. Кашуба В.О., Попадюха Ю.А. Біомеханіка просторової організації тіла людини: сучасні методи та засоби діагностики і відновлення порушень (Монографія). Центр учбової літератури. 2018
3. Кашуба В., Ярош Г., Крикун Ю., Хабінець Т., Домашенко Н., Шанковський А. Стан просторової організації тіла юних спортсменів як передумова розроблення й упровадження корекційно-профілактичних заходів у тренувальний процес. Вісник Прикарпатського університету. Серія: Фізична культура. 2020. Вип. 36. С. 16–25. <https://doi.org/10.15330/fcult.36.16-25>
4. Платонов В.М. Сучасна система спортивного тренування (Підручник). Перша друк. 2021
5. Радченко Ю.А., Радченко А.А. Особливості соматоскопічних показників юних єдиноборців (на прикладі рукопашного бою). Спортивний вісник Придніпров'я. 2023. Вип. 2. С. 128–136. <https://doi.org/10.32540/2071-1476-2023-2-128>
6. Радченко Ю.А., Радченко А.А. Оцінка стану постави юних єдиноборців (на прикладі рукопашного бою). Rehabilitation & Recreation, 2023. №15. С. 260–267. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2023.15.34>
7. Радченко А.А. Особливості постави юних спортсменів, які спеціалізуються в рукопашному бою. Фізична культура, спорт та здоров'я нації. 2024. Вип. 16 (37). С. 285–

References

1. Danyshchuk, A. T. (2021). Korektsiia porushen' sklepinchastoho aparatu stopy yunyx sportsmeniv, shcho spetsializuiut'sia v taekvon-do [Dissertation]. Ivano-Frankivsk.
2. Kashuba, V. O., & Popadiukha, Yu. A. (2018). Biomekhanika prostorovoi orhanizatsii tila liudyny: suchasni metody ta zasoby diahnostyky i vidnovlennia porushen' (Monograph). Tsentr uchbovoi literatury.
3. Kashuba, V., Yarosh, H., Krykun, Yu., Khabinets, T., Domashenko, N., & Shankovskiy, A. (2020). Stan prostorovoi orhanizatsii tila yunyx sportsmeniv yak peredumova rozroblennia i vprovadzhennia korektsiino-profilaktychnykh zakhodiv u trenuval'nyi protses. Visnyk Prykarpatskoho universytetu. Serii: Fizychna kultura, 36, 16–25. <https://doi.org/10.15330/fcult.36.16-25>
4. Platonov, V. (2021). Suchasna systema sportyvnoho trenuvannia (Textbook). Persha druk.
5. Radchenko, Yu. A., & Radchenko, A. A. (2023). Osoblyvosti somatoskopichnykh pokaznykiv yunyx yedynobortsiv (na prykladi rukopashnoho boiu). Sportyvnyi visnyk Prydniprovia, 2, 128–136. <https://doi.org/10.32540/2071-1476-2023-2-128>
6. Radchenko, Yu. A., & Radchenko, A. A. (2023). Otsinka stanu postavy yunyx yedynobortsiv (na prykladi rukopashnoho boiu). Rehabilitation & Recreation, 15, 260–267. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2023.15.34>
7. Radchenko, A. A. (2024). Osoblyvosti postavy yunyx sportsmeniv, yaki spetsializuiut'sia v rukopashnomu boi. Fizychna kultura, sport ta zdorov'ia natsii,

293. [https://doi.org/10.31652/2071-5285-2024-17\(36\)-285-293](https://doi.org/10.31652/2071-5285-2024-17(36)-285-293)
8. Радченко А. Особливості фізичної підготовленості юних спортсменів, які спеціалізуються в рукопашному бою з різними типами постави. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації*. 2024. Вип. 18 (37). С. 128–141. [https://doi.org/10.31652/2071-5285-2024-18\(37\)-128-141](https://doi.org/10.31652/2071-5285-2024-18(37)-128-141)
9. Республіканський науково-методичний кабінет. Рукопашний бій: навчальна програма для дитячо-юнацьких спортивних шкіл. 2019. 126 с. https://mms.gov.ua/storage/app/sites/16/Sport/Programy_navchalni/2019/rykopashnii-bii-2019.pdf
10. Самойлюк О.В. Корекція порушень біомеханічних властивостей стопи юних спортсменів засобами фізичної реабілітації (Дисертація). Київ. 2021.
11. Ярош Г., Хабінець Т. Характеристика соматоскопічних та соматометричних показників юних боксерів. *Молодіжний науковий вісник ЧНУ імені Лесі Українки*. 2020. Вип. 37. С. 145–151.
12. Barczyk-Pawelec, K., Rubajczyk, K., Stefańska, M., Pawlik, Ł., & Dziubek, W. (2022). Characteristics of body posture in the sagittal plane in 8–13-year-old male athletes practicing soccer. *Symmetry*, 14(210). <https://doi.org/10.3390/sym14020210>
13. Dindorf, C., Dully, J., Bartaguiz, E., Lange, A., & Wöller, J. (2025). Characteristics and perceived suitability of artificial intelligence-driven sports coaches: A pilot study on psychological and perceptual factors. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1548980. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1548980>
14. Gonçalves, C. E., & Costa, E. (2025). Training in sports: The role of artificial intelligence and machine learning. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1590162. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1590162>
15. Hellenic Naval Academy, Shiraz University, University of Lille, & University of Delaware. (2025). Artificial intelligence in endurance sports: Metabolic, recovery, and nutritional perspectives. *Nutrients*, 17(20), 3209. <https://doi.org/10.3390/nu17203209>
16. Kashuba, V., Andrieieva, O., Yarmolinsky, L., Karp, I., Kyrychenko, V., 16(37), 285–293. [https://doi.org/10.31652/2071-5285-2024-17\(36\)-285-293](https://doi.org/10.31652/2071-5285-2024-17(36)-285-293)
8. Radchenko, A. (2024). Osoblyvosti fizychnoi pidhotovlenosti yunyx sportsmeniv, yaki spetsializuiut'sia v rukopashnomu boi z riznymy typamy postavy. *Fizychna kultura, sport ta zdorov'ia natsii*, 18(37), 128–141. [https://doi.org/10.31652/2071-5285-2024-18\(37\)-128-141](https://doi.org/10.31652/2071-5285-2024-18(37)-128-141)
9. Respublikan'skyi naukovo-metodychnyi kabinet. (2019). Rukopashnyi bii: Navchal'na prohrama dlia DYUSSh (126 p.). https://mms.gov.ua/storage/app/sites/16/Sport/Programy_navchalni/2019/rykopashnii-bii-2019.pdf
10. Samoiliuk, O. V. (2021). Korektsiia porushen' biomekhanichnykh vlastyvostei stopy yunyx sportsmeniv zasobamy fizychnoi reabilitatsii [Dissertation]. Kyiv.
11. Yarosh, H., & Khabinets, T. (2020). Kharakterystyka somatoskopichnykh ta somatometrichnykh pokaznykiv yunyx bokseriv. *Molodizhnyi naukovyi visnyk SNU im. Lesi Ukrainky*, 37, 145–151.
12. Barczyk-Pawelec, K., Rubajczyk, K., Stefańska, M., Pawlik, Ł., & Dziubek, W. (2022). Characteristics of body posture in the sagittal plane in 8–13-year-old male athletes practicing soccer. *Symmetry*, 14(210). <https://doi.org/10.3390/sym14020210>
13. Dindorf, C., Dully, J., Bartaguiz, E., Lange, A., & Wöller, J. (2025). Characteristics and perceived suitability of artificial intelligence-driven sports coaches: A pilot study on psychological and perceptual factors. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1548980. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1548980>
14. Gonçalves, C. E., & Costa, E. (2025). Training in sports: The role of artificial intelligence and machine learning. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1590162. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1590162>
15. Hellenic Naval Academy, Shiraz University, University of Lille, & University of Delaware. (2025). Artificial intelligence in endurance sports: Metabolic, recovery, and nutritional perspectives. *Nutrients*, 17(20), 3209. <https://doi.org/10.3390/nu17203209>
16. Kashuba, V., Andrieieva, O., Yarmolinsky, L., Karp, I., Kyrychenko, V.,

- Goncharenko, Y., Rychok, T., & Nosova, N. (2020). Measures to prevent functional muscular disorders in sports training of 7–9-year-old football players. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(1), 366–371.
17. Kashuba, V., Radchenko, A., Radchenko, Y., Vako, I., & Usychenko, V. (2024). The state of the biogeometric profile of the posture of young athletes specializing in hand-to-hand combat as a prerequisite for the development of corrective and preventive measures. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*, 4, 224–237. [https://doi.org/10.15391/prrht.2024-9\(4\).03](https://doi.org/10.15391/prrht.2024-9(4).03)
18. Krykun, Y. Y., Kashuba, V. O., & Aleshina, A. I. (2024). Effectiveness of the technology of prevention and correction of functional disorders of the musculoskeletal system in cheerleaders at the stage of initial training. *Rehabilitation & Recreation*, 18(1), 168–179. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2024.18.18>
19. Nevolin, D. A., Lopatskyi, S. V., & Maslova, O. V. (2024). Peculiarities of somatometric indices of young basketball players with different types of posture. *Rehabilitation & Recreation*, 190–202. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2024.18.20>
20. Musat, C. L., Coneleașă, M., Costache, A., Sajin, M., Petcu, C. D. S., & Floroian, L. (2024). Diagnostic applications of AI in sports: A comprehensive review of injury risk prediction methods. *Diagnostics*, 14(22), 2516. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14222516>
- Goncharenko, Y., Rychok, T., & Nosova, N. (2020). Measures to prevent functional muscular disorders in sports training of 7–9-year-old football players. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(1), 366–371.
17. Kashuba, V., Radchenko, A., Radchenko, Y., Vako, I., & Usychenko, V. (2024). The state of the biogeometric profile of posture of young athletes specializing in hand-to-hand combat as a prerequisite for the development of corrective and preventive measures. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*, 4, 224–237. [https://doi.org/10.15391/prrht.2024-9\(4\).03](https://doi.org/10.15391/prrht.2024-9(4).03)
18. Krykun, Y. Y., Kashuba, V. O., & Aleshina, A. I. (2024). Effectiveness of the technology of prevention and correction of functional disorders of the musculoskeletal system in cheerleaders at the stage of initial training. *Rehabilitation & Recreation*, 18(1), 168–179. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2024.18.18>
19. Nevolin, D. A., Lopatskyi, S. V., & Maslova, O. V. (2024). Peculiarities of somatometric indices of young basketball players with different types of posture. *Rehabilitation & Recreation*, 190–202. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2024.18.20>
20. Musat, C. L., Coneleașă, M., Costache, A., Sajin, M., Petcu, C. D. S., & Floroian, L. (2024). Diagnostic applications of AI in sports: A comprehensive review of injury risk prediction methods. *Diagnostics*, 14(22), 2516. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14222516>

DOI: 10.31652/2071-5285-2025-20(39)-185-196

Відомості про автора:

Радченко А.; orcid.org/0009-0008-7276-5332; rukbo.club@gmail.com;

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Драчук Д.; orcid.org/0009-0000-7325-4974; drachuk9909@gmail.com;

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Мадей О.; orcid.org/0009-0004-6314-5212; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського