

АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ ЦІЛЮВИХ КОРЕКЦІЙНО-ПРОФІЛАКТИЧНИХ ПРОГРАМ: ВІД БІОМЕХАНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДО ІНДИВІДУАЛІЗОВАНОЇ КІНЕЗІОЛОГІЧНОЇ КОРЕКЦІЇ

^{1,2}Дем'юхін Дмитро, ¹Асаулюк Інна, ¹Олефір Дана

¹Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

²Національний університет фізичного виховання і спорту України

Анотація. Актуальність. Незважаючи на значний масив наукових праць, присвячених окремим кінезіологічним методикам, поза увагою дослідників залишається питання системної алгоритмізації. На сьогодні констатується суттєвий методичний пробіл у механізмах трансформації результатів об'єктивної біомеханічної діагностики у цільові корекційні стратегії. Відсутність цілісного алгоритму, який би інтегрував інструментальний скринінг як імперативну передумову формування індивідуалізованого плану, нівелює потенціал сучасних технологій і знижує прогнозовану ефективність оздоровчих заходів. **Мета дослідження** полягає у теоретико-методологічному обґрунтуванні та розробці цілісного алгоритму проєктування корекційно-профілактичних програм, що забезпечують високу ступінь індивідуалізації оздоровчих заходів на основі інтеграції даних біомеханічної діагностики, методів індивідуалізованого кінезіологічного моделювання для оптимізації рухової функції суб'єктів. **Методи дослідження:** теоретичний аналіз і узагальнення літературних джерел, фотозйомка й аналіз постави, методи математичної статистики. **Результати.** Теоретично обґрунтовано цілісний алгоритм формування індивідуалізованих корекційно-профілактичних програм, що інтегрує біомеханічний контроль і цифрові моделі аналізу даних. Алгоритм реалізується у чотири етапи: 1. Інструментальний скринінг (використання markerless-систем та IMU-сенсорів для об'єктивізації рухових характеристик). 2. Кінезіологічне моделювання (формування «цифрового профілю» опорно-рухового апарату, ранжування зон втручання та прогнозування змін у кінематичних ланцюгах). 3. Проєктування програми (диференційований

ALGORITHM FOR DEVELOPING TARGETED CORRECTIVE AND PREVENTIVE PROGRAMS: FROM BIOMECHANICAL DIAGNOSTICS TO INDIVIDUALIZED KINESIOLOGICAL CORRECTION

Demiohin Dmytro, Asauliuk Inna, Olefir Dana

Abstract. Relevance. Despite a substantial body of research dedicated to specific kinesiological techniques, the issue of systemic algorithmization remains largely unaddressed. Currently, a significant methodological gap exists regarding the mechanisms for transforming objective biomechanical diagnostic data into targeted corrective strategies. The absence of a holistic algorithm that integrates instrumental screening as an imperative prerequisite for developing an individualized plan diminishes the potential of modern technologies and reduces the predictive efficacy of health-improving interventions. **The aim of the study** is to provide a theoretical and methodological substantiation and to develop a comprehensive algorithm for designing corrective and preventive programs. These programs ensure a high degree of individualization in health-related measures based on the integration of biomechanical diagnostic data and individualized kinesiological modeling methods to optimize the motor function of subjects. **Methods.** Theoretical analysis and generalization of scientific literature, postural photography and analysis, methods of mathematical statistics. **Results.** A holistic algorithm for developing individualized corrective and preventive programs has been theoretically substantiated, integrating biomechanical control and digital data analysis models. The algorithm is implemented in four stages: 1. Instrumental screening (utilizing markerless motion capture

вибір засобів на основі отриманої моделі). 4. Динамічний моніторинг (адаптивне коригування навантажень за результатами повторних вимірювань). Доведено, що поєднання алгоритмів машинного навчання з біомеханічним моделюванням забезпечує перехід від епізодичної діагностики до прецизійної корекції рухових дисфункцій у системі фізичної культури та спорту.

Висновки. Розроблено цілісний алгоритм, що базується на замкненому циклі «діагностика – моделювання – корекція», де вибір засобів кінезіотерапії детермінується не нозологічною формою, а індивідуальним профілем біомеханічних дефіцитів, що дозволяє мінімізувати ризик травматизації та підвищити ергономічність рухової діяльності.

systems and IMU sensors for objective assessment of motor characteristics). 2. Kinesiological modeling (forming a "digital profile" of the musculoskeletal system, prioritizing intervention zones, and forecasting changes within kinematic chains). 3. Program design (differentiated selection of modalities based on the generated model). 4. Dynamic monitoring (adaptive adjustment of loads based on follow-up measurement results). It has been demonstrated that the integration of machine learning algorithms with biomechanical modeling facilitates the transition from episodic diagnostics to precision correction of motor dysfunctions within the physical education and sports system. **Conclusions.** A comprehensive algorithm has been developed based on a closed-loop "diagnostics – modeling – correction" cycle. In this framework, the selection of kinesiological modalities is determined by an individual profile of biomechanical deficits rather than a nosological form. This approach minimizes the risk of injury and enhances the ergonomic efficiency of motor activity.

Ключові слова: функціональні порушення опорно-рухового апарату, біомеханічний скринінг, постуральна симетрія, кінезіологічна корекція, індивідуалізація оздоровчих програм, корекційно-профілактичні заходи.

Keywords: functional musculoskeletal disorders, biomechanical screening, postural symmetry, kinesiological correction, individualization of health programs, corrective and preventive measures.

Постановка наукової проблеми. Сучасний стан громадського здоров'я характеризується стрімкою ескалацією функціональних порушень опорно-рухового апарату (ОРА), що мають некомпенсований характер і не пов'язані з первинними травматичними ураженнями чи гострими патологіями [4, 15, 17]. У площині кінезіології, фізкультурно-спортивної реабілітації й оздоровчого фітнесу ця проблематика маніфестує через стійкі м'язово-тонічні дисбаланси, деформацію постурального гомеостазу та деструкцію базових локомоторних патернів [8, 14, 20].

Традиційні підходи до профілактики та корекції, що базуються на уніфікованих протоколах, наразі демонструють обмежену ефективність. Це зумовлено їхньою спрямованістю на нівелювання вторинних симптомів без належної детермінації етіологічних біомеханічних чинників. Виникає об'єктивна суперечність між необхідністю прецизійного (високоточного) впливу на

кінезіологічну систему людини та відсутністю методологічного інструментарію для реалізації такої персоналізації [2, 7, 10, 11, 16].

Незважаючи на значний масив наукових праць, присвячених окремим кінезіологічним методикам (зокрема, пілатесу, функціональному тренінгу та міофасціальному релізу), поза увагою дослідників залишається питання системної алгоритмізації [1, 3, 5, 6]. На сьогодні існує суттєвий методичний пробіл у механізмах трансформації результатів об'єктивної біомеханічної діагностики у цільові корекційні стратегії. Відсутність комплексного алгоритму, що інтегрує діагностичний скринінг як імперативну передумову формування індивідуального плану, знижує прогнозу ефективність і безпеку відновлювальних заходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ревізія сучасного наукового дискурсу (2022–2025 рр.) дозволяє констатувати фундаментальну трансформацію методологічних підходів до проектування фізкультурно-оздоровчих і корекційних програм. Провідним вектором розвитку галузі стає зміна уніфікованої парадигми на персоналізовану предиктивну модель, концептуальною основою якої є безперервний моніторинг біомеханічного статусу особи. Ключовим технологічним драйвером цієї трансформації виступає імплементація безмаркерних систем аналізу рухів (markerless motion capture) [5, 6]. На відміну від традиційних методів, такі системи дозволяють здійснювати високоточну об'єктивізацію параметрів моторики в природних умовах рухової діяльності, що забезпечує перехід від епізодичного контролю до формування динамічного цифрового профілю кінезіологічного стану суб'єкта [8, 9].

Фундаментальне значення мають розробки R. J. Cotton та співавт. [12], які довели високу конгруентність даних безмаркерного аналізу з результатами золотих стандартів кінематики. Особливої уваги заслуговує концепція R. J. Cotton та F. Sinz [13] щодо впровадження довірчих інтервалів у біомеханічну реконструкцію. Такий математичний підхід дозволяє верифікувати похибку вимірювань у неконтрольованих умовах, забезпечуючи високу надійність прийняття управлінських рішень при програмуванні корекційних втручань.

Сучасний етап розвитку фізичної культури та спортивної медицини знаменується інтеграцією методів машинного навчання (Machine Learning) та комп'ютерного зору (Computer Vision) у систему педагогічного контролю. Ключовим вектором досліджень 2025 року [7] є доведення клінічної валідності технологій Human Pose Estimation. Встановлено, що цифрові алгоритми забезпечують точність оцінки кінематики, порівнянну з прецизійними лабораторними системами, проте мають значно вищу оперативність.

Особливого значення для розробки адаптивних програм набуває концепція синтезу інерційних даних і нейромережевого аналізу [22]. Це дозволяє реалізувати біомеханічний зворотний зв'язок у режимі реального часу (real-time biofeedback), де параметри вправи коригуються алгоритмом безпосередньо в момент виконання, що мінімізує ризик закріплення хибних рухових патернів [22].

У контексті формування персоналізованих програм особливого значення набуває виявлення латентних компенсаторних механізмів. Дослідження S. Rivaroli та співавт. [20] демонструють, що прецизійний відеоаналіз дозволяє детермінувати мікрорухи, які маскують первинну дисфункцію (зокрема, при люмбалгіях), що є недоступним для рутинного клінічного огляду. Це підтверджує нашу тезу про необхідність використання цифрового скринінгу як інструменту пошуку першопричин, а не лише наслідків патобіомеханічних змін.

Більш того, праці L. Smith, T. Brown, M. Keller [21] розширюють межі кінезіології, доводячи наявність кореляційних зв'язків між міжсегментарною координацією та когнітивним статусом суб'єкта. Це обґрунтовує включення нейроцентричних вправ у корекційні плани, оскільки оптимізація рухового патерну виступає не лише засобом корекції ОРА, а й чинником підтримання нейрофункціонального гомеостазу

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 М. 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.».

Мета дослідження полягає у теоретико-методологічному обґрунтуванні та розробці цілісного алгоритму проектування корекційно-профілактичних програм, що забезпечують високу ступінь індивідуалізації оздоровчих заходів на основі інтеграції даних біомеханічної діагностики, методів індивідуалізованого кінезіологічного моделювання для оптимізації рухової функції суб'єктів.

Матеріали і методи дослідження. *Учасники.* У дослідженні взяли участь 13 жінок 35–40 років, відібраних на основі критеріїв включення (наявність функціональних порушень постави без органічних уражень ОРА). Обсяг вибірки на цьому етапі обумовлений пілотним характером розробки індивідуалізованих алгоритмів. Наукове дослідження реалізовано з суворим дотриманням етичних стандартів, регламентованих Гельсінською декларацією Всесвітньої медичної асоціації (редакція 2013 року). Усі учасниці надали письмову інформовану згоду на проведення біомеханічного скринінгу та використання отриманих персоналізованих даних у наукових цілях за умови дотримання конфіденційності.

Організація дослідження. Оцінювання біогеометричного профілю постави здійснювалося шляхом прецизійного цифрового фотоаналізу. Об'єктивізація біомеханічних показників реалізована за допомогою програмного комплексу «APECS AI», що базується на алгоритмах штучного інтелекту (ШІ) для розпізнавання антропометричних точок. Використання ШІ-рішень дозволило мінімізувати суб'єктивний чинник при маркуванні анатомічних орієнтирів та забезпечити високу відтворюваність результатів (рис. 1).

Статистичний аналіз. Математико-статистична обробка результатів здійснювалася з використанням методів непараметричної статистики, що є релевантним для малих вибірок ($n < 30$) та за відсутності нормального розподілу ознак.

Результати. У межах цього дослідження біомеханічний скринінг детермінується як багаторівнева система превентивної діагностики рухових дисфункцій, що базується на об'єктивізації кінематичних, динамічних і нейрофізіологічних параметрів ОРА [14, 16, 17]. Наукова доцільність впровадження такого скринінгу зумовлена можливістю фіксації доклінічних змін, що залишаються латентними при використанні традиційних функціональних тестів.

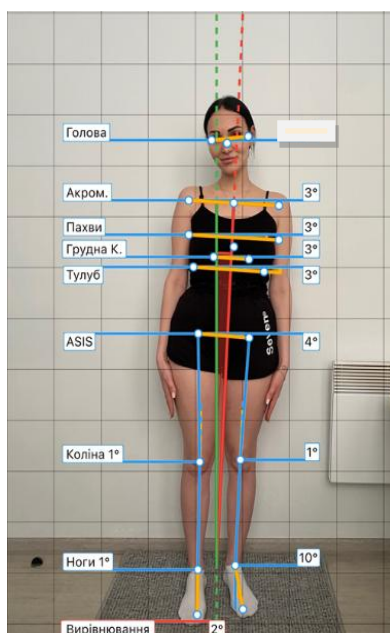


Рис. 1. Фронтальний профіль постави

Сучасний діагностичний комплекс передбачає інтеграцію високотехнологічних методів: комп'ютерної постурографії, відеоаналізу рухів у трьох площинах (3D Motion Analysis), використання інерційних сенсорних систем для оцінки кутових прискорень, а також інтерференційної електроміографії та стабілометрії [18, 19]. Такий інструментальний стек дозволяє не лише констатувати наявність порушення, а й верифікувати його етіологію в контексті цілісного кінетичного ланцюга.

Узагальнення передового світового досвіду дозволило нам детермінувати архітектуру теоретико-методичного алгоритму формування цільових корекційно-профілактичних програм, що ґрунтується на системному поєднанні біомеханічного контролю, цифрової обробки даних та індивідуалізованої кінезіологічної корекції.

Перший етап алгоритму «Біомеханічний скринінг та діагностична верифікація» передбачає первинний біомеханічний контроль рухової діяльності з використанням маркер-менших систем, інерційних сенсорів і відеоаналізу, що забезпечує об'єктивну оцінку рухових характеристик у природних умовах занять.

Другий етап пов'язаний із цифровою обробкою отриманих даних із застосуванням алгоритмів машинного навчання, що дозволяють автоматизувати аналіз великих масивів біомеханічної інформації. На цьому етапі формується «цифровий профіль» функціонального стану ОРА суб'єкта: оцінка симетрії біомеханічних контурів у трьох площинах; визначення амплітуди рухів у суглобах та виявлення зон гіпо- та гіпермобільності; тестування патернів (наприклад, з використанням системи тестів FMS для ідентифікації рухових компенсацій; виявлення дисбалансу між топографією м'язів).

Другий етап «Кінезіологічне моделювання й інтерпретація» передбачає процес перетворення «сирих» даних у модель корекції; формування карти порушень просторової організації тіла; визначення пріоритетних зон втручання; побудова прогностичної моделі: визначення того, як усунення однієї дисфункції вплине на загальний кінематичний ланцюг; ранжування цілей: поділ завдань на термінові (усунення больового синдрому, м'язового затискання) та стратегічні (зміна рухового стереотипу).

На третьому етапі «Проектування корекційної програми» здійснюється вибір конкретних методів і корекційно-профілактичних засобів на основі отриманої моделі, відповідно до виявлених індивідуальних особливостей моторики людини.

Четвертим етапом є динамічний моніторинг ефективності програми та профілактичне коригування її змісту з урахуванням змін показників моторики.

Таким чином, інтеграція біомеханічного контролю рухової діяльності з алгоритмічними моделями аналізу даних постає як науково обґрунтована основа розробки ефективних індивідуалізованих корекційно-профілактичних програм у системі фізичної культури і спорту, що визначає перспективність подальших фундаментальних досліджень у цьому напрямі.

Дискусія. Отримані результати підтверджують і розширюють сучасні наукові уявлення про необхідність персоналізації фізкультурно-оздоровчих заходів. Розробка алгоритму, що базується на замкненому циклі «діагностика – моделювання – корекція», дозволяє подолати методологічну обмеженість традиційних уніфікованих протоколів, ефективність яких піддається сумніву в дослідженнях останніх років [7, 12, 13, 23].

Питання впровадження безмаркерних технологій (markerless motion capture) відкриває дискусію щодо балансу між точністю вимірювань і природністю рухової активності. На відміну від результатів S. Rivaroli [20], що акцентують увагу на лабораторному відеоаналізі, наш алгоритм орієнтований на застосування в умовах реального тренувального чи реабілітаційного процесу. Це актуалізує проблему мінімізації похибок, зумовлених варіативністю зовнішнього середовища, що ми пропонуємо вирішувати через впровадження довірчих інтервалів у біомеханічну реконструкцію, узгоджуючись із підходом [22]. Важливим аспектом дискусії є інтерпретація рухових компенсацій. Якщо традиційна кінезіологія розглядає м'язовий дисбаланс як локальну проблему, то наш алгоритм, спираючись на дані L. Smith та M. Keller [21], інтерпретує зміни локомоторних патернів як прояв

нейропластичності та когнітивного контролю. Це змушує переглянути стратегію корекції: від ізольованого впливу на м'язи до системного перенавчання рухового стереотипу за допомогою біомеханічного зворотного зв'язку (biofeedback). Автоматизація формування «цифрового профілю» ОРА за допомогою машинного навчання [22] неминуче викликає дискусію щодо ролі фахівця у цій системі. Існує ризик «алгоритмічної упередженості», коли ШІ може ігнорувати індивідуальні анатомічні особливості, що не ввійшли до навчальної вибірки. Тому ми наголошуємо, що запропонований алгоритм є системою підтримки прийняття рішень, де остаточна верифікація стратегії втручання залишається прерогативою кінезіолога. Варто зауважити, що широка імплементація алгоритму наразі обмежена технічними вимогами до обладнання та необхідністю спеціальної підготовки персоналу для інтерпретації великих масивів даних. Подальші дослідження мають бути спрямовані на спрощення інтерфейсів взаємодії між цифровою моделлю та практикуючим спеціалістом.

Висновки. Запропонована алгоритмізація дозволяє подолати головний бар'єр сучасної кінезіології – суб'єктивізм інтерпретації. Використання машинного навчання на етапі формування «цифрового профілю» гарантує відтворюваність результатів і дозволяє виявити латентні деформації рухового стереотипу ще до моменту появи больового синдрому, що є основою справжньої профілактики. Резюмуючи, інтеграція об'єктивного біомеханічного контролю з алгоритмічними моделями аналізу даних постає як науково обґрунтований фундамент для створення високоефективних індивідуалізованих програм у сфері кінезіології та фізкультурно-спортивної реабілітації. Запропонований підхід дозволяє трансформувати оздоровчий процес із формату «уніфікованого впливу» в формат «керованої біомеханічної інженерії», що відкриває широкі перспективи для фундаментальних досліджень на стику кінезіології та цифрових технологій.

Список літературних джерел

1. Асаулюк І., Носова Н., Демьохін Д., Покропивний О., Маринчук П. (2023). Стан біомеханіки постави, як критерій диференціації занять в процесі фізкультурно-спортивної реабілітації. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації*. Вип. 15. С. 406–420. [https://doi.org/10.31652/2071-5285-2023-15\(34\)-406-420](https://doi.org/10.31652/2071-5285-2023-15(34)-406-420)
2. Демьохін Д., Асаулюк І. Стан біомеханіки постави та особливості соматометричних показників жінок другого періоду зрілого віку. *Спортивний вісник Придніпров'я*. 2024. Вип. 1. С. 34–42. <https://doi.org/10.32540/2071-1476-2024-1-034>
3. Кашуба В., Попадюха Ю. Біомеханіка просторової організації тіла людини:

References

1. Asauliuk, I., Nosova, N., Demokhin, D., Pokropivnyi, O., & Marynychuk, P. (2023). Stan biomekhaniky postavy, yak kryterii dyferentsiatsii zaniat v protsesi fizkulturno-sportyvnoi rehabilitatsii [The state of posture biomechanics as a criterion for differentiating classes in the process of physical culture and sports rehabilitation]. *Fizychna kultura, sport ta zdorovia natsii* [Physical Culture, Sport and Health of the Nation], (15), 406-420. [https://doi.org/10.31652/2071-5285-2023-15\(34\)-406-420](https://doi.org/10.31652/2071-5285-2023-15(34)-406-420)
2. Demokhin, D., & Asauliuk, I. (2024). Stan biomekhaniky postavy ta osoblyvosti somatometrychnykh pokaznykiv zhinok druhoho periodu zriloho viku [The state of posture biomechanics and features of somatometric indicators of women of the

- сучасні методи та засоби діагностики і відновлення порушень: монографія. Центр учбової літератури, 2018.
4. Кашуба В., Гончарова Н., Носова Н. Біомеханіка просторової організації тіла людини: теоретичні та практичні аспекти. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2020. № 2. С. 67–85.
5. Кашуба В. О., Григус І. М., Руденко Ю. В. Стан просторової організації тіла осіб зрілого віку: виклик сьогодення. In *Influence of physical culture and sports on the formation of an individual healthy lifestyle: Scientific monograph*. Baltija Publishing, 2023. С. 56–68. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-280-7-3>
6. Кашуба В. О., Самойлюк О. В., Шевчук О. М., Ярмолинський Л. М., Покропивний О. М. Особливості біогеометричного профілю постави жінок першого періоду зрілого віку. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2025. Вип. 1. С. 67–77. <https://doi.org/10.32782/spmed.2025.1.10>
7. Armstrong K., Li M., Delp S. Validation of markerless pose estimation for clinical gait analysis: A multi-center study. *Journal of Biomechanics*. 2025. Vol. 164. 111928. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.111928>
8. Arshad R., et al. Reliability of subjective movement quality assessments vs. instrumental biomechanical analysis. *Physical Therapy in Sport*. 2024. Vol. 62. P. 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2024.01.005>
9. Bae J., Lee H. A taxonomic approach to biomechanical metrics in corrective kinesiology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2025. Vol. 22(1). 412. <https://doi.org/10.3390/ijerph22010412>
10. Bafrouei S., et al. Motor retraining vs. strength conditioning for musculoskeletal injury prevention: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2025. Vol. 59(2). P. 110–121. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108210>
11. Barzegari A., Majelan A. S. Neural plastic effects of motor learning in postural control rehabilitation. *Journal of Motor Behavior*. 2023. Vol. 55(4). P. 412–425. <https://doi.org/10.1080/00222895.2023.2189012>
- second period of mature age]. *Sportyvnyi visnyk Prydniprovia [Sport Scientific Bulletin of the Dnieper Region]*, (1), 34-42. <https://doi.org/10.32540/2071-1476-2024-1-034>
3. Kashuba, V., & Popadiukha, Yu. (2018). *Biomekhanika prostorovoi orhanizatsii tila liudyny: suchasni metody ta zasoby diahnostryky i vidnovlennia porushen: monohrafiia [Biomechanics of the spatial organization of the human body: Modern methods and tools for diagnostics and restoration of disorders: Monograph]*. Tsentru uchbovoi literatury.
4. Kashuba, V., Goncharova, N., & Nosova, N. (2020). *Biomekhanika prostorovoi orhanizatsii tila liudyny: teoretychni ta praktychni aspekty [Biomechanics of spatial organization of the human body: Theoretical and practical aspects]*. *Teoriia i metodyka fizychnoho vykhovannia i sportu [Theory and Methods of Physical Education and Sport]*, (2), 67-85.
5. Kashuba, V. O., Hryhus, I. M., & Rudenko, Yu. V. (2023). *Stan prostorovoi orhanizatsii tila osib zriloho viku: vyklyk sohodennia [The state of spatial organization of the body of mature people: A challenge of today]*. In *Influence of physical culture and sports on the formation of an individual healthy lifestyle: Scientific monograph*. Baltija Publishing, 56-68. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-280-7-3>
6. Kashuba, V. O., Samoilyuk, O. V., Shevchuk, O. M., Yarmolynskiy, L. M., & Pokropyvnyi, O. M. (2025). *Osoblyvosti bioheometrychnoho profilu postavy zhinok pershoho periodu zriloho viku [Features of the biogeometric posture profile of women of the first period of mature age]*. *Sportyvna medytsyna, fizychna terapiia ta erhoterapiia [Sports Medicine, Physical Therapy and Ergotherapy]*, (1), 67-77. <https://doi.org/10.32782/spmed.2025.1.10>
7. Armstrong, K., Li, M., & Delp, S. (2025). *Validation of markerless pose estimation for clinical gait analysis: A multi-center study*. *Journal of Biomechanics*, 164, 111928. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.111928>
8. Arshad, R., et al. (2024). *Reliability of subjective movement quality assessments vs.*

12. Cotton R. J., et al. Real-world gait analysis using markerless motion capture and computer vision. *Nature Communications*. 2023. Vol. 14. 4567. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39876-w>
13. Cotton R. J., Sinz F. Uncertainty quantification in biomechanical pose estimation via confidence intervals. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2025. Vol. 13. 1104567. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1104567>
14. De Souza R., et al. Evidence-based kinesiology: Integrating biomechanical metrics into clinical decision-making. *Sports Biomechanics*. 2024. Vol. 23(1). P. 89–106. <https://doi.org/10.1080/14763141.2024.2210456>
15. Jankowicz-Szymańska A., et al. Instrumental vs. clinical assessment of postural stability in orthopedic patients. *Gait & Posture*. 2024. Vol. 108. P. 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.02.008>
16. Law T., et al. Effects of quantitative feedback on gait symmetry in post-surgical rehabilitation. *Clinical Rehabilitation*. 2023. Vol. 37(12). P. 1580–1594. <https://doi.org/10.1177/02692155231189456>
17. Lee S., Kim J. The role of cognitive engagement in motor retraining programs. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2025. Vol. 22. 14. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01123-y>
18. O'Sullivan K., et al. Digital transformation of corrective exercise: An algorithmic approach. *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal*. 2024. Vol. 22. e2024012. <https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2024.22.1245>
19. Pacheco M. M., et al. Sensory integration and motor learning in functional movement modeling. *Human Movement Science*. 2025. Vol. 93. 103189. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2024.103189>
20. Rivaroli S., et al. Artificial intelligence-driven video analysis of compensatory gait patterns. *European Spine Journal*. 2024. Vol. 33. P. 2012–2025. <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08145-w>
21. Smith L., Brown T., Keller M. Gait coordination as a predictor of neurocognitive decline. *Aging Clinical and Experimental instrumental biomechanical analysis. Physical Therapy in Sport*, 62, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2024.01.005>
9. Bae, J., & Lee, H. (2025). A taxonomic approach to biomechanical metrics in corrective kinesiology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(1), 412. <https://doi.org/10.3390/ijerph22010412>
10. Bafrouei, S., et al. (2025). Motor retraining vs. strength conditioning for musculoskeletal injury prevention: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 59(2), 110-121. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108210>
11. Barzegari, A., & Majelan, A. S. (2023). Neural plastic effects of motor learning in postural control rehabilitation. *Journal of Motor Behavior*, 55(4), 412-425. <https://doi.org/10.1080/00222895.2023.2189012>
12. Cotton, R. J., et al. (2023). Real-world gait analysis using markerless motion capture and computer vision. *Nature Communications*, 14, 4567. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39876-w>
13. Cotton, R. J., & Sinz, F. (2025). Uncertainty quantification in biomechanical pose estimation via confidence intervals. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13, 1104567. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1104567>
14. De Souza, R., et al. (2024). Evidence-based kinesiology: Integrating biomechanical metrics into clinical decision-making. *Sports Biomechanics*, 23(1), 89-106. <https://doi.org/10.1080/14763141.2024.2210456>
15. Jankowicz-Szymańska, A., et al. (2024). Instrumental vs. clinical assessment of postural stability in orthopedic patients. *Gait & Posture*, 108, 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.02.008>
16. Law, T., et al. (2023). Effects of quantitative feedback on gait symmetry in post-surgical rehabilitation. *Clinical Rehabilitation*, 37(12), 1580-1594. <https://doi.org/10.1177/02692155231189456>
17. Lee, S., & Kim, J. (2025). The role of cognitive engagement in motor retraining programs. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 22, 14. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01123-y>

- Research. 2025. Vol. 37. 512. <https://doi.org/10.1007/s40520-025-02688-w>
22. Spilz A., Kaps P., Eskofier B. Deep learning for movement quality assessment using IMU and pose data. *Sensors*. 2025. Vol. 25(3). 892. <https://doi.org/10.3390/s25030892>
23. Wan X., et al. Contextual interpretation of biomechanical data in individualized kinesiology. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023. Vol. 55. jrm00345. <https://doi.org/10.2340/jrm.v55.12345>
18. O'Sullivan, K., et al. (2024). Digital transformation of corrective exercise: An algorithmic approach. *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal*, 22, e2024012. <https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2024.22.1245>
19. Pacheco, M. M., et al. (2025). Sensory integration and motor learning in functional movement modeling. *Human Movement Science*, 93, 103189. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2024.103189>
20. Rivaroli, S., et al. (2024). Artificial intelligence-driven video analysis of compensatory gait patterns. *European Spine Journal*, 33, 2012-2025. <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08145-w>
21. Smith, L., Brown, T., & Keller, M. (2025). Gait coordination as a predictor of neurocognitive decline. *Aging Clinical and Experimental Research*, 37, 512. <https://doi.org/10.1007/s40520-025-02688-w>
22. Spilz, A., Kaps, P., & Eskofier, B. (2025). Deep learning for movement quality assessment using IMU and pose data. *Sensors*, 25(3), 892. <https://doi.org/10.3390/s25030892>
23. Wan, X., et al. (2023). Contextual interpretation of biomechanical data in individualized kinesiology. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 55, jrm00345. <https://doi.org/10.2340/jrm.v55.12345>

DOI: 10.31652/2071-5285-2025-20(39)-36-45

Відомості про авторів:

Дем'юхін Д. Ю.; orcid.org/0009-0001-1346-7465;

demiokhin.dmytro@gmail.com; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Національний університет фізичного виховання і спорту України

Асаулюк І. О.; orcid.org/0000-0001-8119-2726; innaasauliuk@gmail.com;

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Олефір Д. С.; orcid.org/0000-0002-9165-9315; dana.olefir@gmail.com;

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського