



Фізична культура і спорт

УДК 796.41:612.76

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20315200>

БІОМЕХАНІЧНИЙ АНАЛІЗ ГІМНАСТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЯК ЗАСІБ ПРОФІЛАКТИКИ ТРАВМАТИЗМУ

Журавльова Ірина Миколаївна

старший викладач кафедри теорії та методики фізичного виховання,
Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»
Харківської обласної ради, провулок Руставелі, 7, 61050, м. Харків,
Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-4856>

Шапаренко Інна Євгенівна

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри медико-біологічних
дисциплін і фізичного виховання, Полтавський національний педагогічний
університет імені В. Г. Короленка, вул. Остроградського, 2, 36000, м.
Полтава, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0960-8894>

Суровов Олексій Анатолійович

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри теорії та методики фізичного
виховання, Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна
академія» Харківської обласної ради, провулок Руставелі, 7, 61050, м.
Харків, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7521-9854>



Кравченко Антон Валерійович

викладач кафедри теорії та методики фізичного виховання, Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія» Харківської обласної ради, провулок Руставелі, 7, 61050, м. Харків, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9627-8952>

Прийнято: 11.04.2026 | Опубліковано: 30.04.2026

Анотація. У статті здійснено біомеханічне обґрунтування використання гімнастичних елементів як засобу зміцнення здоров'я та профілактики травматизму здобувачів освіти. Актуальність дослідження визначається стійкою тенденцією до зростання травматизму в гімнастиці на тлі інтенсифікації тренувальних навантажень і ускладнення технічного арсеналу, а також обмеженістю традиційних візуальних методів навчання, які не дозволяють об'єктивно ідентифікувати «критичні точки» навантаження на опорно-руховий апарат. **Мета** статті – біомеханічне обґрунтування використання гімнастичних елементів як ефективного засобу зміцнення здоров'я та запобігання травматизму здобувачів освіти на основі аналізу часової, фазової та кутової структури рухових дій. **Методи** дослідження включають комплекс теоретичних (системний аналіз науково-методичної літератури, узагальнення, систематизація) та емпіричних методів біомеханічного аналізу: відеозйомку рухових дій, побудову відеограм і біокінематичних схем, порівняльний аналіз кутових характеристик у плечових та кульшових суглобах. **Результати** дослідження. Здійснено моделювання енергоефективної техніки виконання гімнастичних вправ; визначено три стадії та шість фаз перельоту Ткачова, найдинамічнішою з яких є фаза «контртемпу» тривалістю 0,13 с. Встановлено, що технічна стабільність польотних елементів базується на



синхронності згинально-розгинальних дій у плечових та кульшових суглобах, де амплітуда розгинання у кульшових суглобах (100°) удвічі перевищує плечовий показник (47°). Систематизовано біомеханічні механізми мінімізації травматизму через статичну рівновагу (понад 300 м'язів-стабілізаторів), формування «м'язового корсета», розвиток вестибулярної стійкості та оволодіння технікою самостраховки. **Висновки.** Підтверджено, що інтеграція біомеханічно обґрунтованих гімнастичних вправ в освітній процес має потужний превентивний потенціал. Поєднання біомеханічного моделювання з методикою фізичного виховання дозволяє трансформувати складну рухову діяльність у безпечний та високоефективний засіб зміцнення здоров'я молоді. Практичне значення дослідження полягає в обґрунтуванні того, що оволодіння технікою самостраховки, розвиток вестибулярної стійкості та свідоме керування центром ваги є визначальними факторами мінімізації травматичних ризиків.

Ключові слова: *біомеханічний аналіз; гімнастика; профілактика травматизму; кінематика; статодинамічна рівновага; м'язовий корсет; самостраховка; вестибулярна стійкість.*

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF GYMNASTIC ELEMENTS AS A MEANS OF INJURY PREVENTION

Iryna Zhuravlova

Senior Lecturer, Department of Theory and Methods of Physical Education,
Municipal Establishment "Kharkiv Humanitarian-Pedagogical Academy" of the
Kharkiv Regional Council, Rustaveli Lane 7, 61050, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-4856>



Inna Shaparenko

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of
the Department of Medico-Biological Disciplines and Physical Education,
Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University, Ostrohradsky Str. 2,
36000, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0960-8894>

Oleksii Surovov

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of
Theory and Methods of Physical Education, Municipal Establishment "Kharkiv
Humanitarian-Pedagogical Academy" of the Kharkiv Regional Council,
Rustaveli Lane 7, 61050, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7521-9854>

Anton Kravchenko

Lecturer of the Department of Theory and Methods of Physical Education,
Municipal Establishment "Kharkiv Humanitarian-Pedagogical Academy" of the
Kharkiv Regional Council, Rustaveli Lane 7, 61050, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9627-8952>

Abstract. The article provides a biomechanical justification for the use of gymnastic elements as a means of strengthening health and preventing injuries among learners. The relevance of the study is determined by the persistent upward trend in gymnastics-related injuries against the background of intensified training loads and an increasingly complex technical repertoire, as well as the limitations of traditional visual teaching methods, which fail to objectively identify «critical points» of musculoskeletal loading. **The purpose** of the article is to provide a biomechanical justification for the use of gymnastic elements as an effective



means of health promotion and injury prevention in learners through the analysis of the temporal, phase and angular structure of motor actions. **Methods** of the study include a complex of theoretical (systematic analysis of scientific and methodological literature, generalization, systematization) and empirical methods of biomechanical analysis: video recording of motor actions, construction of videograms and biokinematic diagrams, comparative analysis of angular characteristics in the shoulder and hip joints. **Results** of the research. Modelling of an energy-efficient technique for performing gymnastic exercises has been carried out; three stages and six phases of the Tkachev release have been identified, the most dynamic of which is the «counter-tempo» phase lasting 0.13 s. It has been established that the technical stability of flight elements is based on the synchrony of flexion-extension actions in the shoulder and hip joints, where the amplitude of extension in the hip joints (100°) is twice the shoulder value (47°). The biomechanical mechanisms of injury minimization through static balance (over 300 stabilizer muscles), formation of the «muscular corset», development of vestibular stability and mastery of self-arrest technique have been systematized. **Conclusions.** It has been confirmed that the integration of biomechanically grounded gymnastic exercises into the educational process has powerful preventive potential. The combination of biomechanical modelling with the methodology of physical education makes it possible to transform complex motor activity into a safe and highly effective means of strengthening the health of young people. The practical significance of the study lies in the justification that mastery of self-arrest technique, development of vestibular stability and conscious control of the centre of mass are decisive factors in minimizing traumatic risks.

Keywords: *biomechanical analysis; gymnastics; injury prevention; kinematics; statodynamic balance; muscular corset; self-arrest; vestibular stability.*



Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку фізичної культури і спорту характеризується стрімким ускладненням технічного арсеналу гімнастичних елементів та інтенсифікацією тренувальних навантажень, що супроводжується стійкою тенденцією до зростання травматизму серед спортсменів і здобувачів освіти. Проблема профілактики травматизму набуває особливої гостроти в умовах освітнього процесу, де гімнастичні вправи є невід'ємною складовою фізичного виховання й одночасно – потенційним джерелом пошкоджень опорно-рухового апарату. Традиційні методи навчання, що ґрунтуються переважно на візуальному спостереженні, поступаються місцем сучасному біомеханічному аналізу, який дозволяє об'єктивно дослідити кінематичну і динамічну структуру рухових дій, ідентифікувати «критичні точки» навантаження та обґрунтувати раціональну техніку виконання вправ. Біомеханічний аналіз нині розглядається як надійний інструмент для створення енергоефективних вправ, що поєднує в собі результати інструментального спостереження та комп'ютерного моделювання дій атлета. Водночас педагогічна інтерпретація біомеханічних даних, спрямована на мінімізацію травматизму в освітньому процесі, потребує системного наукового опрацювання. Актуальність проблеми зумовлюється також необхідністю обґрунтування шляхів формування у здобувачів освіти стійкої навички самостраховки, постурального контролю та вестибулярної стійкості як фундаментальних факторів безпеки рухової діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біомеханічна проблематика спортивної гімнастики у новітніх дослідженнях розкривається як міждисциплінарний предмет, що інтегрує підходи кінематики, моторного контролю та педагогіки. Так, R. Farana, G. Williams, T. Fujihara, H. E. Wyatt, F. Naundorf та G. Irwin [1] на матеріалі систематичного огляду публікацій з 2000 року окреслили ключові вектори



сучасних біомеханічних досліджень у гімнастиці, наголошуючи на необхідності переходу від ізольованого вивчення техніки виконання до інтердисциплінарного аналізу взаємодії «гімнаст – тренер – середовище», що безпосередньо впливає на ефективність навчання й запобігання травмам.

Системний підхід до проблеми травматизму подано у систематичному огляді I. Stanojević та співавторів [2], де на основі аналізу 19 досліджень за період 2015–2025 рр. показано багатofакторну етіологію травм у художній гімнастиці: переважання уражень суглобів верхніх і нижніх кінцівок, особливо у пубертатний період, причому головними чинниками визначено повторювані навантаження, неправильну техніку та недостатнє відновлення. Дослідники акцентують, що цілеспрямовані стратегії превенції на основі біомеханічного аналізу здатні суттєво знизити травматичну захворюваність.

Прикладну біомеханіку приземлень – найбільш «травмонебезпечного» елемента гімнастичних вправ – глибоко опрацьовано у науковій праці K. Pavlasová, L. Bizovská, A. Gába, R. Farana та M. Janura [3], які у систематичному огляді встановили, що навантаження на опорно-руховий апарат гімнаста при приземленні становить від 7,1 до 15,8 значень маси тіла спортсмена і прямо корелює з обраною стратегією приземлення (м'якою чи жорсткою), яка модулюється кутom згинання у колінному суглобі. Це підтверджує необхідність біомеханічно обґрунтованої корекції техніки як превентивного інструменту.

Питання нейром'язового контролю постуральної та корової стабільності у функціональному русі та спортивній майстерності докладно проаналізовано у науковій розвідці E. Zemková та L. Zapletalová [4]. Авторки доводять, що м'язовий корсет постурально-корового апарату виступає як єдиний функціональний модуль, від якого залежать здатність



до утримання балансу, ефективна передача зусиль кінетичним ланцюгом і профілактика пошкоджень хребта. Показано, що недостатній нейром'язовий контроль ядра передбачає підвищений ризик травм нижніх кінцівок.

Біомеханіка стійки на руках – базового статичного елемента гімнастики – стала предметом систематичного огляду M. McDonald, J. S. Baker, Y. Gu та U. C. Ugbolue [5], в якому авторами систематизовано ключові кінетичні, кінематичні та електроміографічні маркери техніки. Доведено, що утримання вертикальної стійки потребує безперервної мікрокорекції центру тиску й одночасної активації понад 300 м'язів-стабілізаторів, що становить науково-методичну основу для розуміння природи постурального контролю в гімнастиці.

Експериментальне підтвердження ефективності цілеспрямованого тренування корової стабільності в юних гімнасток отримано у рандомізованому контрольованому дослідженні C. Cabrejas, M. Solana-Tramunt, J. Morales, J. Campos-Rius, A. Ortegón, A. Nieto-Guisado та E. Carballeira [6]. Автори показали, що 8-тижнева функціональна програма достовірно покращує параметри корової стабільності, статичного й динамічного балансу та технічну майстерність, зменшуючи ризик травмування поперекового відділу хребта.

Унікальність постурального контролю гімнастів зафіксована у дослідженні M. Mangalam, I. Seleznov, E. Kolosova, A. Popov, D. G. Keltys-Stephen та K. Kiyono [7], яке за допомогою анізотропного фрактального аналізу довело, що тривале гімнастичне тренування формує специфічний механізм пропріоцептивної реінтеграції при вестибулярних збуреннях, чим суттєво відрізняє гімнастів від спортсменів інших видів. Така адаптація розглядається як ключовий протективний ресурс проти дезорієнтації у фазі польоту.



Епідеміологію травматизму в гімнастиці у проспективному когортному дослідженні з охопленням 474 спортсменів представили С. Anker-Petersen, М. В. Clausen, В. Juul-Kristensen, Р. Hölmich, С. В. Juhl та К. Thorborg [8], які встановили, що 64,6 % травм без втрати тренувального часу та 54,9 % травм із втратою часу мають характер хронічної перевантажувальної патології. Найбільш ризиковими ділянками визначено стопу, коліно та поперековий відділ хребта, що є безпосереднім індикатором необхідності цілеспрямованої біомеханічно орієнтованої профілактики.

Біомеханічну специфіку приземлення у гімнастів і неспортсменів порівняно у дослідженні Р. Brtva, L. Bizovská, В. Canty, J. Skypala, G. Irwin та R. Farana [9], де емпірично доведено, що властивості матеріалу мату суттєво модулюють пікову силу реакції опори і кутову швидкість колінного суглоба, причому сертифікований FIG-мат генерує найнижчу пікову силу. Це визначає важливість як технічної підготовки, так і інженерно-обладнання для ефективної превенції.

Багатоцентровий аналіз патернів травматизму та повернення до тренування серед спортсменів національного дивізіону NCAA здійснили R. Trikha, D. E. Greig, В. Y. Shi, G. G. Schroeder, D. J. Chernoff, K. J. Jones та T. J. Kremen [10]. Виявлено, що серед причин травм переважають повторювані мікротравмування, частка яких серед жінок становить 23,3–44,2 %, а серед чоловіків – 27,0–39,7 %. Дослідники наголошують, що індивідуалізоване моніторингове управління навантаженням здатне суттєво знизити цю частку.

Доказова ефективність динамічного розтягування у складі розминки як засобу зниження травматичної захворюваності проаналізована у нараційному огляді D. G. Behm, S. Alizadeh, A. Daneshjoo та A. Konrad [11]. Автори встановили, що динамічна активність із елементами розтягування у



розминці послідовно демонструє позитивний вплив на частоту травм, через відомі гострі реакції щодо тиксотропних ефектів і психофізіологічного збудження.

Кінематично-електроміографічний аналіз вправ для стабілізації корпусу здійснив К. Lee [12], продемонструвавши на основі тривимірного захоплення руху і поверхневої електроміографії, що активація глибоких м'язів-стабілізаторів (внутрішнього косого, мультифідуса) суттєво залежить від рівня опору та траєкторії руху. Це є важливим орієнтиром для проектування біомеханічно обґрунтованих програм профілактики у гімнастиці.

Стан вибухового зміцнення гнучкості гімнастів через вібраційні платформи систематизовано у дослідженні D. Đorđević, M. Paunović, D. Čular, T. Vlahović, M. Franić, D. Sajković, T. Petrović та G. Sporiš [13], що показало приріст показника фронтального шпагату до 39,1 % при стандартних параметрах вібрації (30 Гц, 2 мм). Розширення амплітуди суглобових рухів визнано основним превентивним фактором розривів м'язів і зв'язок при різких рухах.

У вітчизняному науковому дискурсі біомеханічно-педагогічну проблематику фізичного виховання здобувачів освіти різних вікових категорій репрезентує праця Л. В. Гончар [14], яка обґрунтувала ефективність впровадження засобів художньої гімнастики у процес фізичного виховання як інструменту формування культури рухів і базових координаційних здібностей у дітей. Подальші теоретичні передумови формування парадигми здоров'я людини як інтегральної категорії фізичного виховання розкрито у праці Б. А. Максимчука, І. І. Демченка, І. В. Бабій, В. С. Шкрабюка, В. С. Максимченка та В. Ю. Родигіної [15], де акцентується системно-діяльнісний характер взаємозв'язку між руховою активністю і здоров'ям.



Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми.

Проведений аналіз останніх публікацій засвідчує, що сучасна біомеханіка гімнастики розвивається переважно у двох автономних площинах: 1) високопрецизійних експериментальних досліджень техніки виконання окремих елементів елітними спортсменами з використанням 3D-захоплення руху, інерціальних сенсорів і силових платформ; та 2) епідеміологічно-клінічних розвідок травматизму у вищій спортивній гімнастиці. Поза увагою дослідників значною мірою залишається педагогічно-методичний рівень, на якому результати фундаментальної біомеханіки потребують адаптації до умов освітнього процесу здобувачів освіти, що не належать до елітної спортивної категорії. Зокрема, недостатньо систематизованим є зв'язок між фазовою структурою польотних елементів (на прикладі перельоту Ткачова), синхронністю кутових характеристик у плечових і кульшових суглобах та формуванням превентивних навичок самостраховки у освітньому контексті. Не отримала вичерпного вирішення проблема цілісного методичного представлення механізмів, через які біомеханічно обґрунтовані гімнастичні засоби (статична рівновага з активацією понад 300 м'язів-стабілізаторів, формування «м'язового корсета», розвиток вестибулярної стійкості) трансформуються у комплексну систему профілактики травматизму. Саме ця прогалина – поєднання детального біомеханічного моделювання техніки конкретного польотного елемента з педагогічно-методичним обґрунтуванням засобів профілактики травматизму в освітньому процесі – визначає авторський внесок цього дослідження.

Формулювання цілей статті. Метою статті є біомеханічне обґрунтування використання гімнастичних елементів як ефективного засобу зміцнення здоров'я та запобігання травматизму здобувачів освіти на основі аналізу часової, фазової та кутової структури рухових дій. Реалізація



мети передбачає виконання таких **завдань**: (1) розкрити сутність і методологію сучасного біомеханічного аналізу як інструменту дослідження спортивної техніки; (2) здійснити кінематичний аналіз перельоту Ткачова на перекладині з визначенням часової, фазової та кутової структури елемента; (3) систематизувати біомеханічні механізми мінімізації травматизму через статодинамічну рівновагу, формування «м'язового корсета», розвиток вестибулярної стійкості та техніку самостраховки; (4) обґрунтувати педагогічні умови інтеграції біомеханічно мотивованих гімнастичних засобів в освітній процес. **Об'єктом** дослідження є процес біомеханічного аналізу техніки виконання гімнастичних вправ як інструмент оптимізації спортивної підготовки. **Предметом** дослідження виступають біомеханічні закономірності (кінематичні та фазові характеристики) гімнастичних елементів і їхня роль у забезпеченні безпеки та профілактиці травматизму здобувачів освіти. **Методи дослідження.** Для досягнення мети застосовано комплекс теоретичних методів (аналіз науково-методичної літератури, узагальнення та систематизація даних) та емпіричних методів біомеханічного аналізу (відеозйомка рухових дій, побудова відеограм та біокінематичних схем, порівняльний аналіз кутових характеристик суглобових рухів).

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасний біомеханічний аналіз є надійним інструментом дослідження принципів спортивних тренувань та проєктування енергоефективних вправ, що базується на синтезі високоточних інструментальних спостережень і комп'ютерного моделювання дій атлета [1; 19]. Біомеханіка тлумачиться як галузь природничих наук, що на основі ідей і методів класичної механіки вивчає фізичні якості біологічних об'єктів, закономірності їх адаптації до навколишнього середовища, поведінку та механічні рухи [20]; вона



переважно вивчає механічні форми рухів, обов'язково враховуючи біологічні (анатомічні та фізіологічні) особливості об'єкта, який рухається.

У біомеханічному дослідженні ключовою умовою є чітке формулювання його завдань, з яких випливає вибір інструментарію та методу обробки результатів. Сучасні методики комбінують класичне відеозахоплення з тривимірними системами моушн-кепчуру (як маркерними, так і безмаркерними), електроміографією та інерціальними вимірювальними блоками, що дозволяє об'єктивно реконструювати кінематику та динаміку технічних дій спортсмена [1; 5; 21]. Аналіз кутових характеристик суглобових рухів і фазової структури вправ є фундаментальним складником такого дослідження, що уможливлює ідентифікацію критичних точок навантаження та формулювання обґрунтованих рекомендацій щодо корекції техніки [3; 8].

Гімнастика становить унікальне рухове середовище: її основу утворюють різноманітні рухи, що об'єднуються у п'ять базових категорій – статична рівновага, локальні рухи на місці, переміщення у просторі, локомоції та оберти навколо осей тіла [22]. Кожна з цих категорій вимагає від виконавця філігранного володіння тілом, проте чільне місце посідає звичайна рівновага. Здавалося б, утримання нерухомої пози – найменш енерговитратний елемент; однак біомеханічний аналіз доводить, що утримання вертикальної стійки є складним процесом, що залучає одночасно понад 300 м'язів організму і реалізується через безперервну мікрокорекцію та значну внутрішню напругу [4; 5]. Стійка є результатом узгодженої роботи нейром'язового апарату, що формує постуральний контроль і виступає базою профілактики падінь [4].

З погляду біомеханіки правильна постава – це не лише естетична категорія, а й фундамент здоров'я: вона забезпечує оптимальну роботу серця, легень та органів травлення, сприяє рівномірному розподілу тиску на



хребет та суглоби, чим запобігає травмам. У художній гімнастиці критерієм майстерності є так звана прихована складність – суддя й глядач сприймають витонченість і легкість, а за нею стоїть розробка потужного м'язового корсета та виняткової гнучкості [6; 13]. Найвищим балом оцінюється виконавець, чий рухи характеризуються максимальною амплітудою (граничні межі гнучкості), стабільністю (відсутність видимих коливань тіла під час фіксації складних поз) і легкістю виконання (здатністю приховати від глядача справжні зусилля).

Перекладина належить до найбільш видовищних і водночас найскладніших видів багатоборства спортивної гімнастики. Особливої уваги заслуговують перельоти й стрибки – вправи з яскраво вираженою фазою польоту, які становлять окрасу цього снаряда [23]. Удосконалення технічної майстерності у спортивній гімнастиці потребує системного вивчення структури рухових дій із застосуванням сучасних вимірювальних систем. У цьому дослідженні застосовано комплексний біомеханічний аналіз: для отримання вихідних даних здійснено відеозйомку виконання вправ, на основі якої побудовано відповідні відеограми, біокінематичні схеми та статистичні моделі техніки висококваліфікованих гімнастів.

Часова та фазова структура перельоту Ткачова (ноги нарізно) на перекладині. У процесі дослідження ідентифіковано три ключові часові стадії елемента: підготовча (кадри 0–25); основна, або стадія реалізації (кадри 25–39); завершальна (кадри 40–54). Внутрішня динаміка елемента розгорнута через шість послідовних фаз, найдовшою з яких є «Кіпа» ($t = 0,5$ с), а найдинамічнішою – «Контртемپ» ($t = 0,13$ с). Фаза безпосереднього польоту триває в середньому 0,33 с.

Аналіз кутових характеристик показав, що при русі від вертикальної стійки до горизонталі гімнаст ініціює згинання у плечових і кульшових суглобах: упродовж 0,32 с кут у плечових суглобах зменшується до 153° , а



в кульшових – до 140° . Подальша інтенсифікація руху відбувається за рахунок потужного розгинання тривалістю 0,44 с, під час якого амплітуда у кульшових суглобах (100°) удвічі перевищує аналогічний показник у плечових суглобах (47°). Принциповою умовою ефективного кидка є прогнуте положення тіла в момент перетину горизонтальної площини снаряда (ззаду), що забезпечує необхідне прискорення.

За результатами дослідження біомеханічної структури опорного періоду перельоту Ткачова встановлено такі закономірності: *синхронність рухів* – згинально-розгинальні дії у плечових і кульшових суглобах відбуваються паралельно на всіх етапах траєкторії; *циклічність* – техніку вправи визначає чітка чотирициклова послідовність «згинання – розгинання»; *геометрія тіла* – проходження горизонталі ззаду у прогнутому положенні (кульшовий – 231° , плечовий – 189°) є критичним для створення потужного кидкового імпульсу; *генерація швидкості* – сучасна техніка вимагає акцентованої роботи нижніх кінцівок, де амплітуда згинання у кульшових суглобах під опорою (100°) є домінуючою; *підготовка до польоту* – перед відпусканням снаряда виконується контртемпова дія (активне розгинання), що створює необхідне контробрертання для стабільної фази польоту.

Отримані результати кінематичного аналізу узгоджуються з даними порівняльних експериментальних розвідок, які встановлюють ключову роль синхронізації згинально-розгинальних дій у плечових та кульшових суглобах для надійного відпускання снаряда та точного захоплення після фази польоту [1]. Подібні фазові патерни є невід'ємними структурними компонентами цілого класу польотних елементів, чим підкреслюється можливість методичного перенесення біомеханічних висновків на широкий спектр гімнастичних вправ.



Біомеханічно обґрунтована система профілактики травматизму.

Інтеграція гімнастичних вправ в освітній процес виступає дієвим механізмом мінімізації травматичних ризиків серед здобувачів освіти. Завдяки комплексному впливу на психофізичний стан, гімнастика сприяє формуванню атлетичної бази й дисциплінованості. Ключовою особливістю профілактичного впливу гімнастики є функціональна підготовка (розминка): диференційована розминка з елементами динамічного розтягування забезпечує оптимальну еластичність зв'язкового апарату та готовність м'язів до інтенсивної роботи, чим запобігає виникненню гострих розтягнень [11; 16].

Удосконалення рухового потенціалу здобувачів освіти ґрунтується на трьох взаємопов'язаних напрямках. По-перше, робота на вузькій опорі (наприклад, на гімнастичній лаві) розвиває здатність до тонкого керування центром ваги тіла та формує постуральні автоматизми, що мінімізують ризик падінь [7; 12]. По-друге, систематичні вправи на розтягування підвищують амплітуду рухів, роблячи тіло менш вразливим до механічних пошкоджень при різких прискореннях [13; 16; 18]. По-третє, силові навантаження з використанням власного тіла формують надійний «м'язовий корсет», що захищає хребет і внутрішні органи, забезпечуючи раціональний розподіл навантаження уздовж кінетичного ланцюга [4; 6; 24].

Пріоритетним завданням превенції травм є оволодіння технікою самостраховки. Навички миттєвого групування при падінні та розуміння біомеханіки безпечного виконання елементів є вирішальними факторами збереження здоров'я здобувачів. Як свідчать епідеміологічні дослідження, найбільш травмонебезпечними є фази приземлення, де навантаження сягає 7,1–15,8 значень маси тіла, причому стратегія приземлення (м'яка чи жорстка) визначається передусім кутом згинання у колінному суглобі та активацією м'язів-розгиначів стегна [3; 9; 17]. Цілеспрямоване формування

«жорсткої» техніки приземлення в поєднанні з достатнім тонусом м'язового корсета суттєво знижує пікові сили реакції опори і захищає п'ятково-щиколотковий комплекс від травм.

Узагальнення емпіричних і аналітичних даних дає змогу систематизувати взаємозв'язок основних біомеханічних аспектів гімнастичних вправ та їхньої превентивної ролі у запобіганні травматизму, що подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Взаємозв'язок біомеханічних характеристик гімнастичних вправ та їхньої превентивної ролі у запобіганні травматизму

Біомеханічний аспект	Ключові характеристики рухової дії	Механізм профілактики травматизму
Статична рівновага (вертикальна стійка)	Одночасна мікрокорекція роботи понад 300 м'язів; стабілізація загального центру мас.	Формування навичок пострального контролю; зміцнення дрібних м'язів-стабілізаторів, що запобігає падінням.
Робота на вузькій опорі (балансування)	Синхронізація роботи плечових і кульшових суглобів; амплітудне розгинання (до 100° у кульшовому суглобі).	Створення «м'язового корсета» навколо хребта; підготовка зв'язок до пікових навантажень і прискорень.
Фаза польоту та контртемп	Створення контробротання; активне розгинання перед вильотом тривалістю 0,13 с.	Розвиток просторової орієнтації (вестибулярна стійкість); запобігання дезорієнтації при втраті опори.
Техніка самостраховки (групування)	Миттєве зменшення радіуса обертання тіла; біомеханічно правильний розподіл сили удару.	Зниження енергії удару при падінні; захист голови та внутрішніх органів від механічних пошкоджень.
Вправи на гнучкість (амплітудні рухи)	Досягнення граничних меж суглобової рухливості; еластичність м'язово-зв'язкового апарату.	Підвищення еластичності тканин, що знижує ймовірність розривів м'язів і зв'язок при різких рухах.



Біомеханічний аспект	Ключові характеристики рухової дії	Механізм профілактики травматизму
Силові вправи з власною вагою	Рівномірний розподіл тиску на хребет і великі суглоби; активація глибоких м'язів-стабілізаторів.	Оптимізація постави; розвантаження хребта за рахунок біомеханічно досконалої опори тіла.

Джерело: складено авторами на основі [3; 4; 6; 7; 13].

У сукупності, систематизовані механізми утворюють цілісну біомеханічно-педагогічну модель профілактики травматизму, де кожен компонент (статична рівновага, м'язовий корсет, вестибулярна стійкість, техніка самостраховки) виконує специфічну превентивну функцію і водночас є невід'ємною ланкою цілісного захисного контуру опорно-рухового апарату.

Висновки. Здійснене дослідження підтверджує, що сучасний біомеханічний аналіз є фундаментальним інструментом оптимізації спортивної підготовки та забезпечення безпеки тренувального процесу здобувачів освіти. Детальний кінематичний розбір перельоту Ткачова на перекладині дозволив встановити, що успіх виконання складних польотних елементів залежить від чіткої синхронізації згинально-розгинальних рухів у великих суглобах і дотримання тристадійної шестифазної структури, де визначальну роль відіграють контртемпова дія тривалістю 0,13 с та проходження горизонталі у прогнутому положенні з амплітудою згинання у кульшових суглобах 100°.

Доведено, що інтеграція біомеханічно обґрунтованих гімнастичних вправ в освітній процес має потужний превентивний потенціал. Завдяки залученню широкого спектра м'язів-стабілізаторів (понад 300) та формуванню надійного «м'язового корсета» гімнастика забезпечує



раціональний розподіл фізичного навантаження і захист опорно-рухового апарату. Систематизована у роботі біомеханічно-педагогічна модель чотирьох взаємопов'язаних механізмів превенції – статодинамічної рівноваги, м'язового корсета, вестибулярної стійкості та техніки самостраховки – становить основу для побудови цілісних освітніх програм фізичного виховання.

Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні того, що оволодіння технікою самостраховки, розвиток вестибулярної стійкості та свідоме керування центром ваги тіла є визначальними факторами мінімізації травматичних ризиків серед молоді. Поєднання біомеханічного моделювання з методикою фізичного виховання дозволяє трансформувати складну рухову діяльність у безпечний та високоефективний засіб зміцнення здоров'я. Перспективи подальших досліджень убачаємо у розробленні цифрових систем біомеханічного зворотного зв'язку для автоматизованого контролю техніки виконання гімнастичних елементів в умовах освітнього процесу та у проведенні лонгітюдних досліджень ефективності запропонованої моделі профілактики.

Список використаних джерел

1. Farana R., Williams G., Fujihara T., Wyatt H. E., Naundorf F., Irwin G. Current issues and future directions in gymnastics research: biomechanics, motor control and coaching interface. *Sports Biomechanics*. 2023. Vol. 22, No. 2. P. 161–185. DOI: <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.2016928>.
2. Stanojević I., Mladenović M., Lilić A., Stanković D., Pavlović L., Mladenović L., Đorđević D., Jezdimirović Stojanović T. Injuries in Artistic Gymnastics: Etiology, Prevention Strategies, and Multifactorial Perspectives – A Systematic Review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. Vol. 26, No. 22. Article 10929. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms262210929>.



3. Pavlasová K., Bizovská L., Gába A., Farana R., Janura M. Biomechanics of landing in gymnasts: a scoping review. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2025. Vol. 7. Article 1602058. DOI: <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1602058>.
4. Zemková E., Zapletalová L. The Role of Neuromuscular Control of Postural and Core Stability in Functional Movement and Athlete Performance. *Frontiers in Physiology*. 2022. Vol. 13. Article 796097. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.796097>.
5. McDonald M., Baker J. S., Gu Y., Ugbolue U. C. Biomechanical analyses of the handstand: a systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2025. Vol. 7. Article 1694648. DOI: <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1694648>.
6. Cabrejas C., Solana-Tramunt M., Morales J., Campos-Rius J., Ortégón A., Nieto-Guisado A., Carballeira E. The Effect of Eight-Week Functional Core Training on Core Stability in Young Rhythmic Gymnasts: A Randomized Clinical Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, No. 6. Article 3509. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19063509>.
7. Mangalam M., Seleznev I., Kolosova E., Popov A., Kelty-Stephen D. G., Kiyono K. Postural control in gymnasts: anisotropic fractal scaling reveals proprioceptive reintegration in vestibular perturbation. *Frontiers in Network Physiology*. 2024. Vol. 4. Article 1393171. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnetp.2024.1393171>.
8. Anker-Petersen C., Clausen M. B., Juul-Kristensen B., Hölmich P., Juhl C. B., Thorborg K. Full-Season Injury Epidemiology in TeamGym – A Prospective Cohort Study Involving 474 Gymnasts. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2025. Vol. 35, No. 9. Article e70135. DOI: <https://doi.org/10.1111/sms.70135>.



9. Brtva P., Bizovská L., Canty B., Skypala J., Irwin G., Farana R. Modifying landing mat properties elicits different lower limb biomechanical responses in gymnasts and non-gymnasts. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. Article 26522. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-26522-y>.

10. Trikha R., Greig D. E., Shi B. Y., Schroeder G. G., Chernoff D. J., Jones K. J., Kremen T. J. Multicenter Analysis of the Epidemiology of Injury Patterns and Return to Sport in Collegiate Gymnasts. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2023. Vol. 11, No. 2. Article 23259671231154618. DOI: <https://doi.org/10.1177/23259671231154618>.

11. Behm D. G., Alizadeh S., Daneshjoo A., Konrad A. Potential Effects of Dynamic Stretching on Injury Incidence of Athletes: A Narrative Review of Risk Factors. *Sports Medicine*. 2023. Vol. 53, No. 7. P. 1359–1373. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01847-8>.

12. Lee K. Motion Analysis of Core Stabilization Exercise in Women: Kinematics and Electromyographic Analysis. *Sports*. 2023. Vol. 11, No. 3. Article 66. DOI: <https://doi.org/10.3390/sports11030066>.

13. Đorđević D., Paunović M., Čular D., Vlahović T., Franić M., Sajković D., Petrović T., Sporiš G. Whole-Body Vibration Effects on Flexibility in Artistic Gymnastics – A Systematic Review. *Medicina*. 2022. Vol. 58, No. 5. Article 595. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina58050595>.

14. Гончар Л. В. Впровадження засобів художньої гімнастики в процес фізичного виховання ЗДО для формування культури рухів дітей старшого шкільного віку. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*. 2021. Вип. 1 (129). С. 18–23. DOI: [https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2021.1\(129\).04](https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2021.1(129).04).

15. Максимчук Б. А., Демченко І. І., Бабій І. В., Шкрабюк В. С., Максимченко В. С., Родигіна В. Ю. Передумови формування парадигми



здоров'я людини. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). 2021. Вип. 3 (133). С. 32–39. DOI: [https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2021.3\(133\).06](https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series15.2021.3(133).06).

16. Antohe B. A., Alshana O., Uysal H. Ş., Raţă M., Iacob G. S., Panaet E. A. Effects of Myofascial Release Techniques on Joint Range of Motion of Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Sports. 2024. Vol. 12, No. 5. Article 132. DOI: <https://doi.org/10.3390/sports12050132>.

17. Schümperlin D., Schärer C., Kalberer L., Ferguson S. J., Lorenzetti S. R. Pilot study: validity and reliability of textile insoles used to measure the characteristics of landing tasks during rehabilitation and artistic gymnastics. BMC Research Notes. 2023. Vol. 16. Article 76. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13104-023-06328-9>.

18. Bates K., Zeppieri G., Young C., Bruner M., Moser M., Farmer K. W., Pozzi F. Preseason lower extremity range of motion, flexibility, and strength in relation to in-season injuries in NCAA division I gymnasts. The Physician and Sportsmedicine. 2024. Vol. 52, No. 2. P. 200–206. DOI: <https://doi.org/10.1080/00913847.2023.2215775>.

19. Буховинець Б., Ричок Т. М., Прокоф'єва Л. А., Гордієнко Д. В., Діскаленко С. І. Аналіз впливу біомеханічних засобів прямої дії на технічну майстерність спортсменів. Академічні візії. 2025. № 44. С. 5. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15780649>.

20. Гакман А. В. Основи біомеханіки руху: навчальний посібник. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2019. 144 с.

21. Ячнюк М. Ю. Біомеханіка рухових дій: навчально-методичний посібник. Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2023. 172 с.



22. Соколова О. В., Омеляненко Г. А., Тищенко В. О. Біомеханіка фізичних вправ: конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання» і «Спорт». Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2021. 99 с.

23. Гордєєва М., Станков О. Біомеханічні особливості техніки виконання гімнастичних вправ з фазою польоту на перекладині. Сучасні біомеханічні та інформаційні технології у фізичному вихованні і спорті: матеріали IV Всеукраїнської електронної конференції (Київ, 19 травня 2016 р.). К.: НУФВСУ, 2016. С. 123.

24. Максимчук Б. А. Атлетична гімнастика: методичні рекомендації до курсу «Фізичне виховання» для інститутів і факультетів. Вінниця: ВДПУ імені Михайла Коцюбинського, 2008. 64 с.