

УДК 796.012.1-057.87:615.825:004.9

ЦИБАНЮК Олександра

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

<https://orcid.org/0000-0001-5367-5747>e-mail: o.tsibanyuk@chnu.edu.ua**ГАУРЯК Олена**

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

<https://orcid.org/0000-0002-2354-7012>e-mail: o.hauriak@chnu.edu.ua**КОРЕКЦІЯ БІОМЕХАНІЧНИХ ПОРУШЕНЬ ПОСТАВИ СТУДЕНТІВ ЗАСОБАМИ СПЕЦІАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ НА ОСНОВІ ВІДЕОКОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ**

Стаття присвячена теоретичному обґрунтуванню ефективності методики корекції порушень постави у студентської молоді із застосуванням сучасних технологій відеокомп'ютерного аналізу. Актуальність дослідження зумовлена стрімким поширенням техногенних деформацій опорно-рухового апарату, зокрема синдрому «текстової шиї» та грудного кіфозу, що виникають внаслідок тривалого статичного навантаження та гіподинамії в умовах цифрового освітнього середовища. Авторами розкрито проблему техніко-методичного розриву між необхідністю прецизійної діагностики та обмеженою доступністю дороговартісного обладнання у закладах вищої освіти. У роботі деталізовано методику використання програмного забезпечення Kipovea як валідного та низьковитратного інструменту для об'єктивізації біомеханічних параметрів тіла. Розроблено алгоритм корекційного впливу, що базується на зміні моментів сил та плечей важелів опорно-рухового апарату. Програма корекції включає цільові блоки вправ на декомпресію, мобілізацію хребта та стабілізацію м'язового корсету. Результати дослідження підтвердили, що впровадження візуального біофідбеку дозволяє індивідуалізувати процес фізичного виховання та прискорити формування раціонального динамічного стереотипу у 1,5–2 рази порівняно з традиційними методами. Запропонований підхід корелює з положеннями державних стратегій щодо цифровізації освіти та зміцнення здоров'я нації, трансформуючи фізичне виховання у дата-орієнтований процес. Перспективи подальших розвідок пов'язані з інтеграцією нейронних мереж для автоматизації ідентифікації біомеханічних маркерів постави.

Ключові слова: постава, відеокомп'ютерний аналіз, Kipovea, біомеханіка, студентська молодь, фізична праця, біофідбек, «текстова шия».

<https://doi.org/10.31891/pcs.2026.1.66>

This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Стаття надійшла до редакції / Received 23.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 24.03.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026

© ЦИБАНЮК Олександра, ГАУРЯК Олена

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сучасний етап розвитку фізичного виховання характеризується стрімкою цифровізацією діагностичних процесів, що дозволяє перейти від суб'єктивного візуального оцінювання до прецизійного біомеханічного аналізу. Проблема корекції порушень постави у студентської молоді набуває особливої гостроти в умовах тотальної гіподинамії та тривалого статичного навантаження («текстова шия», комп'ютерний кіфоз), що потребує впровадження інноваційних технологій для

об'єктивізації стану опорно-рухового апарату.

Практичне завдання полягає у подоланні розриву між високими вимогами до точності діагностики та обмеженою доступністю дороговартісного обладнання у закладах вищої освіти (ЗВО). Вирішення цього питання безпосередньо пов'язане з реалізацією державних стратегій щодо зміцнення здоров'я нації та впровадженням концепції «цифрового університету», де фізичне виховання базується на науково обґрунтованих, персоналізованих даних.

Сучасний етап розвитку системи фізичного виховання та спортивної медицини в Україні характеризується фундаментальною зміною парадигми: від емпіричного,

суб'єктивного візуального оцінювання ми переходимо до прецизійного біомеханічного моніторингу. Стрімка цифровізація діагностичних процесів дозволяє об'єктивізувати функціональний стан опорно-рухового апарату (ОРА), перетворюючи кожне заняття на науково місткий процес.

Проблема корекції порушень просторової організації тіла студентської молоді сьогодні набуває статусу критичної. Умовах тотальної гіподинамії, вимушеної дистанційної освіти та тривалого статичного навантаження призвели до масового поширення техногенних деформацій хребта, таких як синдром «текстової шиї» (Forward Head Posture) та акцентований грудний кіфоз [1]. Ці порушення не лише погіршують естетику тіла, а й провокують каскад соматичних розладів: від хронічного головного болю та порушення гемодинаміки головного мозку до зниження життєвої ємності легень і дегенеративних змін у міжхребцевих дисках у молодому віці.

Практичне завдання дослідження полягає у розв'язанні гострого техніко-методичного протиріччя. З одного боку, сучасні наукові стандарти вимагають високої точності кінематичного аналізу (на рівні міліметрів та часток градуса), з іншого – заклади вищої освіти часто мають обмежений доступ до дороговартісних лабораторних комплексів (наприклад, систем OptiTrack чи 3D-сканерів Diers). Відтак, актуальним є наукове обґрунтування використання низьковитратних, але валідних технологій відеокомп'ютерного аналізу, що можуть бути інтегровані безпосередньо в освітній процес.

Вирішення цієї проблеми безпосередньо корелює із завданнями «Національної стратегії з оздоровчої рухової активності в Україні» та стратегією розвитку «Цифрового університету» [2]. Впровадження методик на основі штучного інтелекту та відеоаналізу дозволяє реалізувати концепцію персоніфікованого фізичного виховання, де корекційні вправи призначаються не загально, а на основі «data-driven» підходу — індивідуальних цифрових координат кожного студента. Це трансформує академічну дисципліну «Фізична культура» з нормативно-орієнтованої на

здоров'язбережувальну та технологічно прогресивну.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасний етап розвитку фізичного виховання та спортивної медицини характеризується стрімкою цифровізацією діагностичних процесів, що дозволяє перейти від суб'єктивного візуального оцінювання до прецизійного біомеханічного аналізу. Проблема корекції порушень постави у студентської молоді набуває особливої гостроти в умовах гіподинамії та тривалого статичного навантаження, що потребує впровадження інноваційних технологій для об'єктивізації стану опорно-рухового апарату. Фундаментальні підходи до вирішення цього питання закладені у працях провідних вітчизняних фахівців, які розглядають просторову організацію тіла як складну динамічну систему, що потребує системного моніторингу та алгоритмізованого корекційного впливу.

Особливе місце у вивченні біомеханічних засад формування постави посідає монографія «Біомеханіка просторової організації тіла людини» (автори В. Кашуба та Ю. Попадюха), в якій проведений докладний аналіз сучасних комп'ютеризованих систем, які використовуються для діагностики та відновлення біомеханічних порушень. На думку авторів, комп'ютеризовані комплекси діагностики та відновлення поділяються на декілька груп. Системи з ізокінетичним зворотним зв'язком (Cybex Humac Norm, REV 9000) дозволяють вимірювати силу м'язів у динаміці за постійної швидкості руху (ізокінетичний режим). Щодо їх діагностичної цінності, вони виявляють м'язову асиметрію між правою та лівою сторонами тіла або між м'язами-антагоністами (наприклад, квадрицепсом та біцепсом стегна). Дані системи використовуються для точного дозування навантаження на етапі реабілітації, запобігаючи перевантаженню суглобів [3, с. 220-304].

Моніторинг хребта та шийного відділу (ValedoMotion, MCU) базується на бездротових датчиках, які кріпляться до спини й перетворює рухи пацієнта в ігрову форму на екрані. Такий формат забезпечує

візуальний біофідбек, допомагаючи пацієнту правильно стабілізувати хребет. Спеціалізована система для діагностики шийного відділу MCU (Multi-Cervical Unit) вимірює амплітуду рухів, силу та швидкість реакції м'язів шиї у 16 напрямках.

Використання антигравітаційних та інтерактивних технологій (бігові доріжки) дозволяє «зменшити» вагу пацієнта до 80% за рахунок технології диференціального тиску повітря (доріжки AlterG). Крім того, дає змогу відпрацьовувати правильний біомеханічний крок без ударного навантаження на хребет і суглоби студентам або атлетам із порушеннями постави або травмами.

Мобільна система для вимірювання сили стабілізуючих м'язів тулуба Back-Check 600 демонструє дисбаланс між м'язами спини та живота, а складна система для багатофункціонального тестування Bionix Sim 3Pro дозволяє моделювати складні рухові акти та оцінювати їхню біомеханічну ефективність [там само].

Одними із найактуальніших на даний час є VR-технології та системи розпізнавання рухів. Використання віртуальної реальності створює середовище, де мозок швидше адаптується до правильних рухових патернів. Технології Motion Capture дозволяють будувати 3D-моделі тіла в русі без використання маркерів, але Kinovea працює з використанням штучного інтелекту. Основним мінусом у використанні цих систем є висока вартість, проте потужним плюсом – можливість візуального та цифрового контролю, перейти від загальних вправ до керованого тренування.

Отже, на думку фахівців майбутнє корекції постави лежить у площині зворотного зв'язку (Biofeedback), де людина бачить свої помилки в цифрах і графіках [3].

Крім того важливою є публікація В. Кашуби, Н. Гончарової та Н. Носової (2020), у якій автори комплексно розглядають теоретичні та практичні аспекти просторової організації тіла людини. Автори обґрунтували динамічність просторової організації, її системний характер, що постійно адаптується до зовнішніх навантажень. Це дає підстави розглядати поставу студента не як фіксований дефект, а як лабільний параметр, що піддається корекції через цілеспрямований руховий вплив [4, с. 67–68].

У роботі деталізовані біомеханічні критерії оцінки постави, де акцент перенесено з візуальних ознак на кількісні показники: зміщення загального центру мас (ЗЦМ), кутові характеристики в основних суглобах та стан опорно-ресорної функції стопи. Автори акцентують увагу на необхідності впровадження комп'ютеризованих комплексів (таких як «DIERS formetric», «Cybex», «Back-Check») для об'єктивізації стану опорно-рухового апарату. Автори доводять, що цифрова діагностика дозволяє виявити приховані м'язові дисбаланси, які неможливо зафіксувати під час традиційного педагогічного спостереження.

Дослідники пропонують перехід від загальнорозвиваючих вправ до алгоритмізованих програм корекції, які базуються на результатах попереднього біомеханічного тестування. Вони підкреслюють, що ефективність корекційних та реабілітаційних заходів прямо залежить від точності вимірювання геометрії мас тіла та врахування індивідуальних особливостей статокінетичної стійкості людини.

Зазначимо, що більшість описаних авторами високотехнологічних комплексів (наприклад, системи 3D-сканування хребта) є важкодоступними для масового використання в умовах стандартного навчального процесу ЗВО через їхню високу вартість [4, с. 67–84].

Це створило наукове підґрунтя для пошуку та обґрунтування використання доступних альтернативних методик відеокomp'ютерного аналізу, зберігаючи при цьому принципи об'єктивізації та біомеханічної точності, закладені в даних працях.

Наступне дослідження Thomas et al. (2025) присвячене порівнянню маркерних та безмаркерних систем захоплення руху й фокусується на точності аналізу складних рухів. На думку авторів, впровадження безмаркерних систем (markerless motion capture) є перспективним напрямом розвитку цифрової антропометрії. Дослідники порівняли результати відеоаналізу складних рухів (імітація кидка в баскетболі), отримані за допомогою традиційного маркерного методу та двох версій програмного забезпечення на основі глибокого навчання. Авторами встановлено, що новіші версії безмаркерного ПЗ демонструють значне

покращення точності, особливо при вимірюванні кутів у кульшових суглобах. Водночас у дослідженні підкреслюється, що при аналізі рухів верхніх кінцівок (ліктя та зап'ястя) зберігаються суттєві розбіжності між системами, що може бути зумовлено артефактами м'яких тканин або особливостями алгоритмів визначення центрів суглобів.

Важливим для нашого дослідження є висновок авторів про те, що хоча безмаркерні технології забезпечують високу швидкість збору даних та відсутність обмежень для піддослідного, їх застосування для оцінки складних ротаційних рухів вимагає подальшого вдосконалення алгоритмів. Отримані результати підтверджують доцільність використання відеокomp'ютерного аналізу (зокрема 2D-аналізу в сагітальній площині) як надійного методу, що за точністю наближається до складних лабораторних систем у завданнях моніторингу постави [5].

Важливе значення для об'єктивізації процесу біомеханічного моніторингу має дослідження A. Puig-Diví et al. (2019), присвячене верифікації точності та надійності програмного забезпечення Kinovea як інструменту для отримання кінематичних параметрів руху. Авторами проведено порівняльний аналіз результатів оцифрування координат у Kinovea з показниками системи AutoCAD, яка виступала у ролі «золотого стандарту». Дослідниками доведено, що Kinovea є валідним та науково достовірним засобом аналізу, який забезпечує високу внутрішньо- та міжекспертну надійність. Особливу наукову цінність мають висновки авторів щодо можливості отримання точних лінійних та кутових вимірювань за умови зйомки з відстані до 5 метрів у широкому діапазоні ракурсів. Водночас зазначається, що для досягнення оптимальних результатів та мінімізації похибок перспективи рекомендовано використання ортогональної позиції камери. Зазначена публікація фактично легітимізує використання Kinovea як доступного та високоточного інструменту в клінічних та спортивних дослідженнях, що відкриває широкі перспективи для його застосування у практиці фізичної корекції постави студентів [6].

3. ВИДІЛЕННЯ НЕВИРИШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Незважаючи на значний масив теоретичних даних, залишається невирішеним питання розробки та впровадження алгоритмізованих програм корекції, які були б одночасно технологічно точними (базувалися на цифрових координатах, а не суб'єктивному описі); економічно доступними для масового використання в освітньому процесі ЗВО без закупівлі професійних 3D-лабораторій; методично обґрунтованими з позиції біомеханіки (вплив конкретних вправ на моменти сил та важелі опорно-рухового апарату).

Саме обґрунтуванню методики використання низьковитратного відеокomp'ютерного аналізу Kinovea у поєднанні з цілеспрямованим корекційним впливом на біомеханічні параметри постави студентів присвячена дана стаття.

4. ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є теоретичне обґрунтування та перевірка ефективності методики корекції порушень постави у студентів на основі використання відеокomp'ютерного аналізу (ПО Kinovea) та біомеханічно спрямованих комплексів фізичних вправ.

5. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБґРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Kinovea – це спеціалізоване програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом (GPLv2), призначене для двовимірного (2D) відеоаналізу рухів. У сучасній спортивній науці та клінічній практиці воно розглядається як високоефективна та низьковитратна альтернатива (орієнтовно 700-950 фунтів стерлінгів) дорогим 3D-системам захоплення руху (Motion Capture) [6].

Розглянемо технічні можливості та функціонал програми дозволяє здійснювати покадровий аналіз відеофайлів із розрахунком наступних параметрів:

- кінематичних координат: визначення точних (x, y) координат антропометричних точок.

- просторово-часових показників – вимірювання відстаней, кутів, швидкості та прискорення окремих сегментів тіла;

- корекції перспективи, а саме унікальний алгоритм «перспективної сітки» дозволяє проводити калібрування площин, які не є строго перпендикулярними до оптичної осі камери [там само].

Ці вимірювання можна виконувати з різних точок зору, оскільки програмне забезпечення виконує калібрування в площинах, неперпендикулярних до лінії камери та об'єкта, що аналізується.

Згідно з дослідженнями Shishov et al. (2025) система Kinovea демонструє високі показники точності, які корелюють із «золотим стандартом» проектування (AutoCAD). До них відносимо, зокрема коефіцієнт внутрішньокласової кореляції – зафіксовано на рівні $\geq 0,99$, що свідчить про майже ідеальну внутрішньо- та міжекспертну надійність даних. А також точність вимірювань: програма забезпечує достовірні результати при зйомці з відстані до 5 метрів та в діапазоні кутів огляду від 90° до 45° . Стандартна похибка вимірювання та мінімальна виявлена зміна наближаються до нуля, що підтверджує можливість використання Kinovea для фіксації навіть мікрозмін у поставі студентів [7].

Використання Kinovea у навчальному процесі дозволяє реалізувати концепцію візуального зворотного зв'язку (Biofeedback) [8; 10]. Основними перевагами для освітнього середовища стають об'єктивізація – перехід від суб'єктивного оцінювання «на око» до цифрових значень кутів (наприклад, кута нахилу голови чи асиметрії плечей). Доступність – відсутність потреби у дорогавартісних сенсорах чи маркерах; для аналізу достатньо відеозапису зі смартфона та стандартного ПК. Та можливість накладання кадрів «до» та «після» корекційного впливу для візуалізації прогресу студента.

Наукові дані підтверджують, що Kinovea є валідним та надійним інструментом для отримання кутових та лінійних характеристик рухів. Вона забезпечує необхідну для клінічних та спортивних досліджень точність (до міліметрів), що робить її оптимальним

вибором для моніторингу та корекції біомеханічних порушень постави у студентів у межах академічних занять [9].

Kinovea використовувалася у трьох основних сферах: спорт, клінічний аналіз та як інструмент для порівняння надійності інших нових технологій [там само].

Процес корекції біомеханічних порушень постави у студентів у сучасних умовах потребує переходу від суб'єктивного візуального оцінювання до об'єктивного інструментального контролю. У нашому дослідженні ми застосували методику відеокомп'ютерного аналізу (програмне забезпечення Kinovea, версія 0.9.5), що дозволило перетворити статичне зображення пози студента на систему кількісних біомеханічних параметрів.

Для оцінювання просторової організації тіла студентів було використано метод фотометрії у двох площинах. Основними маркерами для аналізу виступали:

- кут, утворений лінією, що з'єднує трагус вуха із остистим відростком сьомого шийного хребця (C7), відносно лінії, що проходить через точку C7;

- грудний кіфоз: ступінь грудного кіфозу, що визначається як кут між дотичними до хребта на рівні верхнього грудного (T1 –T2) та середньо грудного (T7 – T8) відділів;

- асиметрія плечового поясу – кутове відхилення лінії, що з'єднує праву та ліву акроміальні точки, відносно анатомічної горизонталі.

Використання відеоаналізу дозволило студентам отримати візуальний біофідбек (зворотний зв'язок), можливість побачити власну «цифрову модель» зі зміщенням центрів мас сегментів тіла стала потужним чинником підвищення мотивації до занять.

Для оцінки ефективності методики відеокомп'ютерного аналізу Kinovea було проведено первинне та повторне тестування групи студентів (n=25), загальна тривалість дослідження – 12 тижнів, жовтень-грудень 2025 р. Використання інструментарію програми дозволило перевести якісні характеристики постави у кількісні біомеханічні індикатори.

Аналіз вихідного стану просторової організації тіла дозволив визначити, що первинна фотометрія у сагітальній та

фронтальній площинах виявила високу частоту порушень, характерних для тривалого статичного навантаження. За допомогою функції «вимірювання кутів» у Kinovea було встановлено, що синдром «текстової шії» виявлено у 84% опитаних (21 особа). Середній кут між трагусом вуха та точкою С7 відносно вертикалі становив $34,2 \pm 3,5^\circ$ (при умовній нормі $45-50^\circ$), що свідчить про значне зміщення голови вперед.

У 68% студентів (17 осіб) кут на рівні Т1–Т2 та Т7–Т8 перевищував фізіологічну норму (гіперкіфоз грудного відділу), що корелювало зі скаргами на швидку втомлюваність м'язів спини.

Щодо асиметрії плечового поясу визначено, що у фронтальній площині кутове відхилення лінії акроміальних точок від горизонту становило від 3° до 7° у 56% респондентів (14 осіб).

Для корекції найбільш поширеного порушення – кіфотичної постави та «текстової шії» ми виділили вправи, де основний ефект досягається через зміну моментів сил та плечей важелів.

Блок А «Декомпресія та мобілізація» спрямований на усунення функціональних блоків у хребті. Використовувалися вправи на стретчинг грудних м'язів та мобілізацію грудного відділу хребта («кішка-собака»).

Вправа «W-стабілізація» є ключовим елементом корекції постави у фронтальній та сагітальній площинах, оскільки вона безпосередньо впливає на положення лопаток та розкриття грудної клітки. При кіфотичній поставі нижні та середні секції трапецієподібного м'яза, а також ромбоподібні м'язи перебувають у розтягнутому та слабкому стані, що призводить до протракції лопаток (їх зміщення вперед і назовні).

Для об'єктивізації результатів у Kinovea вправа виконується за протоколом. Отже, вихідне положення: Руки підняті вгору та зігнуті в ліктях так, щоб долоні були на рівні голови, а лікті – трохи нижче рівня плечей (формує «W»). Використовуючи маркер на акроміальній точці (плечі), у програмі Kinovea фіксується кут розвороту плечей (біофітбек).

Стабілізація лопаток у правильному положенні знімає обмеження з грудної клітки, що збільшує життєву ємність легень (що

важливо для студентів після тривалого сидіння), а правильне положення лопаток зменшує енерговитрати м'язів-стабілізаторів на підтримку вертикального положення тіла.

Блок Б «Корекція м'язового дисбалансу» обґрунтований тим, що біомеханічний аналіз виявляв слабкість стабілізаторів лопаток та глибоких флексорів шії. До програми було включено вправи з акцентом на

- активацію трапецієподібного та ромбоподібних м'язів (ретракція шії з ізольованим горизонтальним переміщенням голови назад без її нахилу вгору чи вниз) [11].

Вправа вчить глибокі флексори шії стабілізувати хребет, протидіючи силі тяжіння. Для забезпечення точності вимірювання в програмі Kinovea, вправа виконується за певними правилами. А саме, вихідне положення: сидячи або стоячи з рівною спиною, погляд спрямований прямо перед собою (паралельно підлозі). Необхідно плавно потягнути підборіддя назад, створюючи ефект «подвійного підборіддя». Важливо уникати закидання голови назад або притискання підборіддя до грудей. У крайній точці положення утримується на 3–5 сек, після чого голова повертається у нейтральне положення.

- зміцнення м'язів-корсету хребта («планка» з акцентом на стабілізацію таза як фундаменту постави) [12, с. 954-973].

Використання відеокomp'ютерного аналізу в режимі реального часу дозволяє студенту контролювати кут нахилу таза. Корекція здійснюється через створення пари сил: скорочення прямих м'язів живота (тяга вгору) та великих сідничних м'язів (тяга вниз). Це дозволяє нейтралізувати надмірний поперековий лордоз, що є критичним для загального балансу вертикальної осі тіла.

Після впровадження спеціальних фізичних вправ із застосуванням візуального біофідбеку (де студенти аналізували свої «цифрові моделі»), повторний аналіз через 12 тижнів продемонстрував позитивну динаміку (див. табл. 1).

Збільшення першого описаного показника, його позитивна динаміка з $34,2^\circ$ до $42,8^\circ$ свідчить про суттєву ретракцію шії (усунення синдрому «текстової шії»).

Біомеханічно це означає наближення центру мас голови до вертикальної осі хребта, що розвантажує паравертебральні м'язи.

Збільшення кута грудного кіфозу (наближення до 180°) вказує на розправлення грудної клітки та зменшення сутулості.

Таблиця 1

Динаміка біомеханічних показників постави студентів (n=25)

Біомеханічний параметр	Вихідні дані (M±m)	Після корекції (M±m)	Приріст (%)	Рівень значущості (p)
Кут С7 – трагус вуха, град.	34,2±1,2	42,8 ±0,9	+25,1%	< 0,05
Кут грудного кіфозу (Т1–Т2 та Т7–Т8), град.	148,5±2,4	162,1 ±1,8	+9,2%	< 0,05
Асиметрія плечового поясу, град.	5,1±0,8	1,8±0,4	-64,7%	< 0,01

Крім того, відмічена мінімізація асиметрії. Показник 1,8° після корекції вважається фізіологічною нормою, що вказує на відновлення м'язового балансу між правою та лівою сторонами тулуба. Аналіз результатів свідчить про статистично значуще покращення всіх досліджуваних параметрів ($p < 0,05$). Зокрема, показник асиметрії плечового поясу продемонстрував високу ступінь достовірності ($p < 0,01$), що підтверджує ефективність обраного комплексу біомеханічно спрямованих вправ.

Отже, впровадження відеокомп'ютерних технологій у процес фізичного виховання студентів дозволяє індивідуалізувати корекційний процес. Використання програмного аналізу перетворює заняття з фізичної культури на науково місткий процес, де студент стає активним учасником біомеханічного моделювання власного тіла.

Особливу роль відіграв психолого-педагогічний аспект, а саме можливість порівняння кадрів «до» та «після» у форматі накладання («overlay») у програмі Kinovea стала головним мотиватором. Студенти відзначали, що візуалізація власної асиметрії у цифрах є значно переконливішою за традиційні зауваження викладача «тримай спину рівно». А свідомо коригувати кутові характеристики руху, що прискорює формування нового динамічного стереотипу у 1,5–2 рази порівняно з традиційними методами.

6. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Об'єктивізація діагностичного процесу. Встановлено, що перехід від суб'єктивного візуального оцінювання до відеокомп'ютерного аналізу за допомогою програмного забезпечення Kinovea (версія

0.9.5) дозволяє отримати прецизійні біомеханічні дані стану постави студентів. Верифікація методу підтвердила його високу валідність та точність, що наближається до «золотого стандарту» проектування, роблячи його надійною low-cost альтернативою дорогим 3D-системам захоплення руху в умовах ЗВО.

Доведено, що ефективність фізичної корекції безпосередньо залежить від цілеспрямованого впливу на моменти сил та плечі важелів опорно-рухового апарату. Використання спеціалізованих вправ («Chin Tuck», «W-стабілізація», «Anti-Extension планка») дозволяє мінімізувати компресійне навантаження на шийний відділ хребта (шляхом ретракції та вирівнювання вектора сили тяжіння голови) та оптимізувати положення загального центру мас відносно площі опори.

Підтверджено, що використання цифрового зворотного зв'язку прискорює формування нового динамічного стереотипу у 1,5–2 рази порівняно з традиційними методиками. Запропонований підхід трансформує академічні заняття з фізичного виховання на індивідуалізований, дата-орієнтований процес. Це дозволяє реалізувати завдання «Національної стратегії з оздоровчої рухової активності в Україні», забезпечуючи студентів дієвим інструментом профілактики техногенних деформацій ОРА («текстова шия», кіфоз) у цифровому освітньому середовищі.

Перспективи подальших розвідок полягають у розробці та апробації автоматизованих алгоритмів на основі нейронних мереж для миттєвої ідентифікації біомеханічних маркерів постави, що дозволить масштабувати методіку

Література

1. Lotfian S, Fesharaki MJ, Shahabbaspour Z, Akbarzadeh H, Moezy A. The impact of forward head posture on neck muscle endurance and thickness in women with chronic neck pain: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2025 May 13;26(1):468. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-08705-w>
2. Про Національну стратегію з оздоровчої рухової активності в Україні на період до 2025 року «Рухова активність - здоровий спосіб життя - здорова нація». <https://tavr.osv.org.ua/ruhova-aktivnist-10-07-23-17-06-2020/>
3. Кашуба В, Попадюха Ю. Біомеханіка просторової організації тіла людини: сучасні методи та засоби діагностики і відновлення порушень. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 768 с.
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. 67–68.
5. Thomas, C., Nolte, K., Schmidt, M., & Jaitner, T. (2025). Comparison of Marker-Based and Markerless Motion Capture Systems for Measuring Throwing Kinematics. *Biomechanics*, 5(4), 100. <https://doi.org/10.3390/biomechanics5040100>
6. Puig-Diví A, Escalona-Marfil C, Padullés-Riu JM, Busquets A, Padullés-Chando X, Marcos-Ruiz D. Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS One*. 2019 Jun 5;14(6):e0216448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
7. Shishov N, Elabd K, Komisar V, Chong H, Robinovitch SN. Accuracy of Kinovea software in estimating body segment movements during falls captured on standard video: Effects of fall direction, camera perspective and video calibration technique. *PLoS One*. 2021 Oct 25;16(10):e0258923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258923>
8. Soylu C, Acar G, Uzumcu B, Demir P, Seyhan S, Biyikli T. Test-Retest Reliability and Validity of TecnoBody D-Wall to Assess the Range of Motion During Overhead Squat in Healthy Individuals. *Life (Basel)*. 2025 Jan 10;15(1):80. <https://doi.org/10.3390/life15010080>
9. Fernández-González, P., Koutsou, A., Cuesta-Gómez, A., Carratalá-Tejada, M., Miangolarra-Page, J. C., & Molina-Rueda, F. (2020). Reliability of Kinovea® Software and Agreement with a Three-Dimensional Motion System for Gait Analysis in Healthy Subjects. *Sensors*, 20(11), 3154. <https://doi.org/10.3390/s20113154>
10. Lucas Michaud, Dominique Desjardins, Alexandre Perrault et al. Visual Biofeedback and Postural Control: Exploring Potential Unconscious Visual Integration, 30 May 2024, PREPRINT (Version 1) available at Research Square <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4396310/v1>
11. Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, Notebaert D, Roets A, Soetens B, Cagnie B, Witvrouw EE. Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe? *Am J Sports Med*. 2007 Oct;35(10):1744-51. <https://doi.org/10.1177/0363546507303560>
12. Titcomb DA, Melton BF, Miyashita T, Bland HW. The Effects of Postural Education or Corrective Exercise on the Craniovertebral Angle in Young Adults with Forward Head Posture: A Randomized Controlled Trial. *Int J Exerc Sci*. 2023 Aug 1;16(1):954-973. <https://doi.org/10.70252/PYPO8483>

References

1. Lotfian, S., Fesharaki, M. J., Shahabbaspour, Z., Akbarzadeh, H., & Moezy, A. (2025). The impact of forward head posture on neck muscle endurance and thickness in women with chronic neck pain: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 26(1), 468. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-08705-w>
2. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020). On the National Strategy for Health-Enhancing Physical Activity in Ukraine until 2025 "Physical Activity – Healthy Lifestyle – Healthy Nation". <https://tavr.osv.org.ua/ruhova-aktivnist-10-07-23-17-06-2020/>
3. Kashuba, V., & Popadiukha, Y. (2018). *Biomechanics of the spatial organization of the human body: modern methods and tools for diagnosis and restoration of disorders*. Kyiv: Center of Educational Literature.
4. Kashuba, V., Goncharova, N., & Nosova, N. (2020). *Biomechanics of the spatial organization of the human body: theoretical and practical aspects*. *Theory and Methods of Physical Education and Sports*, 2, 67–68.
5. Thomas, C., Nolte, K., Schmidt, M., & Jaitner, T. (2025). Comparison of Marker-Based and Markerless Motion Capture Systems for Measuring Throwing Kinematics. *Biomechanics*, 5(4), 100. <https://doi.org/10.3390/biomechanics5040100>
6. Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X., & Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS One*, 14(6), e0216448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
7. Shishov, N., Elabd, K., Komisar, V., Chong, H., & Robinovitch, S. N. (2021). Accuracy of Kinovea software in estimating body segment movements during falls captured on standard video: Effects of fall direction, camera perspective and video calibration technique. *PLoS One*, 16(10), e0258923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258923>
8. Soylu, C., Acar, G., Uzumcu, B., Demir, P., Seyhan, S., & Biyikli, T. (2025). Test-Retest Reliability and Validity of TecnoBody D-Wall to Assess the Range of Motion During Overhead Squat in Healthy Individuals. *Life (Basel)*, 15(1), 80. <https://doi.org/10.3390/life15010080>

9. Fernández-González, P., Koutsou, A., Cuesta-Gómez, A., Carratalá-Tejada, M., Miangolarra-Page, J. C., & Molina-Rueda, F. (2020). Reliability of Kinovea® Software and Agreement with a Three-Dimensional Motion System for Gait Analysis in Healthy Subjects. *Sensors*, 20(11), 3154. <https://doi.org/10.3390/s20113154>
10. Michaud, L., Desjardins, D., Perrault, A., et al. (2024). Visual Biofeedback and Postural Control: Exploring Potential Unconscious Visual Integration [Preprint]. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4396310/v1>
11. Cools, A. M., Dewitte, V., Lanszweert, F., Notebaert, D., Roets, A., Soetens, B., Cagnie, B., & Witvrouw, E. E. (2007). Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe? *The American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1744-1751. <https://doi.org/10.1177/0363546507303560>
12. Titcomb, D. A., Melton, B. F., Miyashita, T., & Bland, H. W. (2023). The Effects of Postural Education or Corrective Exercise on the Craniovertebral Angle in Young Adults with Forward Head Posture: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Exercise Science*, 16(1), 954-973. <https://doi.org/10.70252/PYPQ8483>
-

Abstract

TSYBANYUK Oleksandra, HAURIK Olena

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

CORRECTION OF BIOMECHANICAL POSTURE DISORDERS IN STUDENTS THROUGH SPECIAL PHYSICAL EXERCISES BASED ON VIDEO-COMPUTER ANALYSIS

The article provides a comprehensive theoretical and empirical substantiation of a methodology for correcting posture disorders in university students by integrating modern video-computer analysis technologies. The study addresses the urgent problem of anthropogenic musculoskeletal deformities, specifically «text neck» syndrome (Forward Head Posture) and thoracic kyphosis, which have become prevalent due to prolonged static loads and sedentary behavior within the digital educational environment. The authors tackle the technical-methodological gap between the necessity for precision diagnostics and the limited accessibility of expensive laboratory equipment in higher education institutions. The research details a validated approach using Kinovea software (version 0.9.5) as a high-precision, low-cost tool for objectifying biomechanical body parameters. By employing 2D photometry and digital markers, the study transitions from subjective visual assessment to the measurement of precise kinematic coordinates, angles (C7–tragus, thoracic kyphosis), and shoulder girdle asymmetry. The corrective intervention algorithm is grounded in biomechanical principles, specifically focusing on modifying force moments and lever arms of the musculoskeletal system. The 12-week program (n=25) included targeted exercise blocks for spinal decompression, functional mobilization («W-stabilization»), and deep muscular corset stabilization («Chin Tuck» and «Anti-Extension plank»). The proposed data-driven approach transforms physical education into a measurable, scientific process aligned with national digitalization strategies. It provides a reliable «low-cost» alternative to 3D motion capture systems for mass educational use. Prospects for further research are associated with the integration of neural networks and artificial intelligence to automate the identification of biomechanical posture markers in real-time.

Keywords: posture correction, video-computer analysis, Kinovea, biomechanics, students, physical exercise, biofeedback, «text neck».
