

КОНТЕКСТНІ ПЕРЕДУМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЮ «КІНЕМАТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ ДИСТАЛЬНОГО СЕГМЕНТУ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ»

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-560-0-14>

Павло СІРЕНКО

кандидат наук з фізичного виховання та спорту, дослідник
Рижський Університет Страдіня, м.Рига, Латвія
e-mail: pavlo.sirenko@rsu.lv

Вступ. Освіта та наука в контексті європейського вектору розвитку України передбачає пошук нових, сучасних методик та технологій реалізації науково-технічного потенціалу [1, 19]. В тому числі новітніх пристроїв, що можуть конкурувати з сучасними європейськими взірцями у різних напрямках діяльності людини в суспільстві та спорті. Контекст кінематичної структури різноспрямованих рухів в сучасному спорті, передбачає залучення значної кількості їх ланок. Фактори зовнішнього впливу передбачають залучення до змісту рухового акту не лише великі м'язові фрагменти та ланцюги, що задають напрямок локомоції в контексті до зовнішньої протидії [2].

В кожному з виконаних елементів залучатимуться й м'язи, які відповідають за точне (дрібно) скерування амплітуди основного руху. В контексті кожного кроку, під час повільного переміщення, бігу зі зміною напрямку, передбачається повсякчасне втримання положення, пози тіла та його рівноваги у різних площинах [3, 4]. В кожному з рухових елементів будуть активно залучені м'язи поясу нижніх кінцівок. Під час фронтальної локомоції та виникнення необхідності зміни напрямку з наступним переміщення тіла, втриманням його рівноваги, будуть активно залучені м'язи ротатори [7]. В стосунку до дистального сегменту нижньої кінцівки (гомілки) це м'язи, що виконують обертання гомілки. Обертання гомілки назовні передбачає зацікавленість натягувача широкої фасції та двоголового м'яза стегна. Залучені дві топографічно різноспрямовані групи [5]. Обертання гомілки досередини вволікає до скорочення кравецький м'яз, напівсухожилковий та напівперетинчастий, стрункий м'яз (медіальна група стегна), підколінний м'яз (м'яз задньої групи гомілки) [6, 8]. Це єдиний рух кінематичної ланки в тілі людини який зможе задіяти в одному руховому акті чотири м'язових групи. Актуальним постає розробка пристрою, що дасть змогу локалізувати та регламентувати кінематичний контекст в залежності від спрямованості фактору зовнішнього впливу.

Виклад основного матеріалу. Мета: розробка механічного пристрою, використання якого дозволить регламентувати вихідне положення та амплітуду скорочення м'язів ротаторів гомілки в залежності від кута прикладеного зусилля та прямим впливом. Створення засобу фізичної реабілітації використання якого передбачає можливість ізолюваного впливу на задньолатеральну і задньомедіальну області стегна. Для розв'язання окреслених завдань та забезпечення висновків сформульованих в розробці механічного пристрою дослідження використано аналіз науково-методичної літератури; узагальнення та систематизація даних в контексті співвідношення медико-біологічних складників та практичної реалізації.

На підставі медико-біологічних досліджень (за даними інтерференційної електроміографії) ми визначали показники амплітуди та частоти у вправі «згинання гомілки лежачи». Дослідження проводилось для м'язів задньої групи стегна, таких як: двоголовий, напівсухожилковий, напівперетинчастий. Під час проведення досліджень ми виявили залежність розподілу функціонального впливу (біоелектричної активності) від положення (внутрішнього чи зовнішнього обертання) гомілки [16, 17]. При зовнішньому обертанні збільшуються контрактильні прояви двоголового м'яза стегна при відповідному їх зменшенні в саркомерах напівсухожилкового та напівперетинчастого. При внутрішній ротації збільшуються контрактильні прояви напівсухожилкового та напівперетинчастого м'язів при відповідному зменшенні в двоголовому м'язі стегна [9]. На підставі виявленої залежності розподілу контрактильних можливостей нами було запропоновано розробку механічного пристрою, що в своїй структурі регламентуватиме та узгодить можливості скорочення м'язів нижніх кінцівок. Використання даного обладнання дозволить здійснювати вплив на м'язи, що виконують обертання дистального сегменту нижньої кінцівки (гомілки), в залежності від положення наближення чи віддалення ділянок кріплення, сприятиме розробкам контрактур після травм та покращення мобільності колінного суглобу.

Для вирішення вказаного завдання нами були визначені, регламентовані та систематизовані умови застосування пристрою кінематичного перетворення обертального руху дистального сегменту нижньої кінцівки (рис. 1, рис. 2)

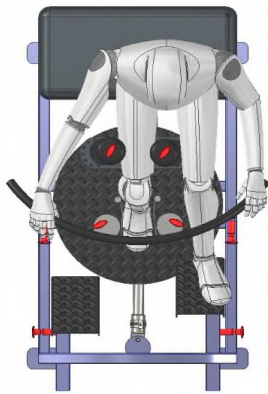


Рис. 1. Застосування пристрою кінематичного перетворення обертального руху дистального сегменту нижньої кінцівки (вид згори)

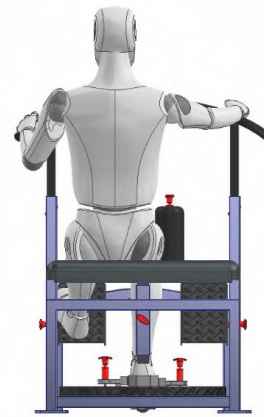


Рис. 2. Застосування пристрою кінематичного перетворення обертального руху дистального сегменту нижньої кінцівки (вид ззаду)

Важливою складовою є розташування рухомих та нерухомих елементів платформи у відповідності до вертикальної вісі обертання. У механіці вертикальна вісь обертання – це уявна лінія, що проходить вертикально через центр мас тіла або системи та навколо якої здійснюється обертальний рух у горизонтальній площині [10]. В запропонованому нами пристрої ми пропонуємо розташувати раму з сидінням, під яким в зазначених умовах знаходиться ротаційна платформа. Основні характеристики були розглянуті нами в контексті наступних складових: орієнтація – вісь перпендикулярна до площини обертання, сама площина обертання знаходиться в площині, що є паралельною до горизонтальної. За типом руху: обертання навколо фіксованої вісі (штифт, що фіксований на основі пристрою з закріпленою на ньому платформою). Таки складники як момент інерції – визначає, наскільки важко змінити швидкість обертання навколо вертикальної вісі, кутова швидкість (ω) – характеризує швидкість обертання навколо вісі та кутовий момент (L) – зберігається при відсутності зовнішніх моментів сил (закон збереження моменту імпульсу) не є пріоритетними в даній розробці. Для втримання положення вертикально розташованої гомілки використовуємо «фіксатор стопи» з вертикальною віссю обертання що проходить через гомілку та середину платформи.

Фіксатор стопи в механічних тренажерах при горизонтальному обертальному русі використовуємо за основним контекстом опису та призначення.

Застосовуємо як механізм або пристрій, що утримує стопу користувача в стабільному положенні під час виконання вправ, що передбачають горизонтальний обертальний рух. Він допомагає уникнути зміщення ноги, покращує ефективність регламентацію суворої регламентації виконання вправи. Горизонтальний обертальний рух – це рух кінцівки або всієї ноги по горизонтальній площині навколо фіксованої осі (наприклад, у велотренажерах, ротаційних тренажерах для ніг або деяких реабілітаційних пристроях) [10, 11]. Основною функцією фіксатора стопи є стабілізація (втримання положення) стопи – запобігає її зміщенню під час виконання вправ; зниження навантаження на суміжні суглоби стопи – правильне закріплення дозволяє рівномірно розподіляти зусилля у відповідності до вісі обертання; покращення ефективності вправ – завдяки фіксації м'язи працюють у правильному, суворо регламентованому напрямку; безпека та профілактика травматизму – особливо важливо для людей після травм, захворювань або в програмах фізичної реабілітації. Фіксатори стопи можна застосовувати у різних видах тренажерів, що мають механізми горизонтального та фронтального поступального та обертального руху. Це такі як велотренажери – реміні або жорсткі кріплення стоп запобігають зісковзуванню ноги з педалі під час обертання; орбітреки (еліпсоїдні степпери) – фіксатори забезпечують рівномірний розподіл навантаження на м'язи ніг, є надзвичайно важливим коли в обладнанні є можливість фронтального регулювання опорних платформ; ротаційні тренажери для поясу нижніх кінцівок, коли стопа залишається нерухомою, а рух відбувається у суміжному суглобі. Ймовірне використання в тренажерах для розгинання та згинання гомілки та силовимірювальних пристроях – фіксатори дозволяють ногам не зісковзувати під час виконання протидії [12]. Спеціалізовані тренажери для фізичної реабілітації (механотерапія) – важливо правильно зафіксувати стопу, щоб уникнути додаткового напруження в суглобах. Кожен з пристроїв фіксації стопи має свою специфічність: ремінні фіксатори – еластичні або жорсткі реміні, які утримують стопу на місці; жорсткі чашоподібні кріплення – формовані під стопу елементи, що забезпечують максимальну фіксацію; магнітні або липучкові фіксатори – використовуються у високотехнологічних тренажерах для швидкої зміни положення; регульовані платформи – можуть

змінювати кут нахилу або позицію для зручності користувача. В запропонованому нами пристрої ми плануємо використовувати фіксатор стопи з жорсткою «стабілізацією» - втриманням основи стопи – п'яти та бокові пластини які на підставі медіальної та латеральної компресії на підошву, які регулюються ексцентриками. Ексцентрик – це механічний елемент (диск або вал), у якого вісь обертання зміщена відносно геометричного центру. Завдяки цьому при обертанні ексцентрик створює змінне плече сили, що дозволяє регулювати навантаження під час виконання вправ. Ми використовуватимемо ексцентрики для забезпечення змінного профілю навантаження під час руху. Це дозволяє адаптувати механіку вправи в механічних тренажерах елементи природної біомеханіки людини, зменшуючи ризик травм і підвищуючи ефективність тренування. В силовому тренажері, в пристрої запропонованому нами ми змінюємо рівень навантаження по ходу руху, роблячи його більш плавним. Це дозволяє оптимально розподіляти зусилля відповідно до сили обертання м'язами платформу фазах зовнішнього або внутрішнього обертання. При русі у площині паралельній сагітальній ексцентрик робить рух більш природним, знижуючи навантаження в найбільш складних та критичних межах прикладення основного зусилля) [13]. В тренажерах кардіологічної лінії ексцентричні механізми використовуються для створення нерівномірного опору при русі педалей, опорних платформ та ін., що імітує природний рух тіла в просторі [14]. Це дозволяє налаштовувати змінний опір для різних режимів тренування та побудові навантаження. В контексті запропонованого нами механізму, або пристрою який може використовуватись як засіб фізичної реабілітації або спеціалізованого тренування ексцентрики допомагають поступово збільшувати навантаження під час руху, що важливо для відновлення після травм та регулюванні сили, яку пацієнт прикладає у кожній фазі виконання руху [15]. Основними перевагами використання ексцентриків у механічних тренажерах є плавний розподіл навантаження, що дозволяє уникнути різних фаз виконання основного динамічного руху «ривків»; адаптація до біомеханіки користувача – робить рухи більш природними та персонально спеціалізованими; завдяки зміні та перетворення навантаження у критичній межі руху зменшується відсоток ймовірної травми, а можливість максимального використання контрактильних можливостей м'язів в кожній фазі руху підвищує ефективність тренувань. Подальшою ланкою передачі навантаження з ексцентрика є силовий блок. Він може бути як механічний, з гнучким елементом так і у вигляді телескопічного демпфера. Основна функція – передання навантаження на ротаційну платформу. Силовий блок може складатись з навантажувального, вертикально розташованого, стека (набору ваги, які підіймаються за допомогою спеціального елемента), блоків (роликів), які змінюють напрямок зусилля, троса або ремня для перетворення навантаження. В випадку запропонованого нами пристрою в якості силового блоку використовується горизонтально розташований телескопічний демпфер.

Регульований телескопічний демпфер – це механізм, що складається з телескопічного корпусу та амортизаційної системи (гідравлічної, пневматичної або пружинної), який використовується для контролю швидкості та плавності руху в механічних системах. Основні елементами даного пристрою є телескопічний корпус який складається з декількох секцій, що дозволяють змінювати довжину демпфера; амортизаційний механізм – гасить різкі рухи та контролює навантаження та регульований механізм – дозволяє змінювати силу демпфування (ступінь опору руху). Зазвичай його можна розглядати у вигляді вертикальної розмітки, розташованої на дистальній частині демпфера. Зазвичай регульовані телескопічні демпфери застосовуються у тренажерах для підвищення безпеки, комфорту та ефективності тренувань. Основні напрямки застосування в механічних силових пристроях – це блочні системи або системи, що мають за метою виконувати плавні рухи. Даний пристрій унеможливує ривки та різкі рухи при роботі з вагою; допомагає контролювати швидкість повернення блоку у вихідне положення; підвищує безпеку при виконанні вправи (наприклад, при різкій відміні протидії). Також може використовуватись в спеціалізованих кардіотренажерах (бігові доріжки, орбітреки, велотренажери). Слугує амортизатором рухомих елементів для зниження ударного навантаження на суглоби; забезпечує плавний перехід між рівнями навантаження. Регульовані демпфери використовуються в педалях велотренажерів для адаптації опору, а в тренажерах для фізичної реабілітації крім зазначених вище чинників мають можливість комфортного регулювання сили опору для адаптації під потреби користувача (поступове збільшення або зменшення навантаження персоналізованого навантаження), сприяє зниженню ризику травм за рахунок контрольованого руху. Переваги використання регульованого телескопічного демпфера є плавність рухів – зменшує ривки, покращує контроль над навантаженням, безпека – знижує ризик травмування при неправильному виконанні вправ, індивідуальне налаштування – можливість регулювати опір для різних рівнів фізичної підготовки, підвищена довговічність тренажера – демпфер зменшує зношення рухомих частин. Можливими недоліками можуть бути дорожча конструкція – порівняно зі звичайними механізмами, необхідність технічного обслуговування – з часом демпфер може потребувати регулювання або заміни, обмеження по навантаженню – потрібно

правильно підбирати тип демпфера для різних тренажерів. Як в першому так і в другому випадку з'єднання силового блоку відбувається з ротаційною платформою, що розташована горизонтально та обертається навколо вертикальної вісі.

Вертикальна вісь обертання у запропонованому нами пристрої визначає траєкторію руху платформи, що обертається та суміжного важеля. Регульований горизонтальний рух, в сукупності з зазначеними вище чинниками визначає плавність руху під час протидії; правильна вісь обертання дозволяє уникнути зайвого тертя та «перекосів» у траєкторії руху мінімізуючи компресійне осьове навантаження на суглоби [15, 16]. Необхідно відзначити рівномірний розподіл зусиль – завдяки горизонтальному розташуванню початкової тяги можна контролювати напрямок сили (на підставі регулювання шкали навантаження на телескопічному демпфері або ваги на стеку вантажоблоку), що дозволяє ефективно залучати потрібні групи м'язів [17]. Перевагами використання блочної системи з вертикальною віссю обертання є плавність рухів (рівномірне навантаження без ривків); безпека для користувача (зниження ризику травмування через неправильну траєкторію); зручність регулювання (комфортне розташування регулятора зміна навантаження; можливість ізольованого тренування м'язів (стабільний рух сприяє ізольованій роботі визначених м'язових ланок). Недоліками та обмеженнями для ефективного впровадження може бути обмежена траєкторія руху з меншою варіативністю у порівнянні з вільною вагою. Також зношування троса або блоків може знижувати ефективність тренажера.

Регульоване по висоті сидіння та опора для поясу верхніх кінцівок, що жорстко закріплені на опорній платформі дає змогу враховувати персональні антропометричні чинники, підбирати умови виконання вправи на тренажері з урахуванням морфологічних характеристик тіла та кінцівок.

Важіль – це один із ключових механічних елементів, що був використаний нами у запропонованій конструкції для регулювання навантаження, перетворення напрямку сили та підвищення ефективності тренувань [4, 18]. Він з'єднаний з вертикальною віссю обертання та гнучким елементом силового блоку, при цьому через вказаний важіль передається навантаження від силового блоку на ротаційну платформу. При побудові умов застосування ми користувались основними принципами використання важеля необхідними для перерозподілу навантаження на підставі зміни моменту сили для ефективнішого опрацювання м'язів; створення регламентованого опору в контексті якого важіль передає силу від користувача на силовий блок або інший механізм та забезпечення плавності руху для оптимізації траєкторії руху під морфологічні характеристики людини. Зазвичай в побудові механічних тренажерів використовуються різного роду важелі, що диференційовані за принципом дії.

Важіль першого роду (опора між силою та навантаженням), здебільшого використовується у тренажерах для згинання, розгинання гомілки. Важіль другого роду (навантаження між опорою та силою) у вправах витискання ногами, нахил назад дає механічну перевагу полегшуючи рух. Важіль третього роду (сила між опорою та навантаженням) найбільш поширений у тренажерах, що імітує природний рух м'язів (тренажери з «вільною вагою»).

Суміжні рухомі блоки, які встановлені на рамі та між якими розташовано елемент силового блоку. Суміжні рухомі блоки розглядаємо як конструктивні елементи механічних тренажерів, які взаємодіють між собою для забезпечення плавності руху, рівномірного розподілу навантаження та безпеки під час виконання вправ. Вони використовуються в важільних механізмах та платформах з обертальним рухом (табл. 1).

Суміжні та рухомі блоки є критично важливими елементами механічних тренажерів оскільки забезпечують зміну напрямку зусилля та його оптимальний розподіл, плавний і безпечний рух платформи або важелів, регульоване навантаження для адаптації під різні рівні підготовленості спортсменів. Суміжні блоки функціонують у взаємодії, передаючи механічну енергію від одного вузла до іншого відповідаючи окремим принципам їхньої роботи [7, 9]. Таким як розподіл навантаження, що передбачає рівномірне передання сили, зменшуючи пікові навантаження на певні компоненти руху; стабілізація руху для забезпечення контрольованого переміщення робочого механізму; зменшення втрат енергії при мінімізації тертя та раптових поштовхів під час руху; синхронізація, що забезпечує злагоджену роботу всіх частин тренажера. Суміжні та рухомі блоки є ключовими елементами конструкції силових тренажерів. Вони забезпечують передачу навантаження, зміну напрямку сили та стабільність руху під час виконання вправ. Рухомі блоки – це механічні елементи (ролики або шківів), які обертаються навколо своєї осі та змінюють напрямок руху тросів або ременів. Вони можуть бути фіксованими (не змінюють положення) або плаваючими (змінюють положення під навантаженням). Суміжні блоки – це частини запропонованої нами системи, які працюють разом із рухомими блоками в контексті скеровуючих напрямку руху ланок, підтримують скерування телескопічного демпфера.

Таблиця 1

**Компоненти застосування механічних засобів в пристрої кінематичного перетворення
обертального руху дистального сегменту нижньої кінцівки**

Компонент	Опис	Використання	Ефект
Регульований телескопічний демпфер	Пристрій, що поглинає різкий зовнішній вплив та контролює плавність руху за рахунок зміни довжини та сили опору.	Використовується для стабілізації рухомих частин тренажера, зменшення не контрольованої фази руху та різких навантажень.	Підвищує комфорт тренувань, зменшує навантаження на суглоби, забезпечує плавність руху.
Силовий блок	Вага, що використовується для створення опору під час виконання вправ, з'єднаний з системою розподілу навантаження.	Забезпечує контрольоване навантаження в силових тренажерах, дозволяючи змінювати вагу за допомогою регуляторі на стеку.	Дозволяє безпечно регулювати навантаження, створює постійний опір для ефективного тренування м'язів.
Ексцентрик	Механічний компонент з нерівномірним центром обертання, що змінює зусилля по траєкторії руху.	Використовується для зміни моменту опору під час вправ, регулюючи навантаження у різних фазах руху.	Покращує біомеханіку вправи, допомагає зменшити втрату ефективності в критичних ланках руху.
Фіксатор стопи	Механізм, що утримує стопу у стабільному положенні для регламентованого виконання вправ.	Фіксує стопу при роботі на тренажері, що передбачає обертальний рух гомілки відносно платформи.	Покращує стабільність фіксації та міцність утримання, запобігає травмам, спрямовує навантаження на певні групи м'язів.
Важіль	Жорсткий елемент, що обертається навколо вісі, передаючи зусилля від користувача до тренажера.	Використовується для створення механічної переваги та зміни напрямку сили при виконанні вправ.	Допомагає оптимізувати навантаження, покращує контроль руху, дозволяє виконувати вправи з більшою ефективністю.

Контактні з'єднувальні механізми передають зусилля від силового блоку до платформи. При використанні в механічних тренажерах містять окремі функції. Такі як: зміна напрямку сили (використання рухомих блоків дозволяє змінювати траєкторію руху троса, що дає змогу виконувати вправи під різними кутами); зменшення тертя та плавність руху (якісні з'єднувальні механізми забезпечують мінімальний опір при виконанні рухового елемента, що робить тренування комфортнішим); розподіл навантаження (використання декількох блоків у системі дозволяє рівномірно розподілити навантаження, що важливо для біомеханіки вправ). Пункт «регулювання навантаження» має певні особливості оскільки деякі рухомі блоки можуть змінювати своє положення під навантаженням, дозволяючи змінювати момент сили протягом усього руху. В тренажерах із змінним опором це використовується для компенсації слабких ланок руху (наприклад, у ексцентричних механізмах).

Висновки: на підставі аналізу наукової та методичної літератури; узагальнення та систематизація даних в контексті співвідношення медико-біологічних складників та практичної реалізації нами були розроблені практичні передумови застосування та впровадження пристрою кінематичного перетворення обертального руху дистального сегменту нижньої кінцівки використання якого дозволить регламентувати вихідне положення та амплітуду скорочення м'язів, що обертають гомілку. Дане обладнання дасть змогу локалізувати та регламентувати кінематичний контекст в залежності від спрямованості фактору зовнішнього впливу. Нами було обґрунтовано створення засобу фізичної реабілітації використання якого передбачає можливість ізолюваного впливу на задньолатеральну і задньомедіальну області стегна, що сприятиме розробці (при наявності) ротаційних контрактур в колінному суглобі. Запропонована регламентація вправ та м'язових важелів дає змогу залучити до рухового акту більшість контрактних ланок поясу нижніх кінцівок в умовах ізолюваного впливу.

Список використаних джерел:

1. Сіренко П. Контроль ефективності застосування педагогічних інновацій в навчально-тренувальному процесі досвідчених футболістів // Інновації в сучасній освіті: методологія, технологія, дидактичні та виховні аспекти : монографія / за заг. ред. В. В. Іванишин. Кам'янець-

Подільський : Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»; Рига (Латвія) : Baltija Publishing, 2023. С. 306–314.

2. Сіренко П. О. Особливості інтерференційної електроміограми м'язів задньої групи стегна у кваліфікованих футболістів у вправі розгинання стегна стоячи // Слобожанський науково-спортивний вісник. 2013. № 4. С. 91–99.

3. Сіренко П. О. Особливості інтерференційної електроміограми m. adductor magnus, m. adductor longus, m. gracilis у кваліфікованих футболістів у вправі приведення ноги стоячи // Спортивна наука України. 2013. № 5. С. 46–58.

4. Сіренко П. О. Особливості інтерференційної електроміограми литкового м'яза у кваліфікованих футболістів у вправі «згинання гомілки лежачи» [Електронний ресурс] // Спортивна наука України. 2013. № 6 (57). С. 27–38.

5. Сіренко П. О. Розвиток рухових якостей у кваліфікованих футболістів : метод. рек. Харків : Нове слово, 2012. 82 с.

6. Сіренко П. О. Фізична реабілітація рухового апарату в професійному спорті : монографія. Харків : Нове слово, 2008. 199 с.

7. Сіренко П. О. Методичні аспекти застосування спеціальних та профілактичних вправ для м'язів нижніх кінцівок // Наук. часопис Нац. пед. ун-ту імені М. П. Драгоманова. Серія № 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт) : зб. наук. праць / за ред. О. В. Тимошенко. Київ : Вид. часопис НПУ імені М. П. Драгоманова, 2023. Вип. 5 К(165) 23. С. 114–119.

8. Сіренко П., Жіденс Я. Розподіл ізольованого впливу у вправах постізометричної релаксації для напівсухожилкового, напівперетинчастого та двоголового м'язів стегна // Сучасні проблеми фізичного виховання, спорту та здоров'я людини : матеріали VII інтернет-конф., м. Одеса, 17–18 жовт. 2023 р. Одеса : видавець Букаєв В. В., 2023. С. 154–156.

9. Сіренко П. О., Ленська О. В. Оптимізація функціонального стану серцево-судинної системи за допомогою спеціального обладнання // Сучасні питання фізичної терапії та ерготерапії. Лабораторна медицина: проблеми та перспективи : матеріали наук.-практ. конф. молодих учених, здобувачів освіти та лікарів-інтернів / Харк. нац. мед. ун-т ; редкол.: В. В. М'ясоєдов, І. А. Чухно, С. І. Латогуз, О. І. Залюбовська, М. М. Мішина. Харків : ХНМУ, 2023. С. 108–109.

10. Сіренко П. О., Стороженко І. П., Жіденс Я. Особливості статистичної обробки ІЕМГ даних перекриття міофіламентів у кінематичних ланках поясу нижніх кінцівок // Громадське здоров'я в Україні: проблеми та способи їх вирішення «Томілінські читання» : матеріали VI наук.-практ. конф. з міжнар. участю, присвяч. 100-річчю каф. громад. здоров'я та упр. охороною здоров'я ХНМУ, Харків, 02 листоп. 2023 р. / редкол.: В. В. М'ясоєдов, В. А. Огнєв, В. Г. Нестеренко [та ін.]. Харків, 2023. С. 69–70.

11. Стороженко І. П., Сіренко П. О. Симуляція генерації електричних коливань субміліметрового діапазону варизним BINN // Технічний прогрес в АПВ : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 трав. 2024 р. Харків : ДБТУ, 2024. С. 274–277.

12. Стороженко І. П., Сіренко П. О. Числові експерименти з генерації коливань субміліметрового діапазону варизним BINN // Молодь і технічний прогрес в АПВ : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 23–24 листоп. 2023 р. Харків : Держ. біотехнол. ун-т, 2023. С. 391–394.

13. Sirenko P. O., Istomin A. H., Sirenko R. R., Khorkavyy B. V., Rybchych I. E. Special and preventive exercises for hamstring muscles in the training process of experienced football players // Pedagogy of Physical Culture and Sports. 2022. Vol. 26, № 5. P. 344–352. doi: 10.15561/ 26649837. 2022.0509.

14. Sirenko P. O. Innovative technologies in physical training of skilled football players : Cand. Diss. Lviv, 2015.

15. Sirenko P., Korolinska S., Sirenko Y. Features interference electromyogram rectus femoris for skilled players in the context of special exercises // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. 2013. Vol. 17, № 8. P. 92–98.

16. Sirenko P., Korolinska S., Sirenko Y. Features interference EMG leg extensor muscles of skilled players in the context of the special exercises // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. 2013. Vol. 17, № 7. P. 70–76.

17. Sirenko P. O. Special and preventive exercises in professional football. Kharkiv : Nove slovo, 2012.

18. Sirenko P. O., Storozhenko I. P., Židens J., Zuša A., Yuzyk O. P., Lietuviute D., Kolesnyk T. V. Functional testing of the lower extremity muscles // Medicini perspektivi. 2023. Vol. 28, № 2. P. 150–163.

19. Korolinska S. V., Sirenko P. A. The study of motivational valuable attitude to physical training of students // Pedagogika, psihologija ta mediko-biologichni problemi fizicnogo vihovanna i sportu. 2008. № 7. P. 77–79.