

## **ВІДГУК**

офіційного опонента

доктора наук з фізичного виховання і спорту, доцента,  
професора кафедри фізичної терапії та реабілітаційної медицини Харківського  
національного університету імені В. Н. Каразіна

Калмикової Юлії Сергіївни на дисертаційну роботу

**Кучерявої Ольги Валеріївни**

**«Терапія та реабілітація жінок з ожирінням та гоналгіями на основі  
моделювання роботи колінного суглоба»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 227 Фізична терапія, ерготерапія  
галузь знань 22 Охорона здоров'я

**Актуальність теми дослідження.** Порушення функціонального стану колінного суглоба в осіб із ожирінням належать до кола найбільш актуальних проблем сучасної фізичної терапії та реабілітаційної медицини. Стійка тенденція до зростання поширеності ожиріння у світі супроводжується підвищенням частоти патологій опорно-рухового апарату, зокрема больових синдромів у колінному суглобі (КС) (гоналгій), які істотно обмежують рухову активність, знижують якість життя та сприяють прогресуванню дегенеративних змін у суглобових структурах.

Надмірна маса тіла призводить до зростання механічного навантаження на КС, що в поєднанні з порушеннями біомеханіки рухів, м'язовим дисбалансом і змінами моторного контролю формує передумови для розвитку функціональних розладів і больового синдрому. У цьому контексті особливої значущості набуває розроблення ефективних програм фізичної терапії, спрямованих на відновлення функціонального стану нижніх кінцівок і корекцію порушень опорно-рухового апарату в зазначеній категорії пацієнтів.

Водночас сучасні підходи до фізичної терапії жінок із ожирінням та гоналгіями здебільшого ґрунтуються на клінічних спостереженнях і недостатньо враховують біомеханічні закономірності функціонування опорно-рухового апарату. Застосування методів біомеханічного та математичного моделювання створює можливості для поглибленого аналізу механізмів формування патологічних змін, оцінювання розподілу навантажень у структурних елементах КС та наукового обґрунтування підходів до формування програм фізичної терапії.

Отже, актуальність дисертаційного дослідження Кучерявої О.В. визначається необхідністю комплексного аналізу функціональних порушень КС у жінок із ожирінням на основі інтеграції клінічних і математичних методів, а також розроблення науково обґрунтованих рекомендацій до терапії та реабілітації, спрямованої на відновлення функціонального стану нижньої кінцівки та підвищення якості життя пацієнток.

**Зв'язок роботи з науковими планами, темами.** Робота виконана відповідно до Плану науково-дослідної роботи Національного університету фізичного виховання і спорту України на 2021-2025 рр. за темою 4.2 «Відновлення функціональних можливостей, діяльності та участі осіб різних нозологічних, професійних та вікових груп засобами фізичної терапії» (номер

державної реєстрації 0121U107926). Особистий внесок здобувача полягає в розробці й науковому обґрунтуванні основних ідей і напряму дослідження, створенні інтерпретаційної фізико-математичної моделі, що покладена в основу дослідження, проведенні чисельного моделювання, а також аналізі й узагальненні отриманих результатів.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**, сформульованих у дисертаційній роботі. Наукові положення, висновки та практичні рекомендації, представлені у дисертації, є належним чином обґрунтованими та логічно випливають із поставленої мети й визначених завдань дослідження. У роботі застосовано комплекс сучасних методів дослідження, зокрема антропометричні, біоімпедансні, соціологічні, методи функціональної оцінки (WOMAC, EuroQol-5D), а також методи геометричного й чисельного моделювання з використанням методу скінченних елементів.

Отримані результати опрацьовано із застосуванням адекватних методів математичної статистики та методів чисельного моделювання, що забезпечує їхню достовірність. Інтерпретацію результатів здійснено з урахуванням положень Міжнародної класифікації функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я (МКФ), що підвищує наукову та практичну цінність проведеного дослідження.

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць, серед яких 5 статей у наукових виданнях з переліку наукових фахових видань України, одне з яких проіндексовано в базі даних Scopus (Q4); 3 публікації апробаційного характеру; 4 публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у тому, що дисертанткою: *вперше*, у чисельних показниках та наочно за допомогою геометричної моделі фрагментів опорно-рухового апарату нижньої частини тіла, продемонстровано: вплив надмірної маси тіла на зміни рухової активності людини; вплив надмірної маси тіла на навантаження колінного суглоба; структурно-функціональні зміни в колінному суглобі, що відбуваються під впливом навантаження; *вперше*, побудовано із застосуванням елементів теорії параметризації і математичного аналізу, функціональні залежності між відсотковим вмістом жирових тканин у тілі ( $\alpha$ ) та мірою перенавантаження колінних суглобів ( $\lambda$ ); *вперше*, на основі геометричної моделі, оцінено за принципами МКФ структурно-функціональні зміни у колінному суглобі та у нижній кінцівці у жінок із ожирінням; *вперше*, для перевірки побудови дискретної геометричної моделі нижньої частини ОРА побудована її скінченно-елементна модель із застосуванням програмного комплексу ПК ЛІРА-САПР; *вперше*, на підставі розробленої геометричної моделі порушень структур та функцій опорно-рухового апарату, науково обґрунтовано та розроблено практичні рекомендації до застосування засобів фізичної терапії та фітнесу у жінок із ожирінням та гоналгіями; *дістали подальшого розвитку* дані про зміни у структурно-функціональному стані опорно-рухового апарату жінок із ожирінням; *дістали подальшого розвитку* теоретичні уявлення про доцільність та можливість застосування засобів фізичної терапії та фітнесу у жінок із ожирінням та гоналгіями; *підтверджено дані* про найбільш значущі фактори,

що впливають на характер і спрямованість реабілітаційних заходів у осіб із ожирінням та гоналгіями.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає у розробленні геометричної моделі фрагментів опорно-рухового апарату нижньої частини тіла, що дозволила продемонструвати вплив надмірної маси тіла на навантаження КС та пов'язані з цим структурно-функціональні зміни у ньому і в нижній кінцівці загалом. Отримані результати оцінено відповідно до принципів Міжнародної класифікації функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я. На основі розробленої моделі порушень структур і функцій КС та нижньої кінцівки науково обґрунтовано і розроблено практичні рекомендації щодо застосування засобів ФТ та фітнесу для жінок із ожирінням та гоналгіями.

**Основні положення, висновки та результати дослідження впроваджено** в освітній процес кафедри терапії та реабілітації Національного університету фізичного виховання і спорту України при викладанні дисциплін «Фізична терапія при неспецифічних захворюваннях сучасності» для студентів 1 курсу другого (магістерського) рівня та «Основи пілатесу у терапії та реабілітації» для студентів 3–4 курсу першого (бакалаврського) рівня. Результати досліджень апробовано і впроваджено в практику роботи Центру фізичної терапії «Олімпійський» та спортивного клубу «АЄРО».

**Теоретичне значення** отриманих результатів полягає в науковому обґрунтуванні доцільності використання методів геометричного та чисельного моделювання як концептуальної основи для визначення безпечних і ефективних параметрів фізичного навантаження у жінок із ожирінням та гоналгіями. Запропонований підхід поглиблює теоретичні засади ФТ шляхом поєднання математичного аналізу напружено-деформованого стану структур нижньої частини опорно-рухового апарату з клінічною інтерпретацією отриманих результатів відповідно до принципів МКФ.

Сформульовані у дослідженні положення сприяють розвитку міждисциплінарного наукового напрямку на перетині біомеханіки, прикладної математики та фізичної терапії й можуть слугувати методологічним підґрунтям для подальших досліджень, спрямованих на обґрунтування персоналізованих реабілітаційних втручань.

**Оцінка дисертаційної роботи за змістом.** Дисертаційне дослідження викладено на 333 сторінках загального обсягу, з яких 168 сторінок припадає на основний текст. Структурно робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків (21).

Список використаної літератури налічує 191 джерело, серед яких 118 – іноземні публікації.

Робота належним чином ілюстрована, містить 7 таблиць, 53 рисунки та 124 формули, що забезпечує краще сприйняття й інтерпретацію отриманих результатів.

Анотація відповідає встановленим вимогам, містить усі необхідні структурні компоненти та подана двома мовами.

У **вступі** дисертаційної роботи належним чином обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету та завдання. Окреслено застосовані методи дослідження,

висвітлено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів. Також наведено інформацію щодо особистого внеску автора у спільні наукові публікації, подано відомості про апробацію результатів дослідження, кількість опублікованих праць, а також визначено структуру та обсяг дисертації.

**У першому розділі дисертації «Роль і місце фізичної терапії та засобів фітнесу у терапії та реабілітації жінок з ожирінням та гоналгіями»** авторкою здійснено узагальнення сучасних наукових даних, що засвідчують значущість ожиріння як однієї з провідних медико-соціальних проблем сучасності. У розділі також проаналізовано актуальні підходи до застосування засобів фізичної терапії та фітнесу в програмах терапії і реабілітації жінок із ожирінням та больовими синдромами колінного суглоба.

**У другому розділі дисертації «Методи та організація дослідження»** дисертанткою логічно структуровано та науково обґрунтовано систему методів, використання яких забезпечило досягнення поставленої мети та вирішення визначених завдань дослідження. Для їх реалізації застосовано комплекс взаємодоповнювальних підходів. Зокрема, здійснено аналіз спеціальної науково-методичної літератури з проблематики ожиріння, гоналгій, фізичної терапії та біомеханічного моделювання опорно-рухового апарату. Оцінювання клінічних показників і функціонального стану проводилося шляхом клінічного огляду із використанням антропометричних методів для визначення обхватних параметрів (окружності грудної клітки, талії, стегон, верхніх і нижніх кінцівок), що забезпечило отримання вихідних даних для подальшого аналізу та моделювання опорно-рухового апарату.

Для визначення компонентного складу тіла застосовано біоімпедансний метод, що дозволив кількісно оцінити співвідношення жирової та безжирової маси у структурі загальної маси тіла обстежених. Оцінювання функцій, активності та участі здійснювалося із використанням опитувальника WOMAC та індексу якості життя EuroQol-5D, що забезпечило комплексну характеристику функціональних обмежень і суб'єктивної оцінки стану здоров'я жінок із ожирінням та гоналгіями.

Отримані експериментальні результати було опрацьовано із застосуванням методів математичної статистики, зокрема описової та варіаційної, із визначенням середнього арифметичного значення, стандартного відхилення, медіани та квартильного інтервалу (25%; 75%).

Етап розроблення та аналізу фізико-математичної моделі нижньої частини опорно-рухового апарату передбачав чисельне моделювання компонентів напружено-деформованого стану з використанням методу скінченних елементів, інтерпретаційне моделювання геометрії опорно-рухового апарату на основі методів прикладної дискретної геометрії, а також моделювання форми та внутрішніх зусиль у його структурах із застосуванням символічних і чисельних пакетів прикладної математики.

Застосовані методи систематизовано відповідно до положень МКФ, що забезпечило міждисциплінарний підхід і логічне відображення взаємозв'язків між структурними, функціональними та соціальними аспектами оцінювання стану жінок із ожирінням та гоналгіями.

**У третьому розділі дисертації «Дослідження впливу надмірної маси тіла на опорно-руховий апарат на основі геометричного й чисельного**

**моделювання»** наведено результати геометричного та чисельного аналізу, спрямованого на встановлення особливостей розподілу внутрішніх зусиль у структурах нижньої частини опорно-рухового апарату в умовах надмірної маси тіла.

Проведений аналіз компонентного складу тіла дозволив встановити суттєве переважання жирової складової у структурі маси нижніх кінцівок жінок досліджуваної групи. Отримані результати свідчать про зміну масо-інерційних характеристик сегментів тіла, що безпосередньо впливає на величину внутрішніх зусиль у структурах КС. Зазначені дані враховано під час побудови геометричної та чисельної моделей нижньої частини опорно-рухового апарату, що забезпечило відповідність вихідних параметрів моделювання фактичним антропометричним характеристикам обстежених.

Дисертанткою науково обґрунтовано створення інтерпретаційної фізико-математичної моделі нижньої частини опорно-рухового апарату, яка враховує геометричні параметри сегментів тіла та їхню взаємодію в межах біотенсегріті-підходу. Із використанням методів прикладної дискретної геометрії сформовано модельну схему, що відображає взаємозв'язки між основними структурними елементами та створює передумови для кількісної оцінки навантажень. Чисельне моделювання напружено-деформованого стану виконано із застосуванням методу скінченних елементів, що дозволило визначити внутрішні зусилля у структурах КС та суміжних елементах нижньої кінцівки. У розділі наведено результати розрахунків, здійснено аналіз вузлових переміщень і розподілу зусиль залежно від змін антропометричних параметрів, пов'язаних із надмірною масою тіла.

Отримані результати моделювання дали змогу встановити характер змін навантаження на елементи КС, підтвердити вплив надмірної маси тіла на перерозподіл внутрішніх зусиль у структурах опорно-рухового апарату та створили підґрунтя для подальшого обґрунтування параметрів фізичного навантаження у жінок із ожирінням та гоналгіями.

**У четвертому розділі «Практичні рекомендації до застосування засобів фізичної терапії та фітнесу у жінок із ожирінням та гоналгіями»** наведено наукове обґрунтування та методичні підходи до розроблення програм фізичної терапії, сформованих на основі результатів біотенсегріті-моделювання нижньої частини опорно-рухового апарату. Дисертанткою послідовно розкрито взаємозв'язок між результатами моделювання, отриманими у третьому розділі, та формуванням практичних рекомендацій щодо вибору вихідних положень, амплітуди рухів, темпу виконання вправ і характеру м'язової роботи. Практичні положення систематизовано відповідно до етапів реабілітаційного процесу (відновного, функціонального та завершального), що забезпечує поетапне та обґрунтоване підвищення фізичного навантаження з урахуванням функціонального стану жінок, вираженості больового синдрому та адаптаційних можливостей опорно-рухового апарату. Особливу увагу в розділі приділено застосуванню вправ пілатесу як засобу контрольованої активації м'язів-стабілізаторів за умов зниження осьового та ударного навантаження на КС. Запропоновані рекомендації узгоджено з положеннями МКФ, що забезпечує інтеграцію оцінки структурно-функціональних порушень із характеристиками активності та участі.

Розділ має виразну прикладну спрямованість, характеризується методичною послідовністю та аргументованим обґрунтуванням параметрів фізичного навантаження, що базується на результатах проведеного моделювання.

У п'ятому розділі «Аналіз і узагальнення результатів дослідження» узагальнено основні результати дисертаційної роботи, визначено їх теоретичне та практичне значення, а також висвітлено дискусійні аспекти застосування засобів фізичної терапії у жінок із ожирінням та гоналгіями. Отримані результати характеризуються різними рівнями наукової новизни: окремі положення розвивають сучасні уявлення про біомеханічні механізми впливу надмірної маси тіла на структури КС, інші — пов'язані із застосуванням біотенсегриті-моделювання як інструменту обґрунтування параметрів фізичного навантаження. Авторкою продемонстровано здатність до логічного аналізу, узагальнення та зіставлення власних результатів із даними сучасних наукових досліджень, їх критичної оцінки та формулювання обґрунтованих висновків. Сформульовані у дисертації висновки відповідають поставленим завданням і відображають ступінь досягнення мети дослідження.

Роботу завершують додатки та список використаних джерел. Загалом дисертаційне дослідження характеризується чіткою структурою, логічною послідовністю викладення матеріалу та відповідає сучасним вимогам до наукових праць. Стиль викладення є науковим, аргументованим і послідовним, а використана термінологія адекватно відображає зміст і проблематику дослідження.

Сформульовані автором висновки узгоджуються з поставленими у роботі завданнями, є обґрунтованими та достовірними, а також відображають наукову новизну і практичну значущість отриманих результатів.

Порушень академічної доброчесності не виявлено.

Дисертація характеризується глибоким розкриттям досліджуваної проблеми, самостійністю в підходах до їхнього висвітлення, ґрунтовною практичною перевіркою отриманих результатів, їхньою істотною теоретичною та практичною значимістю.

#### **Зауваження до змісту та оформлення дисертаційної роботи.**

Принципових зауважень до дисертаційної роботи немає, але при ознайомленні з роботою виникла низка зауважень по оформленню роботи, а також необхідність уточнити думки автора і надати відповідь на деякі запитання:

1. На стор. 163 дисертаційної роботи наведено детальний розрахунок та аналіз для однієї досліджуваної (пацієнтка №4). У зв'язку з цим доцільно уточнити, з яких причин аналогічні розрахунки не були виконані для інших учасниць дослідження, що могло б підвищити репрезентативність отриманих результатів.

Крім того, потребує уточнення питання відтворюваності запропонованого підходу: чи достатньо наведеного в роботі математичного апарату та вихідних даних для того, щоб інші дослідники могли самостійно виконати аналогічні розрахунки навантажень у структурах опорно-рухового апарату.

2. У роботі представлено значний обсяг результатів геометричного та чисельного моделювання опорно-рухового апарату нижньої кінцівки. Разом з

тим окремі результати моделювання потребують більш чіткого співвіднесення з клінічними проявами гоналгії та функціональними обмеженнями пацієнток, що сприяло б більш чіткій клінічній інтерпретації отриманих модельних даних.

3. У роботі для чисельного аналізу напружено-деформованого стану структур нижньої частини опорно-рухового апарату використано метод скінченних елементів. Просимо автора уточнити, яким чином здійснювалась верифікація або перевірка адекватності отриманих результатів моделювання.

4. Наскільки, на Вашу думку, результати моделювання можуть сприяти більш обґрунтованому вибору вихідних положень і амплітуди рухів під час виконання вправ у програмах фізичної терапії?

5. Який подальший розвиток запропонованої моделі передбачає авторка, зокрема щодо можливості її адаптації для дослідження різних патологічних станів колінного суглоба (остеоартроз, посттравматичні ушкодження, хондромалія надколінка, ушкодження зв'язкового апарату тощо), а також її розширення на інші сегменти опорно-рухового апарату, зокрема верхню частину тіла, з метою використання в умовах персоналізованого підходу до планування програм фізичної терапії?

Зазначені зауваження та побажання мають на меті стимулювати подальший науковий пошук автора і не заперечують високу позитивну оцінку дисертаційної праці.

**Висновок про відповідність дисертації встановленим чинним вимогам.** Дисертаційна робота Кучерявої Ольги Валеріївни «Терапія та реабілітація жінок з ожирінням та гоналгіями на основі моделювання роботи колінного суглоба» є самостійним завершеним науковим дослідженням, має важливе фундаментальне та прикладне значення, яке за актуальністю вирішених завдань, обсягом проведених досліджень, якістю, новизною і достовірністю отриманих результатів, обґрунтованістю висновків, відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.), вимогам освітньо-наукової програми, яку виконала здобувачка і «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. за № 44 (зі змінами), а її автор, Кучерява Ольга Валеріївна, заслуговує присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 22 Охорона здоров'я за спеціальністю 227 Фізична терапія, ерготерапія.

Офіційний опонент:

доктор наук з фізичного виховання і спорту, доцент, професор кафедри фізичної терапії та реабілітаційної медицини Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Юлія КАЛМИКОВА