

УДК 616.728.2-018.3-007.24:616.748-007.23](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720263103-109>

Оцінка дефіциту сили м'язів тазового пояса для планування реабілітаційних заходів у пацієнтів із диспластичним коксартрозом

О. Д. Карпінська¹, Д. О. Юрченко², О. А. Тяжелов¹

¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

² Донецький національний університет, Кривий Ріг, Україна

A shortcoming of general rehabilitation protocols following hip arthroplasty is that they focus on the overall strengthening of lower-limb muscles without accounting for the specific characteristics of dysplasia. Objective. To develop a tool for determining the level of hip muscle strength deficit and target strength for minimal balance support function in patients with dysplastic coxarthrosis when planning rehabilitation measures. Methods. Twelve patients with dysplastic coxarthrosis were examined one year after endoprosthetics surgery. The average age was (52 ± 4) years. The study used the Marx B scoring system with conversion to normalized coefficients. Results. It was determined that despite an increase in the strength of both the adductor and abductor muscle groups, patients showed increased asymmetry. Although the changes did not reach statistical significance, the clinical effect of the increase in muscle strength can be assessed as moderate, symmetry improved significantly for the adductor muscle group, and remained quite high ($\approx 25\%$) for the abductor muscle group. An algorithm has been developed to determine the muscle strength required to maintain balance for patients who are offered a rehabilitation program. The algorithm is based on normalized strength coefficients — the minimum functional muscle strength required to maintain the basic functions of standing and walking — and the normalized strength coefficient for a given muscle group, determined from the literature. The developed program allows determining the degree of muscle strength deficit responsible for hip function, taking into account the change in offset after endoprosthetics, and makes it possible to develop an individual rehabilitation approach. Conclusions. The implementation of the developed tool facilitates the transition from standardized to personalized approaches in rehabilitation after endoprosthetics, which is key to achieving optimal functional results. Keywords. Normalized muscle strength, dysplastic coxarthrosis, rehabilitation program.

Недолік стандартних методик реабілітації після ендопротезування кульшового суглоба полягає в загальному збільшенні сили м'язів нижніх кінцівок і не враховує особливості дисплазії. Мета. Розробити інструмент визначення рівня дефіциту сили м'язів стегна та цільової сили для мінімальної функції підтримки рівноваги в пацієнтів із диспластичним коксартрозом під час планування реабілітаційних заходів. Методи. Обстежено 12 пацієнтів із диспластичним коксартрозом через рік після операції ендопротезування. Середній вік становив (52 ± 4) роки. У дослідженні використовували схему позиціонування за В. Марксом із переведенням у нормалізовані коефіцієнти. Результати. Визначено, що незважаючи на збільшення сили м'язів як привідної, так і відвідної груп, у пацієнтів спостерігалось збільшення асиметрії. Хоча зміни не досягли статистичної значущості, за клінічним ефектом збільшення сили м'язів можна оцінити як помірне, симетричність помітно покращилась для привідної групи м'язів і залишилась доволі високою ($\approx 25\%$) для відвідної. Розроблено алгоритм визначення необхідної для підтримки рівноваги сили м'язів для пацієнтів, яким пропонується реабілітаційний комплекс заходів. Він ґрунтується на нормалізованих коефіцієнтах сили — мінімальна функціональна сила м'язів, необхідна для підтримки основних функцій стояння та пересування та нормалізованому коефіцієнті, визначеному за даними літератури. Розроблена програма дозволяє встановити ступінь дефіциту сили м'язів, відповідальних за функцію стегна з урахуванням зміни офсету після ендопротезування та дає можливість розробити індивідуальний реабілітаційний підхід. Висновки. Упровадження розробленого інструмента сприяє переходу від стандартизованих до персоналізованих підходів у реабілітації після ендопротезування, що є ключовим для досягнення оптимальних функціональних результатів.

Ключові слова. Нормалізована сила м'язів, диспластичний коксартроз, програма реабілітації

Вступ

Пацієнти з диспластичним коксартрозом мають певні порушення анатомо-фізіологічних співвідносин кульшової западини, стегна та м'язів-стабілізаторів таза, унаслідок чого відбувається зміщення центра ротації суглоба, спостерігається асиметрія таза, різниця довжини кінцівок і суттєво порушується робота м'язів тазового пояса.

Такі анатомічні вади призводять до дисбалансу роботи м'язів тазового пояса через порушення симетричності важелів м'язів і хронічної адаптації до патологічного патерну ходьби протягом тривалого часу. Через патологічний розвиток кульшової западини та порушення симетричності важелів м'язів-стабілізаторів таза у хворих на диспластичний коксартроз спостерігається тривале функціональне зниження сили абдукторів стегна та відносне скорочення аддукторів (за рахунок згинально-привідної контрактури кульшового суглоба), що впливає на ефективність горизонтальної стабілізації таза та має клінічні прояви у вигляді кульгавості, симптому Тренделенбурга, ознаки Дюшена, зниження витривалості м'язів тощо.

Під час ендопротезування диспластичного кульшового суглоба часто має місце додаткова травматизація структур тазового пояса — поглиблення кульшової западини, кісткова пластика, низведення стегна, що спричинює подовження м'язів тощо. Такі маніпуляції впродовж операції ендопротезування вимагають більш тривалого періоду реабілітації, збільшують ризик вивихів у ранні періоди після протезування, що важливо враховувати під час реабілітації [1]. За ендопротезування у хворих із диспластичним коксартрозом, що супроводжується підвивихом стегна, за низведення стегна має місце подовження м'язів тканини (м'язів, судин, нервів), збільшуючи ризик невropатії сідничного нерва та можливо погіршуючи роботу м'язів, що суттєво гальмує реабілітацію. [2]. Це, у сукупності з набутим патологічним патерном ходьби до операції та довготривалим порушенням балансу м'язів тазового пояса, негативно впливає на відновлення нормального м'язового балансу та стереотипу ходи.

Недолік стандартних методик реабілітації після ендопротезування кульшового суглоба в пацієнтів із диспластичним коксартрозом полягає в тому, що класичні методи орієнтовані переважно на загальне збільшення сили м'язів нижніх кінцівок і збільшення обсягу рухів. Але повноцінного відновлення нормальної роботи м'язів

після встановлення штучного суглоба у хворих із диспластичним коксартрозом не відбувається за кількох причин. По-перше, унаслідок довготривалого порушення патерну ходи і створення хибного компенсаторного стереотипу пересування, що потребує довготривалого перенавчання (центрального аналізатора, системи опори та руху). По-друге, за рахунок розвинення порушень кістково-м'язової системи тазового пояса, що за умов довготривалої роботи призводять до дисфункції структури та функції м'язів тазового пояса. Стандартні підходи до вибору методики післяопераційної реабілітації хворих із диспластичним коксартрозом не достатньо акцентовані на відновленні сили м'язів-горизонтальних стабілізаторів таза, через що довго зберігається кульгавість, розхитування тулуба під час ходьби, симптом Тренделенбурга, асиметрія навантаження на кінцівки тощо. Далеко не всі програми реабілітації враховують виражену асиметрію навантаження на кінцівки та зміну патологічного характеру ходьби. Переважно оцінка якості реабілітації зводиться до зменшення больового синдрому, збільшення обсягу рухів і сили м'язів, що явно недостатньо для післяопераційної реабілітації пацієнтів із диспластичним коксартрозом, бо не враховує набуті довготривалі хибні стереотипи рухових стратегій.

Складність повноцінного післяопераційного відновлення пацієнтів із диспластичним коксартрозом полягає не лише в стійкому набутому патологічному патерні ходьби, а й у наявності незворотних змін м'язово-фасціальної системи. Довготривала контрактура кульшового суглоба викликає зміни тканин м'язів, зв'язок і суглобів не лише кульшового, а й усіх суглобів нижніх кінцівок, які довго існували в спотвореному біомеханічному середовищі.

Реабілітація після ендопротезування за диспластичного коксартрозу повинна бути індивідуалізованою, біомеханічно орієнтованою і більш тривалою, із фокусом на відновлення м'язів-горизонтальних стабілізаторів таза, і на перебування рухових стратегій, чого, на жаль, не закладено в стандартні протоколи післяопераційної реабілітації.

Для розробки індивідуальних програм реабілітації пацієнтів із диспластичним коксартрозом треба враховувати не лише реальну силу м'язів нижніх кінцівок, а й зміни, які відбулися в кістково-м'язовій системі після ендопротезування.

Мета: розробити програму визначення рівня дефіциту сили м'язів тазового пояса та їхньої мінімально необхідної спроможності для підтримки горизонтальної рівноваги таза в пацієнтів із диспластичним коксартрозом під час планування реабілітаційних заходів.

Матеріал і методи

Дослідження схвалене локальним комітетом із біоетики (протокол № 263 від 04.05.2026 р.) відповідно до ICH GCP, Гельсінської декларації прав людини та біомедицини, а також чинного законодавства України. Усі залучені пацієнти були ознайомлені з планом та умовами проведення роботи, надали письмову згоду.

Обстежено 12 хворих із диспластичним коксартрозом через рік після операції ендопротезування. Середній вік становив (52 ± 4) роки, переважно жінки — 8 (66,7 %). Вимірювали силу м'язів стегна до та після курсу реабілітації, із метою виявлення м'язового дисбалансу між оперованою та не оперованою кінцівками.

Критеріями включення були: вік — 29–75 років, дисплазія кульшового суглоба 1–3 ступеня за Crowe. Усі пацієнти протягом останніх 6–8 міс. перед обстеженням проходили курс стандартного реабілітаційного лікування, спрямованого на відновлення сили і витривалості м'язів тазового пояса і м'язів нижніх кінцівок.

Вимірювання сили м'язів проводили за допомогою пристрою на основі силовимірювального тензорезисторного датчика SBA-100L.

У дослідженні використовували схему позиціонування за В. Маркса [3], коли приведення/відведення вимірюється під час лежання на спині, а згинання/розгинання на боці відрізняється від установлених стандартних положень. Нормалізовані сили м'язів для такого положення наведено в табл. 1.

Стандартні коефіцієнти сили м'язів для положень на спині / на боці взяті на основі даних [4–9].

Дані оброблено статистично. Нормалізований коефіцієнт сили м'язів подано у вигляді середнього значення та стандартного відхилення ($M \pm SD$). Порівняння між групами/вимірами проведено за допомогою парного t-критерію Стюдента з поданням статистики t та рівня статистичної значущості p. Розраховано розмір ефекту d_{tm} . Рівень статистичної значущості встановлювали на рівні $\alpha = 0,05$. Обробку показників здійснювали в пакеті R-4.5.2.

Розроблено веб-додаток на платформі Shiny (R) для автоматизованого визначення дефіциту м'язової сили за нормалізованими коефіцієнтами.

Результати

За проведеними нами дослідженнями, оперативне лікування диспластичного коксартрозу — ендопротезування кульшового суглоба — часто супроводжується збільшенням офсету, що призводить до зростання довжини важелів сили абдукторів стегна. Як нами було доведено [4], збільшення офсету веде до зростання стійкості тазового балансу і зниження необхідної енергії м'язів для підтримки рівноваги тіла, але зміна його величини спричинює порушення симетричності роботи м'язів, відповідальних за згинання стегна, що потребує перебудови стереотипу ходьби. Тому одним із пріоритетних завдань реабілітації пацієнтів стає відновлення балансу м'язів контрлатеральних суглобів, що в принципі може вимагати не загальне укріплення м'язів нижніх кінцівок, а індивідуальне покращення роботи м'язів і суглобів більш ураженої кінцівки.

Для побудови стратегії реабілітації хворих із диспластичним коксартрозом з індивідуальним підходом було проведено ретроспективне дослідження щодо оцінювання результатів реабілітації пацієнтів із коксартрозом після ендопротезування. Вивчали вплив реабілітації на силу м'язів привідної/відвідної груп.

Таблиця 1

Нормалізовані значення сили м'язів кульшового суглоба (Н/кг) для положень на спині / на боці

Рух	М'яз	Стать		Мінімально функціональний рівень
		чоловіча	жіноча	
Відведення	<i>Gluteus medius, minimus</i>	$3,45 \pm 0,6$	$2,80 \pm 0,5$	2,1 (Ч), 1,9 (Ж)
Приведення	<i>Adductor magnus/longus</i>	$3,00 \pm 0,5$	$2,55 \pm 0,4$	2,0 (Ч), 1,7 (Ж)
Згинання	<i>Iliopsoas, rectus femoris</i>	$4,45 \pm 0,7$	$3,75 \pm 0,6$	2,9 (Ч), 2,6 (Ж)
Розгинання	<i>Gluteus maximus, hamstrings</i>	$4,70 \pm 0,8$	$3,95 \pm 0,7$	3,3 (Ч), 2,8 (Ж)

Примітка. Мінімально функціональний рівень ≈ 70 % від середнього значення.

Для цього було розраховано середню силу групи м'язів і коефіцієнт асиметрії до та після стандартної методики реабілітації (табл. 2).

У підсумку визначено, що незважаючи на збільшення сили м'язів як привідної, так і відвідної груп, показники асиметрії роботи м'язів залишились високими. Хоча зміни не досягли статистичної значущості, за клінічним ефектом збільшення сили м'язів можна оцінити як помірне, симетричність помітно покращилась для привідної групи м'язів і залишилась доволі високою ($\approx 25\%$) для відвідної групи.

За проведенням аналізом реабілітаційних заходів було виявлено основну похибку стандартного підходу до хворих із диспластичним коксартрозом після операції ендопротезування. А саме, завдяки тому, що реабілітаційні заходи для оперованої та неоперованої кінцівок були симетричними, сила м'язів зростає на обох кінцівках як порівняти зі станом до реабілітації, але на менш уражених (у нашому дослідженні неоперованій) кінцівці спостерігається більший приріст сили. Ця асиметрія сили м'язів спричинює збільшення асиметричності кроків і, відповідно, кульгавості й інших ознак порушення ходи: пацієнт у процесі тренувань підсвідомо береже оперовану кінцівку, мінімізує її навантаження, здійснює менший обсяг рухів і довжину кроку тощо.

Отже маємо зазначити, що тренування повинно бути направлене не просто на досягнення певної сили м'язів як на оперованій кінцівці, так і на протилежній, але і на зменшення асиметрії їхньої роботи. Показники сили м'язів повинні бути визначені до початку реабілітаційних заходів і контролюватися в процесі реабілітації.

Для цього нами було розроблено алгоритм визначення сили м'язів тазового пояса, необхідної для утримання горизонтальної рівноваги таза в пацієнтів із диспластичним коксартрозом, яким пропонується післяопераційний комплекс реабі-

літаційних заходів. Зважаючи, що ефективність роботи м'язів тазового пояса щодо утримання горизонтальної рівноваги таза залежить від ваги хворого, його статі, ці показники також мають бути враховані.

Цей алгоритм ґрунтується на нормалізованих коефіцієнтах сили — мінімальній функціональній силі м'язів, необхідній для підтримки основних функцій стояння та пересування та коефіцієнті визначеному за літературними джерелами.

Для оцінювання сили м'язів стегна та визначення ступеня корекції їхньої сили після ендопротезування кульшового суглоба нами розроблено алгоритм проведення такого аналізу.

Алгоритм оцінки ізометричної сили м'язів кульшового суглоба

1. Вимірювання сили м'язів

Під час ізометричного тестування фіксується сила, яку пацієнт розвиває в статичному положенні:

$$F_{\text{meas(kg)}} = \text{показник динамометра (кг)}, \\ m_{\text{body}} = \text{маса тіла (кг)}.$$

2. Переведення сили у Ньютони

$$F_{\text{meas(N)}} = F_{\text{meas(kg)}} \times g,$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

3. Розрахунок нормалізованого коефіцієнта сили

$$K_{\text{norm}} = \frac{F_{\text{meas(kg)}}}{m_{\text{body}}}.$$

Коефіцієнт показує, яку частку від маси тіла пацієнт здатен підняти у вигляді ізометричної сили. Його можна безпосередньо порівнювати між особами незалежно від ваги.

4. Аналіз відхилення від норм.

Для кожного напрямку руху в нормалізованому вигляді:

$$P_{\text{norm}} = \frac{K_{\text{meas}}}{K_{\text{norma}}} \times 100 \ %.$$

Таблиця 2

Аналіз роботи м'язів привідної та відвідної груп до та після реабілітації

Група м'язів	Статистика	До реабілітації	Після реабілітації	Коеф. кореляції	Paired t-test, p	Розмір ефекту (d_m)
Привідна	Нормалізований коефіцієнт сили	$1,3 \pm 0,4$	$1,5 \pm 0,3$	$r = 0,536$ $p = 0,215$	$t = -2,300$ $p = 0,061$	0,57
	Асиметрія, %	$27,7 \pm 26,7$	$17,0 \pm 10,6$	$r = -0,070$ $p = 0,881$	$t = 0,961$ $p = 0,374$	0,36
Відвідна	Нормалізований коефіцієнт сили	$1,5 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,4$	$r = 0,589$ $p = 0,164$	$t = -2,302$ $p = 0,061$	0,67
	Асиметрія, %	$23,9 \pm 14,2$	$24,8 \pm 18,1$	$r = 0,784$ $p = 0,037$	$t = -0,218$ $p = 0,835$	0,08

5. Критерії оцінки відхилення від норми

Відсоток від норми	Інтерпретація
≥ 85 %	Норма
70–84 %	Незначне зниження сили
50–69 %	Помірне зниження сили
< 50 %	Виразне зниження (патологічне ослаблення)
0	Відсутність

6. Формування висновку

Для кожної групи м'язів подається короткий висновок:

$$\text{Висновок} = \begin{cases} \text{Сила в межах норми} & P_{\text{норм}} \geq 85 \% \\ \text{Незначне зниження сили} & 70 \leq P_{\text{норм}} < 85 \% \\ \text{Помірне зниження сили} & 50 \leq P_{\text{норм}} < 70 \% \\ \text{Виразне зниження сили} & P_{\text{норм}} < 50 \% \end{cases}$$

На основі наведеного алгоритму розроблено програму формування реабілітаційних рекомендацій, яка враховує вагу пацієнта, стать, силу груп м'язів стегна. Розраховуються реальні коефіцієнти сили, які порівнюються з нормою та визначається мінімальна (цільова) сила м'язів, яка дозволяє хворому підтримувати рівновагу під час стояння та ходьби.

Приклад інтерфейсу програми наведено на рис. 1.

Розроблений алгоритм дозволяє визначити ступінь дефіциту сили м'язів, відповідальних за функцію стегна після ендопротезування та дає можливість розробити індивідуальний реабілітаційний підхід.

Обговорення

Сила м'язів у пацієнтів із диспластичним коксартрозом, як порівняти з хворими на ідіопатичний коксартроз змінюється не лише внаслідок руйнування суглоба, а й через первинну зміну важелів м'язів, особливо відвідної групи. Через вроджену патологію суглоба в пацієнтів змінений кут нахилу кульшової западини, що латералізує головку, і тим зменшує момент плеча *m. gluteus medius*. Шийково-діафізарний кут часто < 135°, що зменшує ефективність відвідної і розгинальної груп м'язів. Через передній нахил таза і зміщення центра мас вперед спостерігається гіперактивність згиначів (*iliopsoas*) і пригнічення розгиначів (*gluteus maximus*) [10, 11].

У пацієнтів із Crowe III–IV спостерігається виражений дефіцит кістки даху та стовпів кульшової западини, краніальне зміщення головки стегнової кістки та вкорочення нижньої кінцівки. У таких випадках стандартним підходом є відновлення анатомічного центра обертання, що

покращує біомеханіку суглоба [12, 13]. Водночас значні обсяги кісткової пластики вимагають тривалого обмеження навантаження та відстрочення активної реабілітації, що часто призводить до формування стійкого патологічного стереотипу пересування: кульгавість, позитивний симптом Тренделенбурга та недостатності м'язів-абдукторів через м'язову слабкість і адаптацію до попередньої деформації [14, 15]

Сучасні програми реабілітації після тотального ендопротезування кульшового суглоба часто застосовують стандартизовані протоколи, спрямовані на загальне посилення м'язів, без достатнього урахування індивідуальних особливостей пацієнта — ступінь передопераційної слабкості м'язів, асиметрія сили між сторонами, слабкість абдукторів стегна, хронічна адаптація до деформації [16]. Такі підходи не завжди забезпечують повне відновлення біомеханіки, нормалізацію ходи та профілактику залишкової кульгавості.

Оцінка сили м'язів кульшового суглоба

Ввід даних
Розрахунок

Маса тіла (кг)
50

Стать
Жінка

ПРАВА кінцівка
ЛІВА кінцівка

Згинання
10
12

Розгинання
15
18

Відведення
5
3

Приведення
7
4

1) Коефіцієнти сили та асиметрія

Група	Права_сила_кг	К_права	Ліва_сила_кг	К_ліва	Асиметрія
Згинання	10.00	1.96	12.00	2.35	16.7
Розгинання	15.00	2.94	18.00	3.53	16.7
Відведення	5.00	0.98	3.00	0.59	40.0
Приведення	7.00	1.37	4.00	0.78	42.9

2) Дефіцит відносно НОРМИ (%)

Група	Дефіцит_права	Категорія_права	Дефіцит_ліва	Категорія_ліва
Згинання	47.7	значне ↓	37.2	значне ↓
Розгинання	25.5	помірне ↓	10.6	норма
Відведення	65.0	значне ↓	79.0	значне ↓
Приведення	46.1	значне ↓	69.2	значне ↓

3) Дефіцит відносно мінімальної функціональної норми (МФН, %)

Група	Дефіцит_МФН_права	Дефіцит_МФН_ліва
Згинання	24.50	9.40
Відведення	48.40	69.00
Приведення	19.20	53.80

4) Цільова сила (кг) для досягнення МФН

Група	МФН_кг	Цільова_сила_права_кг	Цільова_сила_ліва_кг
Згинання	13.25	13.25	13.25
Відведення	9.68	9.68	9.68
Приведення	8.66	8.66	8.66

Рис. 1. Інтерфейс програми для визначення необхідної сили м'язів-абдукторів

Дослідження показують, що дефіцит сили абдукторів може зберігатися протягом 12–24 місяців після ендопротезування, навіть за умов прогресивної реабілітації, із неповним відновленням до рівня здорових контролів (наприклад, ~76–85 % для абдукторів проти 80–85 % для флексорів/екстензорів) [17]. Це призводить до стійких порушень компенсації (наприклад, позитивний симптом Тренделенбурга, кульгавість, нахили тулуба за ходьби тощо) та зниженої якості життя [18, 19].

На динамометричних показниках створено спеціалізований інструмент (методика розрахунку) для точного кількісного визначення дефіциту сили м'язів тазового пояса. Об'єктивна оцінка сили м'язів за допомогою динамометрії дозволяє точно виявляти специфічні дефіцити, проводити моніторинг індивідуально прогресу й адаптувати реабілітацію під конкретні вимоги, акцентувати увагу саме на послаблених м'язах. Розроблений інструмент сприяє переходу від уніфікованих до індивідуалізованих підходів у реабілітації, що є ключовим для оптимального відновлення після ендопротезування.

Із програмою можна ознайомитися за посиланням <https://m0ygzx-0-0.shinyapps.io/rehabilitation/>

Висновки

Розроблено новий інструмент (алгоритмізована методика розрахунку) для точного кількісного визначення дефіциту сили м'язів і встановлення цільових значень сили, який дозволяє перейти від уніфікованого до індивідуалізованого підходу до процесу реабілітації хворих із диспластичним коксартрозом після ендопротезування кульшового суглоба.

Перевагами такого підходу є цілеспрямоване відновлення слабких груп м'язів, зменшення асиметрії м'язової відповіді, об'єктивний моніторинг процесу реабілітації із регулярним оцінюванням цільових значень сили, корекція навантаження кінцівок.

Упровадження розробленого інструмента (алгоритмізованої методики розрахунку) сприятиме досягненню оптимальних функціональних результатів, швидшому відновленню м'язової сили та покращенню якості життя пацієнтів.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Подальший розвиток запропонованого підходу передбачає клінічну валідацію розробленої алгоритмізованої методики на більших вибірках пацієнтів із різним ступенем диспластичного коксартрозу та оцінку її ефективності у проспективних дослідженнях. Важливим напрямом є визначення нормативних

і цільових значень сили окремих груп м'язів з урахуванням статі, віку, антропометричних характеристик, ступеня дисплазії, величини передопераційного дефіциту та особливостей хірургічного відновлення біомеханіки кульшового суглоба. Перспективним є розширення алгоритму через включення не лише показників динамометрії, але й даних про симетрію навантаження нижніх кінцівок. Це дозволить перейти від оцінки ізольованого дефіциту сили до комплексної оцінки функціонального відновлення пацієнта. Окремим напрямом може бути розробка критеріїв автоматичної корекції реабілітаційних програми залежно від динаміки м'язової сили та ступеня досягнення індивідуальних цільових значень, а також побудова індивідуальної траєкторії відновлення, моніторинг результатів у різні строки після ендопротезування та раннє виявлення пацієнтів із ризиком тривалого збереження м'язового дефіциту, асиметрії навантаження і патологічного стереотипу ходи. На сьогодні додаток наведений як web-калькулятор без можливості збереження даних хворого, отже подальший розвиток може полягати у створенні повноцінного програмного продукту планування і відстеження реабілітаційного процесу.

Інформація про фінансування. Автори заявляють про відсутність фінансової зацікавленості під час написання цієї статті.

Внесок авторів. Карпінська О. Д. — відповідальність за статистичний аналіз, написання статті; Юрченко Д. О. — концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних; Тяжєлов О. А. — остаточне затвердження статті, критичний огляд.

Розкриття факту делегування завдань генеративному ШІ. Автори заявляють про використання генеративного ШІ у процесі дослідження та підготовки рукопису. Відповідно до таксономії GAIDeT (2025), наведені нижче завдання були делеговані інструментам генеративного ШІ за повного людського нагляду: пошук і систематизація літератури й оптимізація коду

Використаний інструмент генеративного ШІ: ChatGPT 5.2 Thinking, R Wizard 5.2.

Повну відповідальність за фінальний рукопис несуть автори. Інструменти генеративного ШІ не зазначаються як автори та не несуть відповідальності за кінцеві результати.

Використання ШІ для пошуку літератури по нормалізованим даним сили м'язів, з подальшим аналізом відповідної літератури самостійно. Дегенеративний ШІ не застосовувався.

Список літератури

1. Liu, T., Wang, S., Huang, G., & Wang, W. (2019). Treatment of Crowe IV developmental dysplasia of the hip with cementless total hip arthroplasty and shortening subtrochanteric osteotomy. *Journal of international medical research*, 47(7), 3223–3233. <https://doi.org/10.1177/0300060519853383>
2. Bianco Prevot, L., Tronconi, L. P., Bolcato, V., Accetta, R., Di Mauro, L., & Basile, G. (2025). Leg length discrepancy after total hip arthroplasty: A review of clinical assessments, imaging diagnostics, and medico-legal implications. *Healthcare*, 13(12), Article 1358. <https://doi.org/10.3390/healthcare13121358> (MDPI)
3. Marks, V. O. (1978). Orthopedic diagnostics. Minsk.
4. Klymovytskyi, R. V., Karpinskaya, E. D., Goncharova, L. D. & Tyazhelov, A. A. (2018). Stabliographic features of standing in patients before and after total hip arthroplasty. *TRAUMA*, 19(3), 24–32
5. Thorborg, K., Petersen, J., Magnusson, S. P., & Hölmich, P. (2010). Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(3), 493–501. <https://doi.org/10.1111/j.1600->

- 0838.2009.00958.x
6. Mentiplay, B. F., Perraton, L. G., Bower, K. J., Adair, B., Pua, Y.-H., Williams, G. P., McGaw, R., & Clark, R. A. (2015). Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: A reliability and validity study. *PLOS ONE*, 10(10), e0140822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140822>
 7. Bohannon, R. W. (1997). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Archives of Physical medicine and rehabilitation*, 78(1), 26–32. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(97\)90005-8](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(97)90005-8)
 8. Aerts, F., Sheets, H., Anderson, C., Bussie, N., Hoskins, R., Maninga, A., & Novak, E. (2025). Reliability and agreement of hand-held dynamometry using three standard rater test positions. *International journal of sports physical therapy*, 20(2), 243–252. <https://doi.org/10.26603/001c.128286> (ijspt.scholasticahq.com)
 9. McKay, M. J., Baldwin, J. N., Ferreira, P., Simic, M., Vanicek, N., & Burns, J. (2017). Normative reference values for strength and flexibility of 1,000 children and adults. *Neurology*, 88(1), 36–43. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003466> (PubMed)
 10. Landi, F., Calvani, R., Martone, A. M., Salini, S., Zazzara, M. B., Candeloro, M., Coelho-Júnior, H. J., Tosato, M., Picca, A., & Marzetti, E. (2020). Normative values of muscle strength across ages in a “real world” population: Results from the longevity check-up 7+ project. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 11, 1562–1569. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12610>
 11. Karpinskaya, O. D., Karpinsky, M. Y., Tyazhelov, O. A., Klymovytskyi, V. G., Goncharova, L. D., & Yurchenko, D. A. (2023). Study of changes in the balance of the pelvic girdle muscles in patients with dysplastic coxarthrosis after arthroplasty. *TRAUMA*, 24(2), 36–45. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.2.24.2023.943> (trauma-journal.com)
 12. Tyazhelov, A. A., Karpinsky, M. Yu., Karpinska, O. D., Honcharova, L. D., Klymovytskyi, R. V., & Fishchenko, V. A. (2017). Clinical and biomechanical substantiation and construction of a model of the muscles that ensure horizontal balance of the pelvis. *Trauma*, 18(5), 13–18. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.18.2017.114115>
 13. Shen, J., Sun, J., Ma, H., Du, Y., Li, T., & Zhou, Y. (2020). High hip center technique in total hip arthroplasty for Crowe type II–III developmental dysplasia: Results of midterm follow-up. *Orthopaedic surgery*, 12(4), 1245–1252. <https://doi.org/10.1111/os.12756>
 14. Zhang, B., Li, M., Li, H., Zhou, Y., Zhang, H., Kong, X., & Chai, W. (2025). The optimal centre of rotation for total hip arthroplasty in patients with unilateral Hartofilakidis type B developmental dysplasia of the hip: A cohort study with a mean follow-up of eight years. *The bone & joint journal*, 107-B(11), 1171–1181. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.107B11.BJJ-2025-0473.R1>
 15. Qian, H., Wang, X., Wang, P., Zhang, G., Dang, X., Wang, K., & Liu, R. (2023). Total hip arthroplasty in patients with Crowe III/IV developmental dysplasia of the hip: Acetabular morphology and reconstruction techniques. *Orthopaedic surgery*, 15(6), 1468–1476. <https://doi.org/10.1111/os.13733>
 16. Faldini, C., Tassinari, L., Pederiva, D., Rossomando, V., Brunello, M., Pilla, F., Geraci, G., Traina, F., & Di Martino, A. (2024). Direct anterior approach in total hip arthroplasty for severe Crowe IV dysplasia: Retrospective clinical and radiological study. *Medicina*, 60(1), Article 114. <https://doi.org/10.3390/medicina60010114>
 17. Ismailidis, P., Kvarda, P., Vach, W., Cadosch, D., Appenzeller-Herzog, C., & Mündermann, A. (2021). Abductor muscle strength deficit in patients after total hip arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *The journal of arthroplasty*, 36(8), 3015–3027. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2021.03.042>
 18. Tanaka, H., Yamada, N., Kurishima, H., Mori, Y., & Aizawa, T. (2022). Association between hip center position and isokinetic hip muscle performance after anterolateral muscle-sparing total hip arthroplasty. *Medicina*, 58(4), Article 538. <https://doi.org/10.3390/medicina58040538>
 19. Hu, X., Zheng, N., Hsu, W.-C., Zhang, J., Li, H., Chen, Y., Dai, K., & Tsai, T.-Y. (2020). Adverse effects of total hip arthroplasty on the hip abductor and adductor muscle lengths and moment arms during gait. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 15(1), Article 315. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01832-1>

Стаття надійшла до редакції 18.05.2026	Отримано після рецензування 25.06.2026	Прийнято до друку 29.06.2026
---	---	---------------------------------

ASSESSMENT OF HIP MUSCLE DEFICIENCY FOR PLANNING REHABILITATION MEASURES IN PATIENTS WITH DYSPLASTIC COXARTHROSIS

O. D. Karpinska¹, D. O. Yurchenko², O. A. Tyazhelov¹

¹ Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

² Donetsk National Medical University. Ukraine

✉ Olena Karpinska: helen.karpinska@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1482-7733>

✉ Denis Yurchenko, MD: xnuvijak@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6187-5711>

✉ Oleksiy Tyazhelov, MD, Prof.: alzhhar3001@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0534-0528>