

Дослідження асиметрії силових показників у спортсменок в акробатиці на пілоні: аналіз результатів вимірювання на апараті Back-Check

УДК 614.8:616-001/-009

I.О. Жарова, Г.П. Антонова

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

Резюме. *Мета статті* – вивчення впливу тренувань з акробатики на пілоні на рівномірність розвитку силових показників правої та лівої сторін тіла в спортсменок, а також оцінювання адаптаційних змін в опорно-руховому апараті, спрямованих на зменшення функціональних і структурних асиметрій. *Методи.* У дослідженні брали участь 20 жінок віком 23–40 років із досвідом тренувань понад 18 місяців. Силові показники вимірювали за допомогою інструменту Back-check-607 (Dr. Wolff, Німеччина) у восьми позиціях, що імітують типові рухи в акробатиці на пілоні. Дані аналізували з використанням тестів Манна-Уїтні, Шапіро-Уїлка, кореляційного аналізу Спірмена та критерію знаків. *Результати.* Отримані результати показали відсутність статистично значущої асиметрії силових показників між правою та лівою сторонами тіла ($p > 0,05$). Це свідчить про наявність адаптаційних змін в організмі, які забезпечують рівномірний розподіл сили. Виявлено кілька кореляцій між силовими показниками й амплітудою м'язових сигналів, що може бути важливим для подальших досліджень. *Висновки.* Результати дослідження демонструють, що організм спортсменок компенсує структурні та функціональні асиметрії шляхом адаптаційних змін, спрямованих на балансування силових показників. Ці дані можуть бути використані для створення індивідуалізованих тренувальних програм і мінімізації ризику травм у дисциплінах з високою асиметрією навантажень.

Ключові слова: нейром'язова адаптація, спортивна фізіологія, баланс м'язів, функціональні дисбаланси, профілактика травматизму.

Study of strength asymmetry in female pole acrobatics athletes: analysis of Back-check measurement results

I. O. Zharova, H. P. Antonova

National University of Ukraine on Physical Education and Sport, Kyiv, Ukraine

Abstract. *Aim.* This study aimed to investigate the impact of pole acrobatics training on the symmetry of strength indicators between the right and left sides of the body in female athletes and to evaluate the presence and nature of adaptive changes in the musculoskeletal system aimed at reducing functional and structural asymmetries. *Methods.* The study involved 20 women aged 23–40 years with over 18 months of training experience. Strength indicators were measured using the Back-check-607 device (Dr. Wolff, Germany) in eight positions simulating typical movements in pole acrobatics. Data were analyzed using Mann-Whitney, Shapiro-Wilk tests, Spearman correlation analysis, and the sign test. *Results.* The results revealed no statistically significant asymmetry in strength indicators between the right and left sides of the body ($p > 0.05$). This suggests adaptive changes that ensure balanced strength distribution. Several correlations between strength indicators and muscle signal amplitudes were identified, providing a foundation for further research. *Conclusion.* The study demonstrates that female athletes' bodies compensate for structural and functional asymmetries through adaptive changes that balance strength indicators. These findings may inform individualized training programs and help minimize the risk of injuries in sports with high asymmetry in physical loads.

Keywords: neuromuscular adaptation, sports physiology, muscle balance, functional imbalances, injury prevention.

Вступ. Асиметрія силових показників у спортсменів, зокрема в тих, хто займається акробатикою на пілоні, є важливим предметом дослідження для спортивної науки [1; 2]. Фізичні навантаження в цьому виді спортивної діяльності мають високу специфічність і потребують значної сили, витривалості й координації рухів [3; 4]. У зв'язку з цим спортсменки, які тренуються на пілоні, зазнають не лише змін у м'язовій структурі, а й специфічного розвитку нейром'язової координації, що дає їм змогу досягати високих результатів [5; 15]. Проте такі адаптації часто призводять до розвитку асиметрій як у складі тіла, так і у функціональних показниках [6; 7]. Асиметрії, якщо не виявляються та не коригуються своєчасно, можуть стати передумовою для травм і функціональних дисбалансів, що суттєво впливають на продуктивність спортсменок [8; 9].

Сучасні дослідження вже звертали увагу на асиметрію в складі тіла спортсменів у різних видах спортивної діяльності. Це, зокрема, стосується м'язової маси й жирових відкладень, які можуть бути розподілені нерівномірно через специфіку навантажень [10; 11; 15]. Для акробатики на пілоні це питання є ще більш актуальним, оскільки цей вид спортивної діяльності вимагає залучення обох рук і рівномірного розвитку сили всього тіла, однак на практиці часто призводить до асиметричного навантаження на одну зі сторін через специфіку вправ [12; 13]. Однак залишаються відкритими питання щодо того, як саме впливає асиметрія на силові показники спортсменок і чи зумовлює вона функціональні відмінності, що можуть вплинути на їхню техніку виконання елементів [14].

Дослідження є логічним продовженням попередніх робіт і покликане дати відповіді на вищезазначені питання. Зокрема, його мета — дослідити асиметрію силових показників у спортсменок, які займаються акробатикою на пілоні, і проаналізувати результати вимірювання за допомогою апарата Back-check-607 [15]. Використання системи Dr. Wolf «Back-check» дає змогу оцінювати силу в різних позиціях, моделюючи рухи, характерні для тренувань на пілоні, що робить вимірювання максимально наближеними до реальних умов тренувального процесу [16].

Особливий інтерес становить аналіз сили правої та лівої сторін тіла, оскільки для більшості спортсменок характерна домінантність правої

руки, що може бути причиною дисбалансу [17]. Виявлення навіть незначних відмінностей у силових показниках може стати основою для корекційних тренувань, що спрямовані на оптимізацію фізичної підготовки й мінімізацію ризику травматизму [18]. Упровадження таких корекційних підходів є важливим кроком для забезпечення безпечного й ефективного тренувального процесу в акробатиці на пілоні [19].

Таким чином, актуальність дослідження полягає не лише у вивченні асиметрії, а й у розробленні методологічних підходів до виявлення та корекції можливих дисбалансів у силових показниках спортсменок. Результати можуть бути корисними як для тренерів, так і для спортивних лікарів у складанні індивідуальних програм тренувань і реабілітації [20].

Зв'язок роботи з важливими науковими програмами. Дисертаційна робота виконується згідно з Планом науково-дослідницької роботи Національного університету фізичного виховання і спорту України на 2021–2025 роки. Напрямок наукових досліджень — теоретико-методологічні та практичні основи фізичної реабілітації і спортивної медицини за темою 4.2 «Відновлення функціональних можливостей, діяльності та участі осіб різних нозологічних, професійних та вікових груп». Номер державної реєстрації 0121U107926. Роль автора (як співвиконавця теми) полягає в науково-методичному обґрунтуванні й розробленні технології корекції порушень опорно-рухового апарату спортсменів в акробатиці на пілоні засобами фізичної терапії.

Мета статті — визначити вплив тренувань з акробатики на пілоні на рівномірність розвитку силових показників правої та лівої сторін тіла в жінок-спортсменок, а також оцінити наявність і характер адаптаційних змін в опорно-руховому апараті (ОРА), спрямованих на зменшення функціональних і структурних асиметрій.

Методи й організація дослідження. Дослідження проведено на базі науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України з використанням інструмента Back-check-607 (Dr. Wolff, Німеччина), який дає змогу оцінювати силу в кількох позиціях із різними векторами навантаження.

Досліджувана група. У дослідженні взяли участь 20 жінок віком від 23 до 40 років, які регулярно займаються акробатикою на пілоні не менше ніж 18 місяців з інтенсивністю

щонайменше 180 хвилин на тиждень. Спортсменок було поділено на дві вікові групи:

- перший період зрілого віку: 10 осіб (21–35 років);
- другий період зрілого віку: 10 осіб (36–57 років).

За результатами аналізу тестом Манна-Уїтні, не виявлено статистично значущих вікових відмінностей між групами ($p > 0,05$), що дало змогу об'єднати всіх учасниць в одну групу для спрощення аналізу результатів і підвищення статистичної потужності дослідження. Досліджувана група є тією самою, що й у попередньому дослідженні методом стимуляційної електроміографії, результати якого опубліковано раніше.

Обладнання та протокол вимірювання. Для вимірювання силових показників використовували інструмент Back-check-607 (Dr. Wolff, Німеччина), який дає змогу оцінити сили в кількох позиціях із різними векторами навантаження. Випробування включали таке:

- чотири позиції для правостороннього навантаження;
- чотири позиції для лівостороннього навантаження.

Позиції моделювали типові рухи з класичних вправ в акробатиці на пілоні. Вимірювали середнє й максимальне значення сили для правої та лівої сторін тіла. Усі учасниці підтвердили, що права рука є домінантною. Динамометрію використовували для вимірювання сили великих м'язових груп, виконуючи такі тести:

1. Латеральну флексію тулуба (далі – проба 1). Ця проба імітує вектори навантаження, притаманні багатьом силовим підйомам у бічній проєкції, що мають значне розповсюдження в акробатиці на пілоні:

- виконується з вертикальної (повздовжньої) осі;
- піддослідна стає на платформу, ноги на ширині тазу, стопи паралельні, руки зігнуті в ліктях і притиснуті до грудної клітини, пальці рук зібрані в кулак;
- датчик розташовується на рівні плечового суглоба з обмеженням руху на протилежному боці таза;
- кожна сторона тестується тричі по 5 секунд, показники фіксуються за допомогою камери.

2. Флексія руки в пронації в сагітальній площині (далі – проба 2).

Проба імітує вектори навантаження верхньої руки під час виконання елемента “shoulder” жіночим хватом і схожих вправ:

- виконується з вертикальної (повздовжньої) осі.
- піддослідна стає обличчям до датчика, ноги на ширині тазу, стопи паралельні;
- датчик розташовується вище голови, на дистальній частині передпліччя, ближче до кисті, опорна точка обмеження руху розташовується на рівні лопаток;
- кожна рука тестується тричі по 5 секунд.

3. Латеральна аддукція руки в пронації в сагітальній площині (далі – проба 3). Проба імітує вектори навантаження верхньої руки під час виконання елемента «тюльпан» і схожих вправ:

- виконується в латеральному напрямку щодо повздовжньої осі;
- піддослідна розташовується з невеликим зміщенням у сторону точки опори, ноги на ширині тазу, стопи паралельні;
- датчик розташовується вище голови, на дистальній частині передпліччя, ближче до кисті, опорна точка обмеження руху розміщується на рівні тазу (центральна частина передпліччя протилежної руки);
- кожна рука тестується тричі по 5 секунд.

4. Латеральна абдукція руки в супінації в сагітальній площині (далі – проба 4). Проба імітує вектори навантаження нижньої руки під час виконання елемента «тюльпан» і схожих вправ:

- піддослідна займає позицію зі зміщенням у сторону точки опори, ноги на ширині тазу, стопи паралельні;
- датчик устанавлюється на рівні тазу, протилежна рука тримається за ручку збоку вище рівня голови;
- кожна рука тестується тричі по 5 секунд.

Отримані результати з монітора системи Dr. Wolf документувалися в персональних картках для подальшого аналізу асиметрії силових показників між сторонами тіла. Усі аналізи проводили на середніх значеннях, обчислених за результатами трьох повторних вимірів для кожної проби.

Методи статистичного аналізу. Для обробки даних використовували програмне забезпечення Statistica 10 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Аналіз проводився з використанням таких методів:

- тесту критерію знаків для порівняння показників між правою та лівою сторонами тіла;

– кореляційного аналізу Спірмена для виявлення зв'язків між силовими показниками й іншими параметрами;

– тесту Шапіро-Уїлка для перевірки нормальності розподілу даних;

– тесту Манна-Уїтні для порівняння вікових груп.

Статистично значущими вважалися результати з рівнем значущості $p < 0,05$.

ТАБЛИЦЯ 1 – Характеристика досліджуваної групи зрілого віку першого періоду

Характеристика	Значення
Вік, років	33,5±10,5
Досвід, років	6,7±4,9
Маса тіла, кг	59,1±10,4
Тренувань на тиждень, хв	384±216
Зріст, см	168,5±18,5

Усі учасниці брали участь у дослідженні на волонтерських засадах і надали письмову згоду.

Результати.

1. Порівняння правої та лівої сторін тіла.

За результатами тесту критерію знаків не виявлено статистично значущої різниці між правою та лівою сторонами тіла в більшості позицій ($p > 0,05$). Це суперечить очікуванням, зважаючи на раніше виявлені асиметрії в складі тіла й функціональних показниках м'язів.

ТАБЛИЦЯ 2 – Результати аналізу методом критерію знаків

Порівняння силових показників правостороннього й лівостороннього навантаження	Кількість (несп.)	% ($v < V$)	Z	p-рівень
Проба 1 середнє значення, кг	20	60	0,67	0,5
Проба 1 максимальне значення, кг	20	50	-0,22	0,82
Проба 2 середнє значення, кг	20	45	0,22	0,82
Проба 2 максимальне значення, кг	20	45	0,22	0,82
Проба 3 середнє значення, кг	19	31,58	1,38	0,17
Проба 3 максимальне значення, кг	19	73,68	1,84	0,07
Проба 4 середнє значення, кг	20	50	-0,22	0,82
Проба 4 максимальне значення, кг	20	50	-0,22	0,82

Приклади результатів:

– **Проба 1:** середнє значення (права/ліва) – $p = 0,50$.

– **Проба 2:** максимальне значення (права/ліва) – $p = 0,82$.

Єдина позиція, де виявлено наближення до статистичної значущості, – **проба 3** (максимальне значення), де $p = 0,07$. Це може свідчити про тенденцію до асиметрії в певних положеннях.

2. Кореляційний аналіз Спірмена.

У ході дослідження виявлені кілька статистично значущих кореляцій між показниками силових проб для правої та лівої руки й характеристиками м'язової активності та латентного часу реакції отриманими за попередніх досліджень [15]. Ці кореляції дають змогу оцінити взаємозв'язок між силовими показниками, амплітудою сигналу та швидкістю реакції, що може мати практичне значення для розроблення індивідуалізованих тренувальних програм. Найбільш цікаві результати кореляційного аналізу наведені нижче.

Амплітуда сигналу в лівому зап'ясті демонструє позитивну кореляцію із середнім значенням сили в пробі 1 для правої руки ($r = 0,31$), що може вказувати на потенційну передачу м'язової активності між сторонами тіла, навіть за асиметричних навантажень. Це може бути важливим для розроблення методик для вирівнювання навантажень між руками.

Проба 3 для правої руки має негативну кореляцію з амплітудою сигналу в лівому зап'ясті ($r = -0,31$), що свідчить про можливу м'язову асиметрію. Такий зв'язок може бути використаний для подальшого аналізу й усунення м'язових дисбалансів у межах тренувань акробатикою на пілоні.

Суттєвою є сильна негативна кореляція між середніми значеннями сили в пробі 3 для лівої руки й амплітудою сигналу в лівому зап'ясті ($r = -0,66$). Це вказує на те, що збільшення м'язової активності в зап'ясті може призводити до зниження силового показника лівої руки, що є важливим інсайтом для контролю навантаження на різні групи м'язів.

Латентний час реакції в ліктьовому згині лівої руки має позитивну кореляцію із середнім значенням сили в пробі 3 для правої руки ($r = 0,55$). Це вказує на можливий зв'язок між швидкістю реакції однієї руки й силовими характеристиками іншої, що може відображати координаційні механізми в організмі.

Середнє значення сили в пробі 3 для лівої руки позитивно корелює з латентним часом реакції в ліктьовому згині лівої руки ($r = 0,67$). Цей результат підкреслює роль швидкості реакції у формуванні силових характеристик лівої руки й може бути корисним під час визначення оптимальної частоти і тривалості тренувань.

Отримані результати підкреслюють наявність складних взаємозв'язків між різними сторонами

ТАБЛИЦЯ 3 – Кореляції між показниками силових проб для правої та лівої руки й іншими фізіологічними характеристиками, отриманими в попередніх дослідженнях

Показник 1	Показник 2	Коефіцієнт кореляції
Зап'ястя, амплітуда сигналу, мкВ ліва	Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	0,31
Зап'ястя, амплітуда сигналу, мкВ ліва	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	-0,31
Зап'ястя, амплітуда сигналу, мкВ ліва	Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	-0,66
Ліктвовий згин, латентний час реакції, мс ліва	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,55
Ліктвовий згин, латентний час реакції, мс ліва	Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	0,67
Ліктвовий згин, латентний час реакції, мс права	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,44
Ліктвовий згин, латентний час реакції, мс права	Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	0,5
Зріст, см	Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	0,31
Опір всього тіла, Ом	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	-0,37
Опір всього тіла, Ом	Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	-0,42
Опір права рука, Ом	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	-0,4
Опір права рука, Ом	Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	-0,33
Опір ліва рука, Ом	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	-0,44
Опір ліва рука, Ом	Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	-0,4
Права рука FFM (маса тканин, що не містять жир), кг	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,36
Прогнозована м'язова маса права рука, кг	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,36
Уміст жиру ліва рука, кг	Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	-0,31
Ліва рука FFM (маса тканин, що не містять жир), кг	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,32
Ліва рука FFM (маса тканин, що не містять жир), кг	Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	0,33
Прогнозована м'язова маса ліва рука, кг	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,32
Прогнозована м'язова маса ліва рука, кг	Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	0,32
Тулуб FFM (маса тканин, що не містять жир), кг	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,33
Прогнозована м'язова маса тулуб, кг	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,43
Прогнозована м'язова маса тулуб, кг	Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	0,31
Прогнозована м'язова маса тулуб, кг	Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	0,35
Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	0,66
Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	0,37
Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	Проба 1 (ліва рука), сер. знач., кг	0,76
Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	0,65
Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	0,52
Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	0,66
Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	0,43
Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	Проба 1 (ліва рука), сер. знач., кг	0,81
Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	0,68
Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	0,44
Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	0,6
Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	0,37
Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	0,43
Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	0,48
Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	0,65
Проба 1 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	0,76
Проба 1 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	0,81
Проба 1 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	0,58
Проба 1 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	0,32
Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	0,65
Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	0,68
Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	0,48
Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 1 (ліва рука), сер. знач., кг	0,58
Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	0,44
Проба 3 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 3 (права рука), сер. знач., кг	0,6
Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 1 (права рука), сер. знач., кг	0,52
Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 2 (права рука), сер. знач., кг	0,44
Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 4 (права рука), сер. знач., кг	0,65
Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 1 (ліва рука), сер. знач., кг	0,32
Проба 4 (ліва рука), сер. знач., кг	Проба 2 (ліва рука), сер. знач., кг	0,44

тіла, що дає змогу краще зрозуміти фізіологічні особливості спортсменок та орієнтуватися на балансування навантажень для досягнення оптимальних результатів.

Обговорення. Попередні дослідження вже підтвердили наявність значної асиметрії в структурі м'язової тканини і щільності жирової тканини між правою та лівою сторонами тіла в спортсменок, що займаються акробатикою на пілоні. Також зафіксовано асиметрію у функціонуванні нервової системи [15]. Незважаючи на це, результати дослідження продемонстрували повну відсутність статистично значущої асиметрії в силових показниках між правою та лівою сторонами тіла.

Ця відсутність асиметрії в силі за наявних структурних і нейро м'язових відмінностей може свідчити про адаптаційні зміни в організмі, спрямовані на досягнення рівномірного розвитку сили правої та лівої сторін тіла. З огляду на специфічність навантажень в акробатиці на пілоні, організм спортсменок, імовірно, формує компенсаторні механізми для збереження балансу силових показників, незважаючи на функціональні та структурні відмінності між сторонами. Це може бути своєрідною адаптаційною відповіддю, яка дає змогу зберігати продуктивність і знижувати ризик травм, що особливо важливо в дисциплінах із високою асиметрією навантажень.

Цікаво, що під час опитування, яке проводили в попередніх дослідженнях, більшість акробатів указали, що їхня домінуюча сторона виглядає більш розвинутою та візуально відрізняється від не домінуючої [22]. Це спостереження вказує на додатковий вектор наукового пошуку, адже, попри суб'єктивне відчуття різниці, статистична різниця в силових показниках відсутня.

Література

1. Bailey CA, Sato K, Burnett A, Stone M. Force-production asymmetry in male and female athletes of differing strength levels. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015;10(4):504-8. DOI: 10.1123/ijspp.2014-0379. PMID: 25394294.
2. Drid P, Drapsin M, Trivic T, Lukac DD, Obadov S, Milosevic Z. Asymmetry of muscle strength in elite athletes. *J Hum Kinet.* 2009;1:3-5. DOI: 10.2478/v10101-009-0002-1.
3. Kalata M, Maly T, Hank M, Michálek J, Bujnovsky D, Kunzmann E, Zahalka F. Bilateral strength asymmetry among young elite athletes of various sports. *Medicina.* 2020;56(12):683. DOI: 10.3390/medicina56120683. PMID: 33321777.
4. Maloney SJ. The relationship between asymmetry and athletic performance: A critical review. *J Strength Cond Res.* 2019;33(9):2579-93. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002608. PMID: 29742749.

Виходячи із цього, важливим напрямом для подальших досліджень є проведення візуального скринінгу спортсменок для визначення потенційних зовнішніх ознак асиметрії. Це може допомогти встановити взаємозв'язок між візуальними відмінностями в домінуючих і не домінуючих сторонах тіла та їх зв'язок із функціональними й структурними показниками, що, у свою чергу, допоможе краще зрозуміти адаптаційні процеси в організмі спортсменок.

Висновки. Отримані результати дослідження підтверджують, що, незважаючи на виражену асиметрію в структурних характеристиках тіла й функціонуванні нервової системи, спортсменки, які займаються акробатикою на пілоні, демонструють відсутність статистично значущої асиметрії в силових показниках. Це свідчить про можливість компенсаторних адаптаційних змін в організмі, спрямованих на досягнення рівномірного розподілу сили між правою та лівою сторонами тіла.

Отримані дані підкреслюють важливість подальших досліджень для глибшого розуміння адаптаційних змін в опорно-руховому апараті акробатів на пілоні, зокрема, шляхом візуального скринінгу. Одержані дані можуть бути корисними для тренерів і спортивних лікарів, допомагаючи створювати індивідуальні тренувальні програми, які не лише забезпечують розвиток фізичної сили, а й ураховують ризик розвитку дисбалансів у системах організму та потенційних травм, пов'язаних з асиметрією в структурі й функції м'язів.

Подяка. Автори висловлюють подяку Колосовій Олені Вікторівні за допомогу в проведенні дослідження. Дослідження виконано в рамках теми «Теоретико-методологічні та практичні основи фізичної реабілітації і спортивної медицини» (тема 4.2) з державною реєстрацією № 0121U107926.

5. Dos Santos L, Aida F, Souza RL, Matos DG, Cataldi S, Greco G, et al. Evaluating the asymmetry of muscle activation and strength in paralympic powerlifting athletes. *Eur J Invest Health Psychol Educ.* 2023;13(9):1645-54. DOI: 10.3390/ejihpe13090119.

6. Exell T, Irwin G, Gittoes M, Kerwin D. Strength and performance asymmetry during maximal velocity sprint running. *Scand J Med Sci Sports.* 2017;27(6):692-701. DOI: 10.1111/sms.12759. PMID: 27671707.

7. Dai B, Lauer J, Vertz C, Hinshaw T, Cook R, Li Y, Sha Z. Baseline assessments of strength and balance performance and bilateral asymmetries in collegiate athletes. *J Strength Cond Res.* 2019;33(4):988-96. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002687. PMID: 29985219.

8. Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffioletti N, Marcora SM. A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(11):2044-50. DOI: 10.1249/mss.0b013e31814fb55c. PMID: 17986914.

9. Thomas C, Comfort P, Dos'Santos T, Jones PA. Determining bilateral strength imbalances in youth basketball athletes. *Int J Sports Med.* 2017;38(8):683-90. DOI: 10.1055/s-0043-112340. PMID: 28768344.
10. Zemkova E, Poor O, Jelen M. Between-side differences in trunk rotational power in athletes trained in asymmetric sports. *J Back Musculoskeletal Rehabil.* 2018;31(6):1081-91. DOI: 10.3233/BMR-181131. PMID: 30584114.
11. Bishop C, Read P, Chavda S, Jarvis P, Turner A. Using unilateral strength, power, and reactive strength tests to detect the magnitude and direction of asymmetry. *Sports.* 2019;7(3):58. DOI: 10.3390/sports7030058.
12. Bishop C, de Keijzer KL, Turner AN, Beato M. Measuring interlimb asymmetry for strength and power: A brief review of assessment methods, data analysis, current evidence, and practical recommendations. *J Strength Cond Res.* 2023;37(1). DOI: 10.1519/JSC.0000000000004384.
13. Vernillo G, Pisoni C, Thiebat G. Strength asymmetry between front and rear leg in elite snowboard athletes. *Clin J Sport Med.* 2016;26(1):83-5. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000194. PMID: 25881565.
14. Markou S, Vagenas G. Multivariate isokinetic asymmetry of the knee and shoulder in elite volleyball players. *Eur J Sport Sci.* 2006;6(1):71-80. DOI: 10.1080/17461390500533147.
15. Antonova H P Study of the causes, frequency and localization of injuries among pole acrobatics athletes. *Experimental and Clinical Medicine.* 2023. Vol. 92, no. 1. DOI: 10.35339/ekm.2023.92.1.ant.
16. Maly T, Mala L, Bujnovsky D, Hank M, Zahalka F. Morphological and isokinetic strength differences: Bilateral and ipsilateral variation by different sport activity. *Open Med.* 2019;14(1):207-16. DOI: 10.1515/med-2019-0014. PMID: 30847397.
17. Kalata M, Hank M, Bujnovsky D, Michalek J, Varjan M, Kunzmann E, Zahalka F, Maly T. Bilateral strength asymmetry in elite youth soccer players: Differences between age categories. *Symmetry.* 2021;13(11):1982. DOI: 10.3390/sym13111982.
18. Mattes K, Wollesen B, Manzer S. Asymmetries of maximum trunk, hand, and leg strength in comparison to volleyball and fitness athletes. *J Strength Cond Res.* 2018;32(1):57-65. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002183. PMID: 28902110.
19. Bishop C, Turner A, Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: A systematic review. *J Sports Sci.* 2018;36(10):1135-44. DOI: 10.1080/02640414.2017.1361894. PMID: 28767317.
20. Majelan AS, Tapej Bor MR, Heydariyan B, Dehcheshmeh TF. Investigating the Effects of Closed Kinetic Chain Exercises on Proprioception and Inversion/Eversion Strength Imbalance of the Ankle Joint in Track and Field Athletes With Medial Tibial Stress Syndrome. *Phys Treat – Specific Phys Ther J.* 2023. DOI: 10.32598/ptj.13.1.437.3.

ORCID 0000-0002-8904-9446, aniri2002@ukr.net
ORCID 0009-0003-1229-6216, antonovapolesport@gmail.com

Надійшла 14.01.2025
Прийнята 28.01.2025
Опублікована 28.02.2025