

УДК: 796.4:612.76-071.3

АСИМЕТРІЯ ПОСТАВИ У СПОРТСМЕНОК, ЩО ЗАЙМАЮТЬСЯ АКРОБАТИКОЮ НА ПІЛОНІ: ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ ВІЗУАЛЬНОГО СКРИНІНГУ

Жарова І.О., Антонова Г.П.

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

Акробатика на пілоні є популярним видом спортивної активності, що поєднує силові та акробатичні елементи, специфіка яких може призводити до розвитку постуральних асиметрій. Метою дослідження була кількісна оцінка асиметрії постави у спортсменок, що займаються акробатикою на пілоні, за допомогою візуального скринінгу та визначення її зв'язку з раніше дослідженими нейром'язовими та силовими характеристиками. У дослідженні взяли участь 20 жінок (вік 23–40 років) з досвідом занять не менше 18 місяців. Постуральну симетрію оцінювали за допомогою автоматизованої системи APECS (AI Posture Evaluation and Correction System; Система оцінки та корекції постави за допомогою штучного інтелекту), розраховуючи індекси горизонтального відхилення (Horizontal Deviation Index, HDI), фронтального вирівнювання (Frontal Alignment Index, FAI) та симетрії тулуба (Posterior Trunk Symmetry Index, POTSI; Asymmetry Trunk Symmetry Index, ATSI; General Trunk Index, GTI). Статистичний аналіз включав кореляцію Спірмена для виявлення зв'язків між індексами постави та даними електроміографії та динамометрії. Результати показали високий рівень постурального контролю в горизонтальній площині, однак були виявлені значущі асиметрії у фронтальній площині (FAI) та загальній симетрії тулуба (POTSI, ATSI). Виявлено значущі кореляції між індексами асиметрії та активністю м'язів (зокрема, *m. latissimus dorsi*, *m. sternocleidomastoideus*), що вказує на м'язовий дисбаланс та компенсаторні механізми. Сила верхніх кінцівок позитивно корелювала із симетрією задньої поверхні тулуба. Виявлені асиметрії обумовлені домінантністю правої руки та специфікою тренувальних навантажень. Усунення цих асиметрій вимагає комплексного підходу, що включає збалансовані тренування, цільові корекційні програми та регулярний моніторинг.

Ключові слова: м'язовий дисбаланс, фізична реабілітація, компенсаторні механізми, профілактика травм, біомеханіка спорту.



Цитуйте українською: Жарова ІО, Антонова ГП.

Асиметрія постави у спортсменок, що займаються акробатикою на пілоні: дослідження методом візуального скринінгу.

Експериментальна і клінічна медицина. 2025;94(2):66-78.

<https://doi.org/10.35339/ekm.2025.94.2.zan>

Cite in English: Zharova IO, Antonova HP. Postural asymmetry in female athletes engaged in pole acrobatics: a visual screening study.

Experimental and Clinical Medicine. 2025;94(2):66-78.

<https://doi.org/10.35339/ekm.2025.94.2.zan> [in Ukrainian].

Відповідальний автор: Антонова Г.П.
✉ Україна, 03150, м. Київ,
вул. Фізкультури, 1.
E-mail: antonovapolesport@gmail.com

Corresponding author: Antonova H.
✉ Ukraine, 03150, Kyiv,
Fizkultury str., 1.
E-mail: antonovapolesport@gmail.com

Абревіатури та скорочення

A – Arms, руки.

A. макс. – максимальна амплітуда.

A. сер. – середня амплітуда.

A/F – співвідношення амплітуди (A) та частоти (F, Frequency).

APECS – Artificial Intelligence Posture Evaluation and Correction System, система оцінки та корекції постави засобами штучного інтелекту.

ATSI – Asymmetry Trunk Symmetry Index, індекс асиметрії тулуба.

C7 – Cervical vertebra 7, сьомий шийний хребець.

F. сер. – середня частота (F, Frequency).

FAI – Frontal Alignment Index, індекс фронтального вирівнювання.

GTI – General Trunk Index, загальний індекс нахилу тулуба.

HDI – Horizontal Deviation Index, індекс горизонтального відхилення.

JN – Jugular Notch, яремна вирізка.

POTSI – Posterior Trunk Symmetry Index, індекс симетрії задньої поверхні тулуба.

rs – коефіцієнти рангової кореляції Спірмена.

S – Shoulders, плечі.

T – Trunk, тулуб.

ЕМГ – електроміографія.

Вступ

Акробатика на пілоні, відома також як *pole dance* або *pole fitness*, за останнє десятиліття перетворилася з нішової діяльності на глобальний фітнес-феномен, що поєднує в собі елементи гімнастики, акробатики, танцю та силових вправ [1]. Цей вид фізичної активності приваблює значну кількість жінок різного віку завдяки унікальному поєднанню атлетизму та мистецької експресії [2]. Дослідження підтверджують, що регулярні заняття акробатикою на пілоні класифікуються як фізичне навантаження помірної інтенсивності, що сприяє покращенню кардіо-

респіраторної витривалості, збільшенню м'язової маси, розвитку гнучкості та позитивно впливає на психологічний стан, зокрема на самооцінку та відчуття власної ефективності [3].

Незважаючи на очевидні переваги для здоров'я, специфіка тренувального процесу в акробатиці на пілоні створює значні біомеханічні виклики для опорно-рухового апарату. Виконання складних елементів, що вимагають утримання ваги тіла, обертання та значних силових зусиль, часто є асиметричним [4]. Подібно до інших односторонніх видів спорту, таких як теніс, гольф чи метання списа, спортсмени в акробатиці на пілоні переважно використовують домінують сторону тіла для виконання найбільш складних рухів, що призводить до нерівномірного розподілу навантаження [5]. Таке довготривале асиметричне навантаження може призводити до розвитку м'язового дисбалансу та постуральних порушень [6].

Питання асиметрії в спорті є предметом наукових дискусій. Деякі дослідження показують, що певний рівень асиметрії є функціональною адаптацією до специфічних вимог спорту і не завжди корелює зі зниженням продуктивності чи підвищенням ризику травм [7]. Така функціональна асиметрія дозволяє спортсменам оптимізувати рухові навички для досягнення високих результатів [8; 9]. Однак, коли асиметрія виходить за межі функціональної адаптації, вона може стати патологічною. Надмірний м'язовий дисбаланс та порушення постави можуть призводити до зміни рухових стереотипів, перевантаження окремих суглобів та м'язких тканин, що, в свою чергу, підвищує ризик виникнення хронічного болю та гострих травм [10]. Тому раннє виявлення та корекція надмірних постуральних асиметрій є важливим компонентом профілактики травматизму у спортсменів.

Для об'єктивної оцінки постави традиційні методи візуального огляду є недостатньо надійними через їхню суб'єктивність та нездатність виявляти незначні відхилення [11]. Сучасні технології, зокрема комп'ютеризована фотометрія, надають можливість проводити кількісний, точний та неінвазивний аналіз постави [12]. Використання автоматизованих систем, таких як APECS, дозволяє об'єктивно вимірювати різні індекси симетрії тіла, що може бути корисним для розробки цільових програм корекції [13].

Дана стаття є завершальною у серії досліджень авторів, присвячених вивченню впливу акробатики на пілоні на організм спортсменок. Попередні роботи були зосереджені на аналізі нейром'язових характеристик за допомогою електроміографії та силових показників за допомогою динамометрії [14; 15]. Це дослідження має на меті інтегрувати попередні знахідки, кількісно оцінивши рівень асиметрії постави у тієї ж когорти спортсменок за допомогою методів візуального скринінгу та визначивши основні фактори, що впливають на розвиток постуральних порушень.

Метою дослідження була кількісна оцінка рівня асиметрії постави у спортсменок, що займаються акробатикою на пілоні, за допомогою методів візуального скринінгу та визначення її зв'язку з раніше дослідженими нейром'язовими та силовими характеристиками.

Завдання дослідження:

1) проаналізувати індекси симетрії та асиметрії тулуба у спортсменок за допомогою автоматизованої системи APECS;

2) виявити кореляційні взаємозв'язки між показниками симетрії постави та раніше отриманими даними м'язової активності та силових характеристик.

Матеріали та методи

Дослідження було проведено на базі науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України. У дослідженні взяли участь

20 жінок віком від 23 до 40 років (середній вік $[33,5 \pm 10,5]$ року), які активно займалися акробатикою на пілоні протягом щонайменше 18 місяців (середній досвід $[6,7 \pm 4,9]$ року) із загальним тренувальним обсягом не менше 180 хвилин на тиждень. Всі учасниці вказали, що домінантною рукою є права.

Для перевірки потенційного впливу віку, учасниць було розподілено на групи відповідно до стандартної вікової періодизації. Перша група відповідала першому періоду зрілого віку ($[21-35]$ років). Друга група, що відповідала другому періоду зрілого віку ($[36-57]$ років), у нашому дослідженні була представлена учасницями віком від 36 до 40 років. Статистичний аналіз за допомогою тесту Манна-Уїтні не виявив значущої різниці між цими фактичними групами за досліджуваними показниками ($p > 0,05$), тому для подальшого аналізу всі дані були об'єднані.

Детальна характеристика групи представлена в *таблиці 1*. Дослідження проводилося на добровільних засадах, і кожна учасниця надала письмову інформовану згоду на участь.

Таблиця 1. Характеристика досліджуваної групи

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

Примітка: дані представлено у вигляді середнього значення \pm стандартне відхилення ($M \pm SD$).

Протокол оцінки постави

Для оцінки постави використовувалася автоматизована система APECS (Saneftec, Франція). Ця система є інструментом комп'ютеризованої фотометрії, надійність

та валідність якої для кількісної оцінки постави підтверджена в наукових дослідженнях [16; 17]. Процедура включала фотографування тулуба кожної учасниці у фронтальній та дорсальній проекції у стандартизованих умовах. Отримані зображення оброблялися програмним забезпеченням системи, яке автоматично визначало координати ключових антропометричних точок тіла (рисунки) та розраховувало стандартизовані індекси симетрії та асиметрії.

Розрахункові індекси та формули

Оброблені дані експортувалися у таблиці, що містили наступні індекси.

1. Індекси горизонтального відхилення (HDI):

1.1. Індекс горизонтального відхилення плечей (HDI-S):

$$\text{HDI-S} = (e / h) \times 100 \quad (1),$$

де e – горизонтальна відстань між акроміонами,

h – біакроміальна ширина.

1.2. Індекс горизонтального відхилення рук (HDI-A):

$$\text{HDI-A} = (f / h) \times 100 \quad (2),$$

де f – горизонтальна відстань між серединами плечових кісток,

h – біакроміальна ширина.

1.3. Індекс горизонтального відхилення тулуба (HDI-T):

$$\text{HDI-T} = (g / h) \times 100 \quad (3),$$

де g – горизонтальна відстань між передніми верхніми клубовими остями,

h – біакроміальна ширина.

2. Індекси фронтального вирівнювання (FAI):

2.1. Індекс фронтального вирівнювання відносно C7 (FAI-C7):

$$\text{FAI-C7} = (C7\text{-Mid} / (a + b)) \times 100 \quad (4),$$

де $C7\text{-Mid}$ – відхилення остистого відростка C7 від центральної лінії,

$(a + b)$ – ширина плечей.

2.2. Індекс фронтального вирівнювання рук (FAI-A):

$$\text{FAI-A} = (|a - b| / (a + b)) \times 100 \quad (5),$$

де a та b – відстані від центральної лінії до відповідних точок на руках.

2.3. Індекс фронтального вирівнювання тулуба (FAI-T):

$$\text{FAI-T} = (|c - d| / (c + d)) \times 100 \quad (6),$$

де c та d – відстані від центральної лінії до відповідних точок на тулубі.

2.4. Загальний інтегральний показник фронтального вирівнювання (FAI).

3. Індекси симетрії тулуба:

3.1. POTSI;

3.2. ATSI;

3.3. GTI.

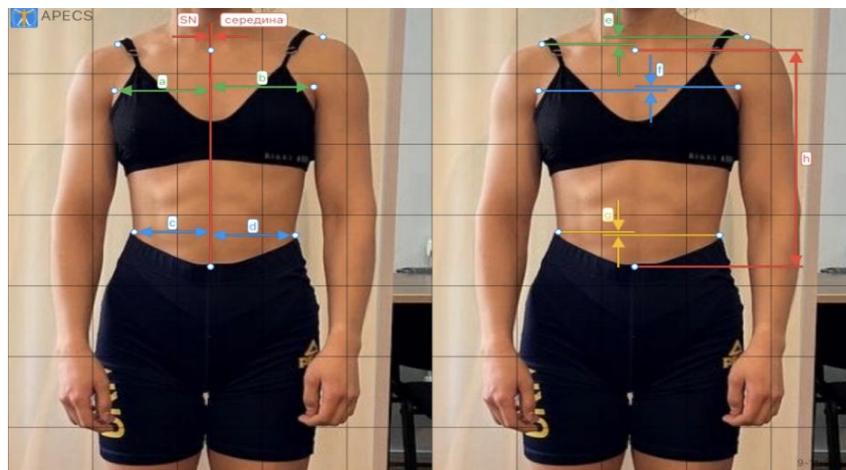


Схема визначення координат точок тіла за допомогою системи APECS

Нейром'язові та силові дані

Для кореляційного аналізу використовувалися дані ЕМГ та динамометрії, отримані у попередніх дослідженнях цієї ж когорти [14; 15]. Ключові параметри ЕМГ включали максимальну амплітуду (А. макс., мкВ), середню амплітуду (А. сер., мкВ), середню частоту (F сер., Гц) та співвідношення амплітуди до частоти (A/F, мкВ×с). Силові характеристики були отримані під час виконання стандартизованих проб латеральної аддукції та латеральної абдукції.

Статистичний аналіз

Статистична обробка даних проводилася за допомогою програмного забезпечення Statistica 10 (StatSoft Inc., США).

Для перевірки нормальності розподілу даних використовувався тест Шапіро–Уїлка. Оскільки більшість даних не мала нормального розподілу, для подальшого аналізу застосовувалися непараметричні методи. Коефіцієнт кореляції Спірмена використовувався для оцінки зв'язків між індексами постави та нейром'язовими/силовими показниками. Результати вважалися статистично значущими при $p < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Аналіз даних візуального скринінгу виявив складну картину постуральних адаптацій у спортсменок. Описова статистика ключових індексів симетрії та асиметрії тулуба представлена в таблиці 2.

Спортсменки продемонстрували високий ступінь постурального контролю в горизонтальній площині. Середні значення індексів горизонтального відхилення (HDI) були відносно низькими: для плечей (HDI-S) – 1,35 %, для рук (HDI-A) – 1,65 %, а для тулуба (HDI-T) – 2,20 %. Ці показники свідчать про мінімальні відхилення від симетрії в цій площині. Навпаки, у фронтальній площині спостерігалася значно більша варіативність. Індеси фронтального вирівнювання (FAI) мали вищі середні значення, особливо для тулуба (FAI-T = 3,60 %) та рук (FAI-A = 2,90 %).

Це вказує на наявність помітних асиметрій у фронтальній площині, що, ймовірно, пов'язано з одностороннім характером навантажень.

Інтегральні індекси симетрії тулуба також підтвердили наявність асиметрій у досліджуваній групі. Середні значення індексу асиметрії тулуба (ATSI = 15,35 %), загального індексу кривизни тулуба (GTI = 14,58 %) та індексу симетрії задньої поверхні тулуба (POTSI = 13,80 %) свідчать про виражену варіативність у поставі серед учасниць.

У таблиці 3 відображені системні взаємозв'язки між різними аспектами постави. Аналіз виявив кілька ключових закономірностей. По-перше, існує сильна позитивна кореляція між різними індексами фронтального вирівнювання. Зокрема, відхилення в шийному відділі (FAI-C7) тісно пов'язані з асиметрією рук (FAI-A, $r = 0,84$) та загальним фронтальним вирівнюванням (FAI, $r = 0,89$), що свідчить про системний характер асиметрії у верхній частині тіла. По-друге, загальний індекс фронтального вирівнювання (FAI) продемонстрував надзвичайно високу кореляцію з індексом симетрії задньої поверхні тулуба (POTSI, $r = 0,95$), вказуючи, що асиметрії, видимі спереду, є основним фактором, що визначає симетрію спини. По-третє, було виявлено помірну негативну кореляцію між індексом фронтального вирівнювання рук (FAI-A) та індексом асиметрії тулуба (ATSI, $r = -0,46$), що може свідчити про наявність компенсаторного механізму, за якого тіло намагається збалансувати асиметрію тулуба внаслідок зміни положення рук.

Для розкриття взаємозв'язків між різними постуральними параметрами (поставою, нейром'язовими та силовими показниками) було проведено детальний кореляційний аналіз. Ключові значущі кореляції, що розкривають біомеханічні патерни, представлені нижче.

Таблиця 2. Індекси симетрії та асиметрії тулуба

Індекс (%)	N (кількість спостережень)	Арифметичне значення			Стандартне відхилення
		середнє	мінімальне	максимальне	
ATSI	20	15,35	5	24	5,69
FAI-A	20	2,9	0	15	3,89
FAI-C7	20	1,95	0	9	2,42
FAI-JN	20	1,65	0	6	1,46
FAI-T	20	3,6	0	15	3,55
FAI	20	8,2	1	22	6,63
GTI	20	14,58	5,5	22	4,52
HDI-A	20	1,65	0	6	1,87
HDI-S	20	1,35	0	5	1,31
HDI-T	20	2,2	0	6	1,82
HDI	20	5,05	1	12	2,86
POTSI	20	13,8	2	29	8,29

Таблиця 3. Рангова кореляція індексів симетрії та постави спортсменок, що займаються акробатикою на пілоні

Показник, %	HDI-S	HDI-A	HDI-T	FAI-C7	FAI-A	FAI-T	FAI	HDI	POTSI	FAI-JN	ATSI	GTI
HDI-S	1,00											
HDI-A	0,68	1,00										
HDI-T	-0,41	-0,21	1,00									
FAI-C7	0,29	0,35	0,02	1,00								
FAI-A	0,25	0,32	-0,13	0,84	1,00							
FAI-T	0,22	0,43	0,17	0,65	0,64	1,00						
FAI	0,29	0,42	0,04	0,89	0,85	0,89	1,00					
HDI	0,69	0,84	0,11	0,53	0,38	0,50	0,54	1,00				
POTSI	0,44	0,63	0,04	0,84	0,80	0,87	0,95	0,73	1,00			
FAI-JN	-0,46	-0,30	0,00	-0,20	-0,10	-0,03	-0,18	-0,41	-0,20	1,00		
ATSI	-0,04	-0,04	-0,18	-0,41	-0,46	-0,20	-0,40	-0,23	-0,32	0,53	1,00	
GTI	0,37	0,57	-0,12	0,57	0,49	0,75	0,68	0,52	0,78	0,20	0,30	1,00

Аналіз горизонтальних індексів (HDI) виявив кілька значущих залежностей. Горизонтальне відхилення плечей (HDI-S) продемонструвало сильну позитивну кореляцію з відхиленням рук (HDI-A, $r = 0,68$), що логічно підтверджує, як положення плечового поясу безпосередньо впливає на позицію верхніх кінцівок. Обидва ці показники, своєю чергою, тісно пов'язані із загальним горизонтальним індексом HDI ($r = 0,69$ для HDI-S; та $r = 0,84$ для HDI-A). Цікаво, що була виявлена негативна кореляція між відхиленням плечей (HDI-S) та відхиленням тулуба (HDI-T; $r = -0,41$), що може вказувати на складні компенсаторні механізми для підтримання загального балансу тіла.

У фронтальній площині (FAI) спостерігалися ще більш виражені патерни. Фронтальне вирівнювання сьомого шийного хребця (FAI-C7) показало сильну позитивну кореляцію як з вирівнюванням рук (FAI-A, $r = 0,84$), так і з загальним індексом FAI ($r = 0,89$). Особливо значущим є зв'язок між фронтальним вирівнюванням тулуба (FAI-T) та індексом симетрії задньої поверхні тулуба (POTSI, $r = 0,87$), а також між загальним FAI та POTSI ($r = 0,95$). Це вказує на те, що фронтальне вирівнювання тулуба є ключовим фактором, що визначає симетрію спини. Водночас негативні кореляції між FAI-C7 ($r = -0,41$) та FAI-A ($r = -0,46$) з індексом асиметрії тулуба (ATSI) свідчать, що збільшення фронтального вирівнювання пов'язане зі зменшенням асиметрії тулуба.

Загальна кривизна тулуба (GTI) виявилася інтегральним показником, що відображає комплексну постуральну картину. GTI позитивно корелювала з відхиленнями як у горизонтальній (HDI-A, $r = 0,57$), так і у фронтальній площинах (FAI-C7, $r = 0,57$; FAI-T, $r = 0,75$; POTSI, $r = 0,78$), а також продемонструвала зв'язок з асиметрією тулуба (ATSI, $r = 0,3$).

Нарешті, інші виявлені взаємозв'язки, такі як позитивна кореляція між відхиленням плечового поясу (HDI-S) та загальною кривизною тулуба (GTI, $r = 0,37$) і його ж негативна кореляція з фронтальним вирівнюванням яремної вирізки (FAI-JN, $r = -0,46$), вказують на складну систему постуральних компенсацій, де зміна в одному сегменті тіла викликає каскад адаптацій в інших (табл. 4).

Це дослідження надає першу кількісну оцінку постуральних асиметрій у спортсменок, що займаються акробатикою на пілоні, та пов'язує ці асиметрії з функціональними нейром'язовими та силовими характеристиками. Основні результати вказують на те, що, незважаючи на високий рівень загального постурального контролю, у спортсменок існують виражені асиметрії у фронтальній площині, які тісно пов'язані з патернами м'язового дисбалансу та силовими можливостями.

Виявлена картина асиметрій є логічним наслідком біомеханічних вимог спортивної активності. Низькі значення індексів горизонтального відхилення (HDI) свідчать про те, що спортсменки успішно підтримують стабільність тіла вздовж вертикальної осі. Однак значна варіативність індексів фронтального вирівнювання (FAI), особливо для рук та тулуба, відображає адаптацію до односторонніх навантажень. Оскільки всі учасниці були праворукими, домінантна права рука виконує основну роботу з утримання ваги, обертання та виконання силових елементів на пілоні. Це призводить до асиметричного положення плечового поясу та тулуба, що й фіксується індексами FA. Найбільш глибоке розуміння походить від аналізу кореляцій. Зв'язок між асиметрією тулуба (ATSI) та активністю м'язів (позитивний з лівим *m. Sternocleidomastoideus* і негативний з правим *m. latissimus dorsi*) розкриває складний компенсаторний механізм. Під час виконання елементів з опорою на праву руку, тіло має протидіяти силам обертання.

Таблиця 4. Кореляція між індексами асиметрії, ЕМГ-показниками та силовими характеристиками.

Індекси, %				GTI	ATSI	POTSI	
Проба/ значення	Сторона/ кінцівка	М'яз	Силова характеристика та одиниці вимірювання				
стан спокою	ліва	<i>latissimus dorsi</i>	А. макс., мкВ	0,47	0,22	0,23	
		<i>sternocleidomastoideus</i>	А. сер., мкВ	0,14	0,49	-0,12	
			Ф. сер., Гц	0,13	0,49	-0,13	
середнє значення		<i>trapezius</i>	Ф. сер., Гц	0,45	0,08	0,47	
стан спокою		<i>external abdominal oblique</i>	А. макс., мкВ	0,03	0,49	-0,27	
			Ф. сер., Гц	0,02	0,57	-0,35	
	<i>pectoralis major</i>	А/Ф, мкВ×с	0,49	0,06	0,50		
стан спокою	права	<i>erector spinae longissimus</i>	А. макс., мкВ	0,05	0,47	0,30	
			А. сер., мкВ	0,04	0,47	0,30	
			Ф. сер., Гц	-0,02	0,53	0,29	
середнє значення		<i>latissimus dorsi</i>	А. сер., мкВ	0,10	-0,46	-0,21	
найвище значення			А. сер., мкВ	0,23	-0,45	-0,08	
стан спокою		<i>sternocleidomastoideus</i>	Ф. сер., Гц	0,05	0,45	0,31	
		<i>external abdominal oblique</i>	А. макс., мкВ	0,26	0,50	-0,14	
			А. сер., мкВ	0,27	0,49	-0,12	
			Ф. сер., Гц	0,26	0,50	-0,13	
		А/Ф, мкВ×с	0,25	0,46	-0,15		
латеральна аддукція, середнє значення, права рука				кг	0,33	0,26	0,55
латеральна аддукція, максимальне значення, права рука					0,33	0,32	0,59
латеральна абдукція, максимальне значення, права рука					0,09	0,47	0,34

Активізація лівого груднинно-ключично-соскоподібного м'яза та інших м'язів-стабілізаторів на протилежній стороні є функціональною необхідністю для підтримки рівноваги та контролю над рухом. Таким чином, виявлений м'язовий дисбаланс є не просто патологією, а частиною високоспеціалізованої рухової стратегії, необхідної для успішного виконання спортивних елементів. Ця асиметрична адаптація дозволяє генерувати та контролювати складні обертальні рухи навколо пілона [4].

Виявлені асиметрії є характерними не тільки для акробатики на пілоні, але й для інших естетичних та акробатичних видів спорту. Дослідження, проведені серед гімнасток та танцівниць, також виявляють значні постуральні відхилення та м'язові дисбаланси, пов'язані з виконанням специфічних, часто односторонніх рухів [18–20]. Наприклад, у танцівників часто спостерігаються асиметрії в силі м'язів-ротаторів стегна та згиначів/розгиначів тулуба [21]. Дослідження серед повітряних акробатів, які мають схожі вимоги до сили верхньої частини тіла, також виявило дисбаланси, зокрема значно нижче співвідношення сили хамстрингів до квадрицепсів у недомінантній нозі, що підвищує ризик травм [22]. Це підкреслює, що асиметричні адаптації є загальною рисою для видів спорту з односторонніми руховими патернами.

Хоча певний рівень асиметрії є функціональною адаптацією, важливо розрізняти адаптивну асиметрію та дезадаптивний дисбаланс, що може призвести до травми [7]. Хронічне перенапруження м'язів з одного боку тіла (наприклад, лівого *m. sternocleidomastoideus* та *m. latissimus dorsi*, як показало наше дослідження) може призвести до міофасціального больового синдрому, обмеження рухливості шийного та грудного відділів хребта та підвищеного ризику травм [14; 23].

Результати нашого дослідження мають прямі практичні застосування. Сильна позитивна кореляція між силою верхніх кінцівок та симетрією задньої поверхні тулуба ($r = 0,59$) є ключовим висновком. Це означає, що розвиток симетричної та потужної мускулатури верхньої частини тіла може допомогти стабілізувати тулуб і зменшити постуральні відхилення. Тому тренувальні програми повинні включати:

1) симетричні силові тренування (вправи для рівномірного розвитку м'язів правої та лівої сторін тіла, таких як симетричні тяги, жими та вправи для кору);

2) двосторонні практики (заохочення спортсменок до виконання технічних елементів на обидві сторони (як на домінантну, так і на недомінантну), щоб збалансувати навантаження);

3) цільові корекційні вправи (розробка індивідуальних програм, спрямованих на розтягнення перенапружених м'язів (наприклад, лівих стабілізаторів тулуба) та зміцнення ослаблених м'язів (наприклад, правих));

4) регулярний моніторинг (використання кількісних методів оцінки постави, таких як система APECS, які можуть слугувати інструментом для тренерів та фізіотерапевтів для відстеження динаміки постуральних змін та своєчасного втручання) [12].

Обмеження дослідження та перспективи подальших досліджень

Це дослідження має кілька обмежень. По-перше, невеликий розмір вибірки ($n = 20$) обмежує можливість узагальнення результатів на всю популяцію спортсменок. По-друге, крос-секційний дизайн дослідження дозволяє встановити лише кореляційні зв'язки, але не причинно-наслідкові. Неможливо остаточно сказати, чи призводить м'язовий дисбаланс до асиметрії, чи асиметрична постава викликає зміни в активності м'язів. По-третє, оцінка постави проводилася в статичному положенні, тоді як акробатика на пілоні є динамічним видом спорту.

Майбутні дослідження повинні бути спрямовані на подолання цих обмежень. Перспективним є проведення поздовжніх (лонгitudних) досліджень для відстеження розвитку асиметрій з часом та їх зв'язку з ризиком травм. Також доцільно провести інтервенційні дослідження для оцінки ефективності запропонованих корекційних програм. Нарешті, використання методів динамічного аналізу руху (наприклад, 3D-моушн-кепчур) дозволить оцінити постуральні зміни безпосередньо під час виконання акробатичних елементів, що дасть більш повне уявлення про біомеханіку цього виду спортивної активності [24].

Висновки

Спортсменки, що займаються акробатикою на пілоні, демонструють високий рівень постурального контролю в горизонтальній площині, але мають значущі кількісно вимірювані асиметрії у фронтальній площині та загальній симетрії тулуба.

Виявлені постуральні асиметрії не є випадковими, а тісно корелюють зі специфічними патернами м'язового дисбалансу, що відображають функціональні компенсаторні механізми, необхідні для виконання односторонніх рухів. Зокрема, асиметрія

тулуба пов'язана з підвищеною активністю м'язів-стабілізаторів на контралатеральній стороні.

Сила верхніх кінцівок є важливим фактором, що позитивно впливає на симетрію тулуба. Це підкреслює важливість розвитку симетричної силової бази для підтримки правильної постави.

Результати дослідження обґрунтовують необхідність впровадження комплексного підходу до тренувального процесу, що включає регулярний кількісний моніторинг постави, збалансування тренувальних навантажень та використання цільових корекційних вправ для мінімізації дезадаптивних асиметрій, підвищення ефективності та профілактики травматизму.

Фінансування та подяки

Автори висловлюють щире подяку Колосовій Олені Вікторівні за допомогу у проведенні цього дослідження. Це дослідження є частиною роботи за темою «Теоретико-методологічні та практичні основи фізичної реабілітації і спортивної медицини» (підтема 4.2 «Відновлення функціональних можливостей, діяльності та участі осіб різних нозологічних, професійних та вікових груп»). Номер державної реєстрації теми: 0121U107926.

Конфлікт інтересів відсутній.

Література

1. Nicholas JC, McDonald KA, Peeling P, Jackson B, Dimmock JA, Alderson JA, et al. Pole Dancing for Fitness. *J Strength Cond Res.* 2019;33(10):2704-10. PMID: 30507730. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002889.
2. Pfeiffer JL, Sowitzki SK, Schafer T, Euteneuer F. Effects of pole dance on mental well-being and the sexual self-concept-a pilot randomized-controlled trial. *BMC Psychol.* 2023; 11(1):274. DOI: 10.1186/s40359-023-01322-z. PMID: 37710349.
3. Naczka M, Kowalewska A, Naczka A. The risk of injuries and physiological benefits of pole dancing. *J Sports Med Phys Fitness.* 2020;60(6):883-8. DOI: 10.23736/S0022-4707.20.10379-7. PMID: 32162500.
4. Ruscello B, Esposito M, Pantanella L, Partipilo F, Lunetta L, D'Ottavio S. Biomechanics and Physiology in top level Pole Dancers. A case study. *J Phys Health Sports Med.* 2018:1-15. DOI: 10.36811/jphsm.2019.110001.

5. Kalata M, Maly T, Hank M, Michalek J, Bujnovsky D, Kunzmann E, et al. Unilateral and Bilateral Strength Asymmetry among Young Elite Athletes of Various Sports. *Medicina*. 2020;56(12):683. DOI: 10.3390/medicina56120683. PMID: 33321777.
6. Grabara M. Comparison of posture among adolescent male volleyball players and non-athlete. *Biol Sport*. 2014;32(1):79-85. DOI: 10.5604/20831862.1127286. PMID: 25729154.
7. Maloney SJ. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance. *J Strength Cond Res*. 2019;33(9):2579-93. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002608. PMID: 29742749.
8. Bussey MD. Does the demand for asymmetric functional lower body postures in lateral sports relate to structural asymmetry of the pelvis? *J Sci Med Sport*. 2010;13(3):360-4. DOI: 10.1016/j.jsams.2009.02.010. PMID: 19596607.
9. Paillard T. Asymmetry of Movement and Postural Balance and Underlying Functions in Humans. *Symmetry*. 2023;15(3):759. DOI: 10.3390/sym15030759.
10. Maffetone P. The assessment and treatment of muscular imbalance – The Janda Approach. *J Bodyw Mov Ther*. 2010;14(3):287-8. DOI: 10.1016/j.jbmt.2009.11.003.
11. Osqueizadeh R, Mohseni Bandpei MA, Rahmani N, Goudarzi HR, Ebadi A. Reliability and Validity of Observational Methods for Postural Load Assessment: An Updated Systematic Review. *Health Scope*. 2023;12(4):e137573. DOI: 10.5812/healthscope-137573.
12. Furlanetto TS, Sedrez JA, Candotti CT, Loss JF. Photogrammetry as a tool for the postural evaluation of the spine: A systematic review. *World J Orthop*. 2016;7(2):136-48. DOI: 10.5312/wjo.v7.i2.136. PMID: 26925386.
13. Irfan U, Asif S, Mumtaz M, Jamal S, Khalid F, Fatima K, et al. Prevalence of Poor Body Posture among Physiotherapists Using APECS. *J Health Rehabil Res*. 2024;4(1):1323-7. DOI: 10.61919/jhrr.v4i1.602.
14. Жарова ІО, Антонова ГП. Асиметрія м'язів у жінок, що займаються акробатикою на пілоні: результати дослідження з використанням міографії. *Експериментальна і клінічна медицина*. 2024;93(2):58-69. DOI: 10.35339/ekm.2024.93.2.zan.
15. Жарова ІО, Антонова ГП. Дослідження силової асиметрії у спортсменок, що займаються акробатикою на пілоні: аналіз результатів вимірювання за допомогою "Back-check". *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2025;(1):13-9. DOI: 10.32782/spmed.2025.1.2.
16. Trovato B, Roggio F, Sortino M, Zanghi M, Petrigna L, Giuffrida R, et al. Postural Evaluation in Young Healthy Adults Through a Digital and Reproducible Method. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2022;7(4):98. DOI: 10.3390/jfmk7040098. PMID: 36412760.
17. Welling A, Gurudut P, Shirodkar G, Shetye N, Khan S. Validation of non-radiographic APECS software in comparison with standard radiographic measurement of full-length lower limb hip-knee-ankle angle in elderly obese women. *Physiother Q*. 2023;31(1):90-4. DOI: 10.5114/pq.2023.119865.
18. Wanke EM, Schreiter J, Groneberg DA, Weisser B. Muscular imbalances and balance capability in dance. *J Occup Med Toxicol*. 2018;13(1):36. DOI: 10.1186/s12995-018-0218-5. PMID: 30534189.
19. Kochman M, Cmela G, Kasperek W, Guzik A, Druzbecki M. Body Posture and Low Back Pain: Differences between Folk and Ballroom Dancers. *Healthcare*. 2024;12(2):137. DOI: 10.3390/healthcare12020137. PMID: 38255027.

20. Smith D, Noorbhai H. Prevalence of muscle imbalance and its potential influence on injury among female acrobatic dancers. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2022;8(2):e001322. DOI: 10.1136/bmjsem-2022-001322. PMID: 35722046.
21. Pavlovic M, Ogrinc N, Sarabon N. Body asymmetries as risk factors for musculoskeletal injuries in dancesport, hip-hop and ballet dancers? *Eur J Transl Myol.* 2022 Nov 28;32(4): 11020. DOI: 10.4081/ejtm.2022.11020. PMID: 36445245.
22. Ruggieri RM, Costa PB. Contralateral Muscle Imbalances and Physiological Profile of Recreational Aerial Athletes. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2019;4(3):49. PMID: 33467364. DOI: 10.3390/jfmk4030049.
23. Steen JP, Jaiswal KS, Kumbhare D. Myofascial Pain Syndrome: An Update on Clinical Characteristics, Etiopathogenesis, Diagnosis, and Treatment. *Muscle Nerve.* 2025;71(5):889-910. DOI: 10.1002/mus.28377. PMID: 40110636.
24. Grassi GP, Santini T, Lovecchio N, Turci M, Ferrario VF, Sforza C. Spatiotemporal consistency of trajectories in gymnastics: a three-dimensional analysis of flic-flac. *Int J Sports Med.* 2005;26(2):134-8. DOI: 10.1055/s-2004-817861. PMID: 15726489.

Zharova I.O., Antonova H.P.

POSTURAL ASYMMETRY IN FEMALE ATHLETES ENGAGED IN POLE ACROBATICS: A VISUAL SCREENING STUDY

This study aimed to quantitatively assess postural asymmetry in experienced female pole athletes using a visual screening system and to correlate these findings with previously obtained neuromuscular and strength data from the same cohort, providing an integrated analysis. The study involved 20 female athletes (age 23–40 years, with over 18 months of experience) who underwent postural assessment using the automated APECS (AI Posture Evaluation and Correction System). Key metrics, including the Horizontal Deviation Index (HDI), Frontal Alignment Index (FAI), and various trunk symmetry indices (Posterior Trunk Symmetry Index, POTSI; Asymmetry Trunk Symmetry Index, ATSI; General Trunk Index, GTI), were calculated. These postural data were then analyzed for correlations with prior electromyography and dynamometry measurements using Spearman's correlation. While athletes demonstrated excellent postural control in the horizontal plane, the study identified significant asymmetries in the frontal plane and overall trunk symmetry. These deviations were strongly correlated with specific patterns of muscle imbalance, notably heightened activity in the contralateral m. sternocleidomastoideus and altered activity in the m. latissimus dorsi. This linkage suggests the asymmetries are not arbitrary but represent functional compensatory mechanisms developed in response to the sport's unilateral demands. The observed asymmetries are functional adaptations to the sport's unilateral demands, driven by right-hand dominance. While essential for performance, these adaptations create muscular imbalances that heighten long-term injury risk. Therefore, a comprehensive management strategy is recommended, featuring balanced bilateral training, targeted corrective exercises, and regular postural monitoring to support athlete health and longevity.

Keywords: *muscle imbalance, physical rehabilitation, compensatory mechanisms, injury prevention, sports biomechanics.*

Надійшла до редакції 24.02.2025

Прийнята до опублікування: 28.06.2025

Опублікована 30.06.2025

Відомості про авторів

Жарова Ірина Олександрівна – доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор, професор кафедри фізичної терапії та ерготерапії Національного університету фізичного виховання та спорту України, м. Київ.

Адреса: Україна, 03150, м. Київ, вул. Фізкультури, 1.

E-mail: aniri2002@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8904-9446.

Антонова Ганна Павлівна – аспірант кафедри фізичної терапії та ерготерапії Національного університету фізичного виховання і спорту України, м. Київ.

Адреса: Україна, 03150, м. Київ, вул. Фізкультури, 1.

E-mail: antonovapolesport@gmail.com

ORCID: 0009-0003-1229-6216.