

## Фізична терапія, реабілітація та спортивна медицина

УДК: 614.8:616-001/-009

## АСИМЕТРИЯ М'ЯЗІВ У ЖІНОК, ЯКІ ЗАЙМАЮТЬСЯ АКРОБАТИКОЮ НА ПІЛОНІ: РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ МІОГРАФІЇ

**Жарова І.О., Антонова Г.П.**

*Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна*

Було проведено дослідження диспропорцій у розвитку м'язових груп серед жінок-спортсменів першого та другого періодів зрілого віку, що займаються акробатикою на пілоні. Основна гіпотеза дослідження передбачала, що м'язи на домінуючій стороні тіла спортсменів мають вищий рівень електромагнітної активності та частоти м'язових скорочень, що може вказувати на дисбаланс їх розвитку. З метою перевірки гіпотези, методом інтерференційної міографії були виміряні показники роботи різних м'язових груп на обох сторонах тіла у фазі спокою та при максимальному напруженні. Були проаналізовані середні та максимальні показники частоти м'язових скорочень, співвідношення амплітуди до частоти м'язових стимулів, максимальна та середня амплітуди електричного сигналу м'яза. Результати дослідження показали, що деякі м'язові групи, такі як Erector Spinae Spinalis, Sternocleidomastoideus та External Abdominal Oblique, не демонстрували статистично значущих асиметрій у розвитку. Однак інші групи, такі як Erector Spinae Longissimus, Latissimus Dorsi, Trapezius та Pectoralis Major, виявили виражені ознаки асиметрії. Висновки дослідження підтверджують, що у спортсменів, які займаються акробатикою на пілоні, існують асиметрії у роботі певних м'язових груп. Ці результати можуть бути важливими для планування тренувальних програм, спрямованих на покращення симетрії та оптимізації роботи м'язової системи та профілактики травматизації. Детальне розуміння цих асиметрій може допомогти спортсменам покращити спортивні результати та зменшити ризик травм.

**Ключові слова:** м'язова асиметрія, жінки-спортсмени, акробатика на пілоні, електроміографія.



**Цитуйте українською:** Жарова ІО, Антонова ГП.

Асиметрія м'язів у жінок, які займаються акробатикою на пілоні: результати дослідження методом міографії.

Експериментальна і клінічна медицина. 2024;93(2):58-69.

<https://doi.org/10.35339/ekm.2024.93.2.zan>

**Cite in English:** Zharova I, Antonova H. Asymmetry of muscles in women engaged in pole acrobatics: study results using myography.

Experimental and Clinical Medicine. 2024;93(2):58-69.

<https://doi.org/10.35339/ekm.2024.93.2.zan> [in Ukrainian].

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

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

### Вступ

Попереднє дослідження методом анкетування спортсменів, що займаються Акробатикою на Пілоні (АнП), показало можливість поширеності серед їх популяції диспропорцій у фізичному розвитку між правою та лівою сторонами тіла. Також виявлено, що серед спортсменів, які повідомляли про такі диспропорції, значно частіше виникають випадки травматизації в результаті тренувань [1]. Асиметричний рух особливий тим, що одна з кінцівок (зазвичай домінуюча) проявляє вищий рівень м'язової активності, адаптації та моторної рекрутації [2]. Враховуючи це, а також те, що м'язовий дисбаланс може бути причиною травматизації при виконанні акробатичних вправ [3; 4], нами було вирішено провести дослідження, яке підтвердить або спростує поширеність такого дисбалансу серед спортсменів у АнП. Дослідивши джерела та визначивши фактори, що можуть ідентифікувати асиметрію, нами був обраний метод інтерференційної міографії як найповніше відповідний нашим цілям [1; 5–10].

**Метою** даного дослідження серед спортсменів, що займаються акробатикою на пілоні, було визначити типові для цього напрямку спортивної діяльності групи м'язів з ознаками диспропорцій між правою та лівою стороною; а також перевірити робочу гіпотезу про те, що м'язи на домінантній стороні тіла мають виявляти вищий рівень електромагнітної активності та частоти м'язових скорочень.

### Матеріали та методи

Це дослідження проводилося на базі науково-дослідного інституту Націо-

нального університету фізичного виховання і спорту України на обладнанні для інтерференційної міографії: нейродіагностичному комплексі Nicolet Viking Select (корпорація VIASYS Healthcare, США) та на базі спортивного центру Super Nova на нейроміографі M-TEST ONE- 2 (DX-системи, Україна).

Обчислення показників проводилося за допомогою програмного забезпечення Statistica версія 10 від StatSoft Inc. (Tusla, OK, USA). Застосовувався метод критерію знаків для порівняння показників м'язів правої та лівої сторони тіла. У дослідженні приймали участь дві групи жінок-спортсменів АнП віком від 21 до 47 років з правою домінантною рукою (35 осіб першого періоду зрілого віку (21–35 років) та 25 осіб другого періоду зрілого віку (36–57 років)). Мінімальний тренувальний стаж спортсменів у АнП складав 18 місяців. Характеристики груп обстежених спортсменів наведені у *таблиці 1*. Всі спортсмени приймали участь у дослідженні на волонтерських засадах і дали на це свою письмову згоду.

*Таблиця 1. Характеристики досліджуваної групи жінок, що займаються акробатикою на пілоні*

Характеристика	Значення
Вік, років	33,5±10,5
Досвід, років	6,7±4,9
Маса тіла, кг	59,1±10,4
Зріст, см	168,5±18,5

Дані інтерференційної міографії отримували за допомогою зазначеного обладнання. Досліджуваний лягав на ку-

шетку, після чого на його шкірі в області цільових м'язів попарно закріплювалися одноразові електроди SKINTACT rt 34. Дослідження охоплювало м'язи Erector Spinae Longissimus, Erector Spinae Spinalis, Trapezius, Sternocleidomastoideus, Latissimus Dorsi, Pectoralis Major та External Abdominal Oblique правої та лівої сторони тіла [4; 11–13]. Кожен з цільових м'язів досліджувався окремо. Дослідження кожного м'яза складалося з 4 проб. Одна проба проводилася у фазі спокою, коли досліджуваний лежав у зручній позиції і намагався максимально розслабити м'язи. Ще 3 проби проводилися у період максимального статичного навантаження, коли досліджуваний лежав та максимально напружував цільовий м'яз на правій та лівій стороні тіла одночасно. Таким чином, з кожного досліджуваного були зняті показники міографії (28 проб) з м'язів:

- Erector Spinae Longissimus (1 проба фази спокою та 3 проби при максимальному навантаженні);

- Erector Spinae Spinalis (1 проба фази спокою та 3 проби при максимальному навантаженні);

- Trapezius (1 проба фази спокою та 3 проби при максимальному навантаженні);

- Sternocleidomastoideus (1 проба фази спокою та 3 проби при максимальному навантаженні);

- Latissimus Dorsi (1 проба фази спокою та 3 проби при максимальному навантаженні);

- Pectoralis Major (1 проба фази спокою та 3 проби при максимальному навантаженні);

- External Abdominal Oblique (1 проба фази спокою та 3 проби при максимальному навантаженні).

Між пробами учасники мали відпочинок 1–2 хвилини.

Результати, що були отримані з кожної проби склалися з:

1.  $F_{\bar{x}}$  – середньої частоти м'язових скорочень (Гц);

2.  $A/F$  – співвідношення амплітуди (A) до частоти (F) м'язових стимулів (мкВ•с);

3.  $A_{\max}$  – максимальної амплітуди електричного сигналу м'яза (мкВ);

4.  $A_{\bar{x}}$  – середньої амплітуди електричного сигналу м'яза (мкВ).

Для порівнянь відбиралися значення  $F_{\bar{x}}$ , Гц;  $A/F$ , мкВ•с;  $A_{\max}$ , мкВ;  $A_{\bar{x}}$ , мкВ, кожного окремого м'яза з правої та лівої сторони у фазі спокою, а також максимальні та середні значення з трьох проб  $F_{\bar{x}}$ , Гц;  $A/F$ , мкВ•с;  $A_{\max}$ , мкВ;  $A_{\bar{x}}$ , мкВ, для кожного м'яза з правої та лівої сторони при максимальному напруженні.

Описову статистику було проведено з урахуванням показників центральної тенденції, яка представлена середнім значенням плюс-мінус стандартним відхиленням ( $X \pm SD$ ), а також 95 % довірчим інтервалом (95 % ДІ). Застосування тесту Шапіро-Уїлка (*рис.*) показало відсутність нормального розподілу даних ( $p < 0,05$ ) у таких показниках як амплітуда сигналу, площа під кривою та латентний час реакції. Тому для обчислень було обрано непараметричну статистику. Порівняння двох залежних змінних (цільові м'язи правої та лівої сторони тіла) було проведено методом аналізу знаків. На гістограмі середнє значення  $A_{\bar{x}}$  для Erector Spinae Spinalis зліва склало 0,86 ( $p = 0,01$ ), що призвело до відхилення гіпотези про нормальність розподілу даних. Прийнятий рівень значущості був встановлений  $p < 0,05$ . За результатами аналізу U-критерію Манна-Уїтні було зроблено висновок, що вік не має статистично значущого впливу на вивчені показники вибірок, що демонструється відсутністю статистично значущих різниць між віковими групами, а критерій Брауна-Форсайта, показав відсутність статистично значущих відмінностей у однорідності

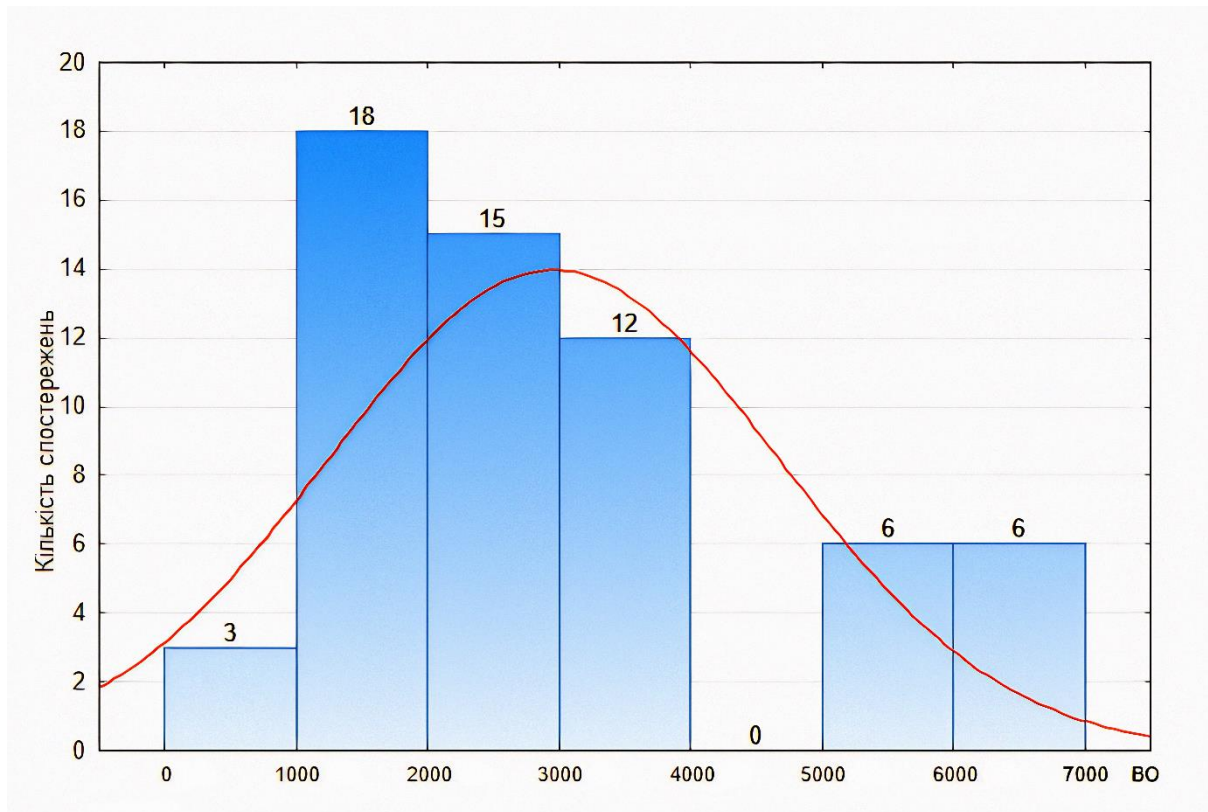


Рис. Результат тесту Шапіро-Уїлка, який використовувався для перевірки нормальності розподілу даних.

дисперсій двох досліджуваних вікових груп. В результаті цього дві вікові групи були об'єднані в одну для подальшого аналізу.

### Результати

У таблиці 2 наведено порівняння параметрів м'яза Erector Spinae Longissimus між лівою та правою сторонами. Для кожного параметра наведено число неспівпадінь, відсоток випадків, коли значення на лівій стороні менше за значення на правій ( $v < V$ ), статистичний знак ( $Z$ ) та рівень значущості ( $p$ ).

Максимальне значення м'язового струму ( $A/F$ , мкВ•с) на лівій стороні було значно меншим за значення на правій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про дисбаланс у м'язовій активності між сторонами. Була виявлена незначна недостовірна ( $p > 0,05$ ) різниця найвищої частоти м'язових стиснень ( $F_{max}$ , Гц) між сторонами.

Максимальне значення м'язового струму ( $A_{max}$ , мкВ) на лівій стороні було значно меншим за значення на правій ( $p < 0,01$ ), що також свідчить про дисбаланс у м'язовій активності між сторонами.

Середнє значення м'язового струму ( $A_{\bar{x}}$ , мкВ) на лівій стороні було значно меншим за значення на правій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про асиметрію при середньому рівні м'язової активності.

Середнє значення частоти м'язових стиснень ( $F_{\bar{x}}$ , Гц) у стані спокою на лівій стороні було значно меншим за значення на правій ( $p < 0,05$ ), що вказує на дисбаланс у м'язовій активності між сторонами у стані спокою.

Максимальне значення м'язового струму ( $A_{max}$ , мкВ) у стані спокою: значення на лівій стороні було значно меншим за значення на правій ( $p < 0,01$ ), що

також свідчить про дисбаланс у м'язовій активності між сторонами у стані спокою.

Середнє значення м'язового струму ( $A_{\bar{x}}$ , мкВ) у стані спокою на лівій стороні було значно меншим за значення на правій ( $p < 0,01$ ), що також свідчить про асиметрію при середньому рівні м'язової активності у стані спокою.

У таблиці 3 наведено порівняння параметрів м'яза Erector Spinae Spinalis між лівою та правою сторонами.

Визначена статистично не значуща ( $p > 0,05$ ) різниця максимального значен-

ня м'язового струму ( $A/F$ , мкВ•с) між сторонами, та статистично не значуща ( $p > 0,05$ ) різниця найвищої частоти м'язових стиснень ( $F_{\max}$ , Гц): між сторонами ( $p > 0,05$ ).

Максимальне значення м'язового струму ( $A_{\max}$  мкВ) на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,05$ ), що свідчить про домінування правої сторони при максимальному значенні м'язового струму.

Середнє значення м'язового струму ( $A_{\bar{x}}$ , мкВ) на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,01$ ),

Таблиця 2. Результати порівняння параметрів активності пари м'язів Erector Spinae Longissimus на лівій та правій стороні методом аналізу знаків

Параметр для порівняння	N	$v < V$ , %	Z	p
Найвище співвідношення амплітуди до частоти $A/F_{\max}$ , мкВ•с	60	15,00	2,91	0,00
Найвища частота $F_{\max}$ , Гц	60	70,00	1,57	0,12
Максимальне значення амплітуди $A_{\max}$ , мкВ	60	10,00	3,35	0,00
Середнє співвідношення амплітуди до частоти $A/F_{\bar{x}}$ , мкВ•с	60	15,00	2,91	0,00
Середня частота $F_{\bar{x}}$ , Гц	60	70,00	1,57	0,12
Середнє значення амплітуди $A_{\bar{x}}$ , мкВ	60	15,00	2,91	0,00
Стан спокою:				
співвідношення амплітуди до частоти $A/F$ , мкВ•с	51	35,00	0,97	0,33
середня частота $F_{\bar{x}}$ , Гц	51	18,30	2,43	0,02
максимальне значення амплітуди $A_{\max}$ , мкВ	51	6,67	3,40	0,00
середнє значення амплітуди $A_{\bar{x}}$ , мкВ	51	18,30	2,43	0,02

Примітки (до таблиць 2–8):

N – кількість неспівпадінь;

v – значення для лівого м'яза;

V – значення для правого м'яза;

Z – критерій, що використовується для визначення статистичної значущості різниці між двома наборами даних;

p – значення ймовірності;

$F_{\max}$  – максимальне значення частоти;

$F_{\bar{x}}$  – середня значення частоти;

$A/F_{\max}$  – максимальний показник співвідношення амплітуди (A) до частоти (F) м'язових стимулів;

$A/F_{\bar{x}}$  – середній показник співвідношення амплітуди (A) до частоти (F) м'язових стимулів;

$A_{\bar{x}}$  – середнє значення амплітуди;

$A_{\max}$  – максимальне значення амплітуди.

Таблиця 3. Результати порівняння параметрів активності пари м'язів Erector Spinae Spinalis на лівій та правій стороні методом аналізу знаків

Параметр для порівняння	N	v<V, %	Z	p
Найвище співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>max</sub> , мкВ•с	60	50,00	-0,22	0,82
Найвища частота F <sub>max</sub> , Гц	60	60,00	0,67	0,50
Максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	60	50,00	-0,22	0,82
Середнє співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>̄</sub> , мкВ•с	60	50,00	-0,22	0,82
Середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	60	60,00	0,67	0,50
Середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	60	45,00	0,22	0,82
Стан спокою:				
співвідношення амплітуди до частоти A/F, мкВ•с	57	46,67	0,00	1,00
середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	57	36,67	0,92	0,36
максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	57	21,67	2,29	0,06
середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	57	10,00	3,21	0,01

що також свідчить про домінування правої сторони при середньому значенні м'язового струму.

Визначена статистично не значуща ( $p > 0,05$ ) різниця середнього значення частоти м'язових стиснень ( $F_{\bar{x}}$ , Гц) у стані спокою між сторонами.

Максимальне значення м'язового струму ( $A_{max}$ , мкВ) у стані спокою на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,05$ ), що свідчить про домінування правої сторони при максимальному значенні м'язового струму у стані спокою.

Середнє значення м'язового струму ( $A_{\bar{x}}$ , мкВ) у стані спокою: значення на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що також свідчить про домінування правої сторони при середньому значенні м'язового струму у стані спокою.

У таблиці 4 наведено порівняння параметрів м'яза Trapezius між лівою та правою сторонами.

Максимальне значення м'язового струму (A/F, мкВ•с) на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування

правої сторони при найвищому значенні м'язового струму.

Найвища частота м'язових стиснень ( $F_{max}$ , Гц) на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони при найвищій частоті м'язових стиснень.

Максимальне значення м'язового струму ( $A_{max}$ , мкВ) на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,05$ ), що також свідчить про домінування правої сторони при максимальному значенні м'язового струму.

Середнє значення м'язового струму ( $A_{\bar{x}}$ , мкВ) на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що також свідчить про домінування правої сторони при середньому значенні м'язового струму.

Була визначена статистично не значуща ( $p > 0,05$ ) різниця середнього значення частоти м'язових стиснень ( $F_{\bar{x}}$ , Гц) у стані спокою.

Максимальне значення м'язового струму ( $A_{max}$ , мкВ) у стані спокою на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,05$ ), що свідчить про

Таблиця 4. Результати порівняння параметрів активності пари м'язів Trapezius на лівій та правій стороні методом аналізу знаків

Параметр для порівняння	N	v<V, %	Z	p
Найвище співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>max</sub> , мкВ•с	60	5,00	3,80	0,01
Найвища частота F <sub>max</sub> , Гц	60	100,00	4,25	0,01
Максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	60	5,00	3,80	0,01
Середнє співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>̄</sub> , мкВ•с	60	5,00	3,80	0,01
Середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	60	100,00	4,25	0,01
Середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	60	5,00	3,80	0,01
Стан спокою				
співвідношення амплітуди до частоти A/F, мкВ•с	45	26,67	1,55	0,12
середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	45	26,67	1,55	0,12
максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	45	20,00	2,07	0,04
середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	45	20,00	2,07	0,04

домінування правої сторони при максимальному значенні м'язового струму у стані спокою.

Середнє значення м'язового струму (A<sub>̄</sub>, мкВ) у стані спокою на правій стороні було значно більшим за значення на лівій (p<0,05), що також свідчить про домінування правої сторони при середньому значенні м'язового струму у стані спокою.

У таблиці 5 наведено порівняння параметрів м'яза Sternocleidomastoideus

між лівою та правою сторонами. Була визначена статистично не значуща (p>0,05) різниця максимального значення м'язового струму (A/F, мкВ•с) найвищої частоти м'язових стиснень (F<sub>max</sub>, Гц), максимального значення м'язового струму (A<sub>max</sub>, мкВ), середнього значення м'язового струму (A<sub>̄</sub>, мкВ) та середнього значення частоти м'язових стиснень (F<sub>̄</sub>, Гц) у стані спокою.

У таблиці 6 наведено порівняння параметрів м'яза Latissimus Dorsi між лі-

Таблиця 5. Результати порівняння параметрів активності пари м'язів Sternocleidomastoideus на лівій та правій стороні методом аналізу знаків

Параметр для порівняння	N	v<V, %	Z	p
Найвище співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>max</sub> , мкВ•с	60	45,00	0,22	0,82
Найвища частота F <sub>max</sub> , Гц	60	55,00	0,22	0,82
Максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	60	35,00	1,12	0,26
Середнє співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>̄</sub> , мкВ•с	60	50,00	-0,22	0,82
Середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	60	50,00	-0,22	0,82
Середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	60	45,00	0,22	0,82
Стан спокою:				
співвідношення амплітуди до частоти A/F, мкВ•с	30	50,00	-0,32	0,75
середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	30	50,00	-0,32	0,75
максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	27	33,33	0,67	0,51
середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	30	50,00	-0,32	0,75

Таблиця 6. Результати порівняння параметрів активності пари м'язів *Latissimus Dorsi* на лівій та правій стороні методом аналізу знаків

Параметр для порівняння	N	$v < V$ , %	Z	p
Найвище співвідношення амплітуди до частоти $A/F_{\max}$ , мкВ•с	60	5,00	3,80	0,01
Найвища частота $F_{\max}$ , Гц	60	100,00	4,25	0,01
Максимальне значення амплітуди $A_{\max}$ , мкВ	60	5,00	3,80	0,01
Середнє співвідношення амплітуди до частоти $A/F_{\bar{x}}$ , мкВ•с	60	10,00	3,35	0,01
Середня частота $F_{\bar{x}}$ , Гц	60	100,00	4,25	0,01
Середнє значення амплітуди $A_{\bar{x}}$ , мкВ	60	10,00	3,35	0,01
Стан спокою:				
співвідношення амплітуди до частоти $A/F$ , мкВ•с	57	26,67	1,84	0,07
середня частота $F_{\bar{x}}$ , Гц	57	10,00	3,21	0,01
максимальне значення амплітуди $A_{\max}$ , мкВ	57	0,00	4,13	0,01
середнє значення амплітуди $A_{\bar{x}}$ , мкВ	57	0,00	4,13	0,01

вою та правою сторонами. Максимальне значення м'язового струму ( $A/F$ , мкВ•с) на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони при найвищому значенні м'язового струму.

Найвища частота м'язових стиснень ( $F_{\max}$ , Гц) на правій стороні було значно більшою за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони при найвищій частоті м'язових стиснень.

Максимальне ( $A_{\max}$ , мкВ) та середнє ( $A_{\bar{x}}$ , мкВ) значення м'язового струму на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони при максимальному та середньому значенні м'язового струму.

При вивченні параметрів у стані спокою ( $A/F$ , мкВ•с;  $F_{\bar{x}}$ , Гц;  $A_{\max}$ , мкВ; та  $A_{\bar{x}}$ , мкВ) було встановлено їх значне перевищення на правій стороні у порівнянні з лівою ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони при цих параметрах.

У таблиці 7 наведено порівняння параметрів м'яза *Pectoralis Major* між лівою та правою сторонами.

Максимальне значення м'язового струму ( $A/F$ , мкВ•с) на правій стороні було значно більшим за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони при найвищому значенні м'язового струму.

Найвища частота м'язових стиснень ( $F_{\max}$ , Гц) на правій стороні була значно більшою за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони при найвищій частоті м'язових стиснень.

Максимальне та середнє значення м'язового струму ( $A_{\max}$ , мкВ; та  $A_{\bar{x}}$ , мкВ) на правій стороні були значно більшими за значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони при максимальному та середньому значеннях м'язового струму.

Параметри у стані спокою ( $A/F$ , мкВ•с;  $F_{\bar{x}}$ , Гц;  $A_{\max}$ , мкВ; та  $A_{\bar{x}}$ , мкВ): на правій стороні також значно перевищували значення на лівій ( $p < 0,01$ ), що свідчить про домінування правої сторони.

У таблиці 8 наведено порівняння параметрів м'яза *External Abdominal Oblique* між лівою та правою сторонами.

Не було статистично значущої різниці ( $p > 0,05$ ) між лівою та правою сторонами за параметрами максимального



Таблиця 7. Результати порівняння параметрів активності пари м'язів *Pectoralis Major* на лівій та правій стороні методом аналізу знаків

Параметр для порівняння	N	v<V, %	Z	p
Найвище співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>max</sub> , мкВ•с	60	0,00	4,25	0,01
Найвища частота F <sub>max</sub> , Гц	60	95,00	3,80	0,01
Максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	60	5,00	3,80	0,01
Середнє співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>̄</sub> , мкВ•с	60	0,00	4,25	0,01
Середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	60	95,00	3,80	0,01
Середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	60	0,00	4,25	0,01
Стан спокою:				
співвідношення амплітуди до частоти A/F, мкВ•с	57	85,00	2,75	0,06
середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	57	15,00	2,75	0,06
максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	57	10,00	3,21	0,01
середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	57	15,00	2,75	0,06

Таблиця 8. Результати порівняння параметрів активності пари м'язів *External Abdominal Oblique* на лівій та правій стороні методом аналізу знаків

Параметр для порівняння	N	v<V, %	Z	p
Найвище співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>max</sub> , мкВ•с	60	55,00	0,22	0,82
Найвища частота F <sub>max</sub> , Гц	60	45,00	0,22	0,82
Максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	60	30,00	1,57	0,12
Середнє співвідношення амплітуди до частоти A/F <sub>̄</sub> , мкВ•с	60	55,00	0,22	0,82
Середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	60	60,00	0,67	0,50
Середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	60	50,00	-0,22	0,82
Стан спокою:				
співвідношення амплітуди до частоти A/F, мкВ•с	30	40,00	0,32	0,75
середня частота F <sub>̄</sub> , Гц	24	25,00	1,06	0,29
максимальне значення амплітуди A <sub>max</sub> , мкВ	24	25,00	1,06	0,29
середнє значення амплітуди A <sub>̄</sub> , мкВ	30	50,00	-0,32	0,75

значення м'язового струму (A/F, мкВ•с), найвищої частота м'язових стиснень (F<sub>max</sub>, Гц), максимального та середнього значень м'язового струму (A<sub>max</sub>, мкВ; та A<sub>̄</sub>, мкВ), параметрами A/F, мкВ•с; F<sub>̄</sub>, Гц; A<sub>max</sub>, мкВ; та A<sub>̄</sub>, мкВ; у стані спокою.

#### Обговорення результатів

Результати проведеного дослідження показали, що м'язи *Sternocleidomastoideus*

та *External Abdominal Oblique* на лівій та правій сторонах тіла у жінок-спортсменів першого та другого періодів зрілого віку, що займаються АНП, демонструють повну відсутність будь-яких статистично значущих асиметрій у розвитку та диспропорцій. Не зважаючи на те, що кількість неспівпадінь між показниками роботи цих м'язів правої та лівої сторін тіла коливалася між 40 % та

100 % випадків, значення цих показників не мали статистично значущої різниці, тому можуть не братися до уваги.

Показники порівнянь Erector Spinae Spinalis, хоч і демонстрували деякі статистично значущі розбіжності між правою та лівою стороною тіла, проте, не мали явних ознак асиметрії у розвитку у досліджуваній популяції. Кількість неспівпадінь між показниками лівої та правої сторін тіла у Erector Spinae Spinalis була на рівні 95–100 %, проте статистично значущі відмінності були зафіксовані лише серед середніх та пікових показників активності (м'язового струму) цього м'яза у стані спокою.

Показники роботи м'язів Erector Spinae Longissimus, Trapezius та Latissimus Dorsi на правій та лівій сторонах тіла досліджуваних груп демонстрували виражені ознаки асиметрії у розвитку та диспропорції, як і Pectoralis Major, що показав статистично значущу розбіжність по всім вимірюваним показникам правої та лівої сторін тіла.

#### Висновки

Результати аналізу даних інтерференційної міографії жінок-спортсменів ві-

ком від 23 до 47 років, які займаються акробатикою на пілоні, вказують на наявність асиметричної роботи м'язів Pectoralis Major, Latissimus Dorsi, Trapezius та Erector Spinae Longissimus. Було виявлено, що дані м'язи у досліджуваних виявляли ознаки асиметрії навіть у стані спокою, демонстрували наявну м'язову активність м'язів домінантної сторони навіть у період їх повного розслаблення.

Натомість, асиметрія роботи м'язів External Abdominal Oblique, Sternocleidomastoideus та Erector Spinae Spinalis у досліджуваних не була підтверджена, що може вказувати на більш однорідну роботу цих м'язів на обох сторонах тіла.

Виявлені асиметрії у м'язовій роботі є важливими для подальшого розуміння балансу та функціонування м'язової системи у спортсменів, які займаються акробатикою на пілоні. Ці результати можуть бути корисні при профілактиці травматизації, плануванні реабілітаційних заходів та програм тренувань для покращення симетрії та оптимізації роботи м'язової системи.

**Конфлікт інтересів** відсутній.

#### Література

1. Антонова ГП. Дослідження причин, частоти та локалізації травм у спортсменів в акробатиці на пілоні. Експериментальна і клінічна медицина. 2023;92(1):71-81. DOI: 10.35339/ekm.2023.92.1.ant.
2. McGrath TM, Waddington G, Scarvell JM, Ball NB, Creer R, Woods K, Smith D. The effect of limb dominance on lower limb functional performance – a systematic review. J Sports Sci. 2016;34(4):289-302. DOI: 10.1080/02640414.2015.1050601. PMID: 26055387.
3. Rhon DI, Teyhen DS, Collins GS, Bullock GS. Predictive models for musculoskeletal injury risk: why statistical approach makes all the difference. BMJ Open Sport Amp Exerc Med. 2022;8(4):e001388. DOI: 10.1136/bmjsem-2022-001388. PMID: 36268503.
4. Kuthe CD, Uddanwadiker RV, Ramteke AA. Surface electromyography based method for computing muscle strength and fatigue of biceps brachii muscle and its clinical implementation. Inform Med Unlocked. 2018;12:34-43. DOI: 10.1016/j.imu.2018.06.004.
5. Sarabon N, Kozinc Z, Bishop C, Maffiuletti NA. Factors influencing bilateral deficit and inter-limb asymmetry of maximal and explosive strength: motor task, outcome measure and muscle group. Eur J Appl Physiol. 2020;120(7):1681-8. DOI: 10.1007/s00421-020-04399-1. PMID: 32472418.

6. Fukuhara S, Kawashima T, Oka H. Indices reflecting muscle contraction performance during exercise based on a combined electromyography and mechanomyography approach. *Sci Rep.* 2021;11(1):21208. DOI: 10.1038/s41598-021-00671-2. PMID: 34707172.
7. Cifrek M, Medved V, Tonkovic S, Ostojic S. Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics. *Clin Biomech.* 2009;24(4):327-40. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2009.01.010. PMID: 19285766.
8. Georgakis A, Stergioulas LK, Giakas G. Fatigue analysis of the surface EMG signal in isometric constant force contractions using the averaged instantaneous frequency. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2003;50(2):262-5. DOI: 10.1109/tbme.2002.807641. PMID: 12665043.
9. Ozgoren NS, Arıtan S. Peak counting in surface electromyography signals for quantification of muscle fatigue during dynamic contractions. *Medical Engineering & Physics.* 2022;107:103844. DOI: 10.1016/j.medengphy.2022.103844. PMID: 36068026.
10. Hao Z, Xie L, Wang J, Hou Z. Spatial distribution and asymmetry of surface electromyography on lumbar muscles of soldiers with chronic low back pain. *Pain Res Manag.* 2020;2020:6946294. DOI: 10.1155/2020/6946294. PMID: 33163126.
11. Granata KP, Orishimo KF. Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability. *J Biomech.* 2001;34(9):1117-23. DOI: 10.1016/s0021-9290(01)00081-1. PMID: 11506782.
12. Moreau CE, Green BN, Johnson CD, Moreau SR. Isometric back extension endurance tests: a review of the literature. *J Manip Physiol Ther.* 2001;24(2):110-22. DOI: 10.1067/mmt.2001.112563. PMID: 11208223.
13. Demoulin C, Vanderthommen M, Duysens C, Crielaard JM. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Jt Bone Spine.* 2006;73(1):43-50. DOI: 10.1016/j.jbspin.2004.08.002. PMID: 16461206.

*Zharova I., Antonova H.*

#### **ASYMMETRY OF MUSCLES IN WOMEN ENGAGED IN POLE ACROBATICS: STUDY RESULTS USING MYOGRAPHY**

This research aimed to investigate disparities in the development of muscle groups among female athletes in the first and second periods of mature age engaged in pole acrobatics. The hypothesis suggested that muscles on the dominant side of athletes' bodies would exhibit higher electromyographic activity and muscle contraction frequency, indicating developmental imbalances. To test this hypothesis using interference myography, indicators of muscle function on both sides of the body were measured during rest and maximal exertion phases. Mean and maximum muscle contraction frequencies, amplitude-to-frequency ratios of muscle stimuli, and maximum and mean amplitudes of muscle electrical signals were analyzed. The findings revealed that some muscle groups, such as the Erector Spinae Spinalis, Sternocleidomastoideus, and External Abdominal Oblique, did not show statistically significant asymmetries in development. Although the Erector Spinae Spinalis showed some significant differences between the right and left sides, these did not indicate clear signs of asymmetry within the studied population. Conversely, the muscle performance indicators for the Erector Spinae Longissimus, Trapezius, and Latissimus Dorsi showed pronounced signs of asymmetry and disproportion. Similarly, the Pectoralis Major exhibited significant differences across all measured indicators between the right and left sides of the body. These findings confirm the presence of asymmetries in certain muscle groups among pole acrobatics athletes. The study underscores the necessity of designing training programs aimed at improving symmetry, optimizing muscle function, and preventing injuries. Understanding these asymmetries may help athletes enhance their

performance and reduce injury risk. The comprehensive analysis of muscle activity and asymmetries across various muscle groups provides valuable insights for improving training protocols and injury prevention strategies in pole acrobatics athletes.

**Keywords:** *muscular asymmetry, women athletes, pole acrobatics, electromyography.*

*Надійшла до редакції 12.05.2024*

### **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](mailto: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](mailto:antonovapolesport@gmail.com)

ORCID: 0009-0003-1229-6216.