

Фізична терапія, реабілітація та спортивна медицина

УДК: 614.8:616-001/-009

**ВПЛИВ ТРЕНУВАНЬ З АКРОБАТИКИ НА ПІЛОНІ
НА СТРУКТУРНІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗМІНИ
У М'ЯЗАХ ЖІНОК-СПОРТСМЕНОК****Жарова І.О., Антонова Г.П.***Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна*

Акробатика на пілоні є фізично вимогливим видом спортивної діяльності, що потребує високого рівня координації, швидкості реакції та витривалості м'язової системи. Тренування спричиняють структурні зміни м'язової і жирової тканини та впливають на нервову систему. У цьому дослідженні ми використовували ЕлектроНейроМіоГрафію (ЕНМГ) для оцінки сенсомоторної реакції, будови тіла за допомогою аналізатора Tanita (Tanita Europe GmbH, Японія) для виявлення змін м'язової маси, вмісту жиру та електричного опору тканин. У дослідженні взяли участь 20 жінок віком від 23 до 40 років, які регулярно займалися акробатикою на пілоні понад 18 місяців. Статистично значущих вікових відмінностей між досліджуваними показниками не виявлено, що дало змогу об'єднати всіх учасниць в одну групу для подальшого аналізу. ЕНМГ проводилась для оцінки реакції м'язів рук на стимуляцію зап'ястя та ліктя, а також для виявлення асиметрії між правою і лівою сторонами тіла. Аналіз складу тіла включав вимірювання вмісту жиру, маси тканин, що не містять жир, та електричного опору тканин рук, ніг і тулуба. Результати показали наявність асиметрії у функціональній активності м'язів рук, зокрема за амплітудою нервового сигналу та латентним часом реакції. Було виявлено, що латентний час реакції на стимуляцію правої руки суттєво відрізняється від показника для лівої руки ($p < 0,05$). Аналіз складу тіла також засвідчив відмінності в опорі та вмісті жиру між правими і лівими кінцівками, що може вказувати на нерівномірне розподілення фізичного навантаження. Виявлено достовірний ($p < 0,05$) зворотний сильний кореляційний зв'язок між рівнем жирової тканини та функціональною активністю м'язів ($r = -0,19$), що свідчить про вплив складу тіла на ефективність роботи нервово-м'язової системи. Це дослідження демонструє, що регулярні заняття акробатикою на пілоні можуть спричинити адаптаційні зміни у нервовій та м'язовій системах.

Ключові слова: *нервова асиметрія, електронейроміографія, компонентний склад тіла.*



Цитуйте українською: Жарова ІО, Антонова ГП. Вплив тренувань з акробатики на пілоні на структурні та функціональні зміни у м'язах жінок-спортсменок. Експериментальна і клінічна медицина. 2024;93(4):33-9. <https://doi.org/10.35339/ekm.2024.93.4.zan>

Cite in English: Zharova IO, Antonova HP. The impact of pole acrobatics training on structural and functional changes in the muscles of female athletes. Experimental and Clinical Medicine. 2024;93(4):33-9. <https://doi.org/10.35339/ekm.2024.93.4.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

Вступ

Сенсомоторна система є однією з ключових складових у фізичній підготовці спортсменів, особливо в таких видах спортивної діяльності, як акробатика на пілоні, що вимагає високої координації і швидкості реакції [1; 2]. Цей вид спортивної діяльності поєднує складні рухи з високим навантаженням на різні групи м'язів, що може викликати значні зміни у функціональному стані нервової системи та структурі м'язової тканини [3].

Попередні наші дослідження продемонстрували, що фізичні навантаження можуть сприяти зміні активності сенсомоторної системи. Наприклад, було виявлено, що регулярні заняття акробатикою на пілоні спричиняють адаптацію нервової системи, зокрема зміни часу реакції та координації. Проте вплив цих навантажень на структурні зміни в м'язовій тканині не досліджувався. Наявність асиметрії у функціональних показниках нервової системи, виявленої у акробатів на пілоні під час тренувань, свідчить про можливі асиметричні структурні зміни м'язів, зокрема через неоднакове навантаження на праву та ліву сторони тіла [3].

Сучасні методи дослідження дозволяють точніше виявляти зміни як у функціональному стані нервової системи, так і в структурі м'язової тканини. Одним із таких методів є ЕлектроНейроМіоГрафія (ЕНМГ), яка дозволяє оцінити реакцію периферичної нервової системи на навантаження [4; 5]. Крім того, аналіз компонентного складу тіла з використанням аналізатора Tanita (Tanita Europe GmbH, Японія) дозволяє дослідити зміни в м'язовій масі, вмісту жирової тка-

нини та гідратації частин тіла [6; 7], виявити як функціональні, так і структурні зміни в м'язах, що можуть виникати внаслідок регулярних тренувань на пілоні.

Таким чином, дане дослідження поєднує методи ЕНМГ та аналізу складу тіла для виявлення впливу регулярних тренувань на функціональний стан нервової системи та структурні зміни у м'язовій тканині спортсменок, що займаються акробатикою на пілоні.

Метою цього дослідження було визначення впливу регулярних тренувань з акробатики на пілоні на параметри реакції сенсомоторної системи та структурні зміни м'язів у жінок, що регулярно займаються акробатикою на пілоні.

Завдання дослідження:

1. провести аналіз складу тіла (вміст жиру, маси тканин, що не містять жир (Fat-Free Mass, FFM), електричного опору тканин, різниці розвитку м'язів між правою та лівою сторонами тіла);
2. оцінити кореляційний зв'язок статистично значущих показників ЕНМГ з показниками аналізу складу тіла.

Матеріали і методи

Це дослідження проводилося на базі науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України на вагах-аналізаторі складу тіла Tanita (Tanita Europe GmbH, Японія).

У дослідженні взяли участь 20 жінок віком від 23 до 40 років, які регулярно займаються акробатикою на пілоні не менше 18 місяців, щонайменше 180 хвилин на тиждень. Спортсменки були поділені на дві групи: 10 осіб першого періоду зрілого віку (21–35 років) та 10 осіб другого періоду зрілого віку (36–57

років). Після виявлення відсутності статистично значущого впливу віку на показники дослідження (тест Мана-Уїтні, $p > 0,05$), учасниці були об'єднані в одну групу для спрощення аналізу результатів та підвищення статистичної потужності дослідження. Вибір групи дослідження був подібний до [3]. Характеристика групи наведена у таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристика досліджуваної групи та режиму тренувань.

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

Обчислення показників проводилося за допомогою програмного забезпечення Statistica ver. 10 (StatSoft Inc., USA). Застосовувався метод критерію знаків для порівняння показників м'язів правої та лівої сторони тіла, метод кореляції Спірмена, тест на нормальність розподілу даних Шапіро-Уїлка та тест Мана-Уїтні для порівняння даних дослідження двох незалежних груп. Парою для порівняння методом критерію знаків були органи правої та лівої частин тіла. Статистично значущими вважались результати в межах довірчого інтервалу 95 %. Всі спортсмени вказали, що вважають праву руку своєю домінантною. Всі спортсмени приймали участь у дослідженні на волонтерських засадах і дали на це свою письмову згоду.

Методика стимуляційної електронейроміографії використана для аналізу сомоторних реакцій за параметрами латентного часу реакції, амплітуди сигналу та асиметрії показників між правою та лівою сторонами тіла.

Аналіз складу тіла, що враховував показники зросту та рівня основного обміну, був проведений за допомогою ваг Tanita, які дозволили виміряти масу тіла та електричний опір всього тіла, рук і ніг та обрахувати такі показники:

- індекс маси тіла ($\text{кг}/\text{м}^2$);
- абсолютний та відносний вміст жиру (%);
- абсолютний вміст жиру (кг);
- маса тканин, що не містять жиру (FFM, кг);
- загальна кількість води в тілі (кг);
- вміст жиру та FFM для кожної кінцівки та тулуба.

Результати

Аналіз результатів ЕНМГ показав наявність асиметрії у функціональній активності між правою та лівою рукою спортсменок. Статистично значущі ($p < 0,05$) відмінності були виявлені в показниках амплітуди нервового сигналу при стимуляції зап'ястя та латентного часу реакції при стимуляції ліктьового згину (таблиця 2).

Аналіз результатів дослідження складу тіла показав статистично значущі відмінності між показниками опору рук та вмісту жирової тканини ніг на правій та лівій сторонах тіла (таблиця 3). Варто зауважити, що показники маси тканин, що не містять жир та прогнозованої м'язової маси між частинами правої та лівої сторін тіла не мали статистично значущих відмінностей.

Кореляційний зв'язок між статистично значущими показниками ЕНМГ та результатами аналізу складу тіла (таблиця 4) був виконаний за методом Спірмена, у зв'язку з відсутністю нормальності розподілу, що було доведено тестом Шапіро-Уїлка ($p < 0,05$).

Результати показують негативні кореляції, що вказує на зворотний зв'язок між рівнем жиру та функціональною активністю нервово-м'язової системи.

Таблиця 2. Результати електронейроміографії

| Анатомічна ділянка Показник | Кількість неспівпадінь | (v<V), % | Z | p |
|--------------------------------|---------------------------|----------|-------|------|
| Зап'ястя | | | | |
| Латентний час реакції, мс | 20 | 60,00 | 0,67 | 0,50 |
| Амплітуда сигналу, мкВ | 20 | 20,00 | 2,46 | 0,01 |
| Тривалість реакції, мс | 19 | 42,11 | 0,46 | 0,65 |
| Площа під кривою, мс×мВ | 18 | 50,00 | -0,24 | 0,81 |
| Ліктьовий згин | | | | |
| Латентний час реакції, мс | 20 | 25,00 | 2,01 | 0,04 |
| Амплітуда сигналу, мкВ | 20 | 60,00 | 0,67 | 0,50 |
| Тривалість реакції, мс | 19 | 36,84 | 0,92 | 0,36 |
| Площа під кривою, мс×мВ | 20 | 45,00 | 0,22 | 0,82 |

Таблиця 3. Результати аналізу складу тіла (критерій знаків)

| Анатомічна ділянка Показник | Кількість неспівпадінь | (v<V), % | Z | p |
|------------------------------------|---------------------------|----------|------|------|
| Опір ноги, Ом | 19 | 52,63 | 0,00 | 1,00 |
| Опір руки, Ом | 20 | 80,00 | 2,46 | 0,01 |
| Вміст жиру ноги, % | 20 | 25,00 | 2,01 | 0,04 |
| FFM ноги, кг | 15 | 60,00 | 0,52 | 0,61 |
| Вміст жиру руки, % | 15 | 6,67 | 3,10 | 0,01 |
| Прогнозована м'язова маса ноги, кг | 13 | 53,85 | 0,00 | 1,00 |
| Вміст жиру руки, % | 20 | 61,90 | 0,87 | 0,38 |
| Вміст жиру руки, кг | 6 | 66,67 | 0,41 | 0,68 |
| FFM руки, кг | 14 | 28,57 | 1,34 | 0,18 |
| Прогнозована м'язова маса руки, кг | 14 | 35,71 | 0,80 | 0,42 |

Примітки до таблиць 2 та 3:

FFM – маса тканин, що не містять жир;

v – кількість випадків, коли показник на правій стороні був меншим, ніж на лівій;

V – загальна кількість вимірювань для цієї анатомічної ділянки;

(v/V), % – відсоток випадків, коли значення на правій стороні було меншим, ніж на лівій;

Z – критерій, що визначає рівень асиметрії між правою та лівою сторонами;

p – рівень статистичної значущості.

Таблиця 4. Результати рангового кореляційного аналізу Спірмена

| Параметр | Вміст жиру | | |
|--|---------------|--------------|----------|
| | у правій руці | у лівій руці | у тулубі |
| Амплітуда сигналу у правому зап'ясті | -0,32 | -0,19 | -0,34 |
| Латентний час реакції у правому ліктьовому згині | -0,47 | -0,53 | -0,44 |

Обговорення

Аналіз результатів ЕНМГ показав наявність функціональної асиметрії між правою та лівою рукою у спортсменок. Амплітуда сигналу на правій руці була значно вищою, ніж на лівій ($p=0,01$), що може бути зумовлено домінантністю правої руки та регулярними навантаженнями. Затримка реакції на стимуляцію у правому ліктьовому згині також виявилася меншою ($p=0,04$), що свідчить про кращу координацію та швидкість реакції правої руки. Ці результати узгоджуються з попередніми дослідженнями, де було виявлено покращення реакційної здатності у спортсменів під впливом регулярних тренувань [3; 8; 9].

Аналіз складу тіла підтвердив наявність асиметрії у розподілі жирової тканини та електричного опору між правою та лівою сторонами. Статистично значущі відмінності у вмісті жиру між правими і лівими ногами досліджуваних ($p=0,04$) можуть свідчити про неоднакове навантаження на кінцівки під час тренувань. Однак маса тканин, що не містять жиру, та прогнозована м'язова маса не мали значущих відмінностей, що вказує на загальний збалансований розвиток м'язової системи.

Кореляційний аналіз виявив негативний зв'язок між вмістом жиру у різних частинах тіла та амплітудою нервового сигналу. Це свідчить про те, що вищий рівень жиру може впливати на ефективність нервово-м'язової активності. Зокрема, збільшення жирової маси асоціювалося з гіршими показниками сенсомоторної реакції, що може мати значення для оптимізації тренувального процесу.

Отримані результати підкреслюють важливість асиметрій та складу тіла під час підготовки спортсменів. Неоднакове навантаження може призвести до дисбалансу, що потенційно збільшує ризик травм і зниження ефективності виступів.

Використання електронейроміографії та аналізу складу тіла у комплексі дозволяє більш детально оцінити фізичний стан спортсменів та адаптувати тренувальні програми для уникнення асиметрій.

Висновки

Систематичні тренування з акробатики на пілоні викликають значні адаптаційні зміни, що проявляються на кількох рівнях: у нервовій, м'язовій і жировій тканинах. Результати електронейроміографії виявили асиметрію у функціональних показниках, таких як амплітуда нервового сигналу та латентний час реакції, зокрема різницю між правою та лівою сторонами тіла. Статистично значуща різниця в електричному опорі свідчить про структурні зміни м'язів під впливом нерівномірного навантаження. Асиметрія у жировій масі також підтверджує різний рівень фізичної активності кінцівок.

Виявлено негативну кореляцію між рівнем жирової тканини та функціональною активністю нервової системи, що підкреслює важливість оптимального складу тіла для покращення сенсомоторних функцій спортсменок. Це вказує на необхідність індивідуалізованого підходу при плануванні тренувальних програм, щоб врахувати особливості тіла та запобігти розвитку дисбалансів.

Перспективи подальших досліджень

Для більш глибокого розуміння адаптаційних змін у спортсменок необхідні подальші дослідження. Зокрема, варто оцінити силу м'язів правої та лівої сторін тіла й вивчити можливі порушення постави, що можуть виникати через нерівномірне навантаження. Це дозволить отримати комплексні дані про вплив регулярних занять акробатикою на пілоні на опорно-руховий апарат спортсменів і допоможе оптимізувати тренувальний процес для покращення спортивної про-

дуктивності та мінімізації ризиків травматизації.

Фінансування дослідження та подяки

Автори висловлюють щиру подяку Колосовій Олені Вікторівні за допомогу у проведенні цього дослідження.

Зв'язок з науковими планами, темами

Тема дисертаційної роботи, в рамках якої проведено дослідження: «Корекція порушень опорно-рухового апарату спортсменів в акробатиці на пілоні засобами фізичної терапії». Дисертаційна робота виконується згідно «Плану 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 авторів полягає у науково-методичному обґрунтуванні та розробці алгоритму корекції порушень опорно-рухового апарату спортсменів в акробатиці на пілоні засобами фізичної терапії.

Конфлікт інтересів відсутній.

Література

1. Myers JB, Lephart SM. The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *J Athl Train.* 2000;35(3):351-63. PMID: 16558648.
2. Urbin MA. Sensorimotor Control in Overarm Throwing. *Mot Control.* 2012;16(4):560-78. DOI: 10.1123/mcj.16.4.560 PMID: 23162067.
3. Zharova IO, Antonova NP. Electromyographic indicators study in female athletes engaged in pole acrobatics. *Inter Collegas.* 2025;12(1). Unpublished.
4. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. *J Athl Train.* 2002;37(1):85-98. PMID: 16558672
5. Cruz MW, Tendrich M, Vaisman M, Novis SA. Electroneuromyography and neuromuscular findings in 16 primary hypothyroidism patients. *Arq Neuro Psiquiatr.* 1996;54(1):12-8. DOI: 10.1590/s0004-282x1996000100002. PMID: 8736138.
6. Vasold KL, Parks AC, Phelan DM, Pontifex MB, Pivarnik JM. Reliability and Validity of Commercially Available Low-Cost Bioelectrical Impedance Analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29(4):406-10. DOI: 10.1123/ijsnem.2018-0283. PMID: 30507268.
7. Ritchie JD, Miller CK, Smiciklas-Wright H. Tanita Foot-to-Foot Bioelectrical Impedance Analysis System Validated in Older Adults. *J Am Diet Assoc.* 2005;105(10):1617-9. DOI: 10.1016/j.jada.2005.07.011. PMID: 16183365.
8. Mendez-Rebolledo G, Figueroa-Ureta R, Moya-Mura F, Guzman-Munoz E, Ramirez-Campillo R, Lloyd RS. The Protective Effect of Neuromuscular Training on the Medial Tibial Stress Syndrome in Youth Female Track-and-Field Athletes: A Clinical Trial and Cohort Study. *J Sport Rehabil.* 2021;30(7):1019-27. DOI: 10.1123/jsr.2020-0376. PMID: 33883301.
9. Niederer D, Plaumann U, Seitz T, Wallner F, Wilke J, Engeroff T, et al. How does a 4-week motor-cognitive training affect choice reaction, dynamic balance and cognitive performance ability? A randomized controlled trial in well-trained, young, healthy participants. *SAGE Open Med.* 2019;13:7:2050312119870020. DOI: 10.1177/2050312119870020. PMID: 31448120.

Zharova I.O., Antonova H.P.

THE IMPACT OF POLE ACROBATICS TRAINING ON STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES IN THE MUSCLES OF FEMALE ATHLETES

Pole acrobatics is a physically demanding sport requiring a high level of coordination, reaction speed, and muscular endurance. In addition to influencing the functional state of the nervous system, intense training induces structural changes in muscle and adipose tissue. In this study, we used ElectroNeuroMyoGraphy (ENMG) to assess sensorimotor responses and body composition analysis using the Tanita analyzer (Tanita Europe GmbH, Japan) to identify changes in muscle mass, fat content, and electrical resistance. The study involved 20 women aged 23 to 40 who had been regularly practicing pole acrobatics for over 18 months. The participants were divided into age groups, but no statistically significant differences were found by age, allowing the entire cohort to be analyzed as a single group. ENMG was conducted to evaluate the muscle response of the arms to stimulation of the wrist and elbow, and to detect asymmetry between the right and left sides of the body. Body composition analysis included measurements of fat content, Fat-Free Mass (FFM), and electrical resistance for the arms, legs, and torso. The results showed the presence of asymmetry in the functional activity of the arm muscles, particularly in terms of nerve signal amplitude and reaction latency. It was found that the reaction latency of the right arm differed significantly from that of the left ($p < 0.05$). Body composition analysis also revealed differences in resistance and fat content between the right and left limbs, indicating uneven distribution of physical load. Correlation analysis demonstrated an inverse relationship between fat tissue levels and functional muscle activity, suggesting that body composition affects the efficiency of the neuromuscular system. This study demonstrates that regular pole acrobatics training can induce adaptive changes in both the nervous and muscular systems.

Keywords: *neural asymmetry, electroneuromyography, body composition.*

Надійшла до редакції 22.10.2024

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

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.