

УДК 796.15.6:612.741

**ВІДМІННОСТІ ЕРГОГРАФІЧНИХ
ТА ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ ВИКОНАННЯ
ДИНАМІЧНИХ СУБМАКСИМАЛЬНИХ
НАВАНТАЖЕНЬ СПОРТСМЕНАМИ
РІЗНИХ СПЕЦІАЛІЗАЦІЙ****Любомир ВОВКАНИЧ¹,
Орест СТЕФАНИШИН¹,
Соломія КЛЕБАН², Наталя БОРОТЮК²**¹Львівський державний університет
фізичної культури, м. Львів, Україна,²Львівський національний університет
імені Івана Франка, м. Львів, Україна,
e-mail: lsvovkanych@gmail.com

Анотація. Актуальність пошуку нових методів оцінювання композиції м'язових волокон спортсменів зумовлена високою вартістю, складністю чи недоступністю наявних. Мета дослідження: описати особливості ергографічних та електроміографічних показників м'язів спринтерів та стаєрів під час виконання ними серії субмаксимальних динамічних скорочень. У дослідженні взяли участь 19 спринтерів та 13 стаєрів (чоловіки, I розряд–МС). Вони виконували серію динамічних скорочень тривалістю 3 хвилини і з частотою 30 скорочень/хвилину за допомогою ергографа Моссо. Реєстрували ергограму та інтерференційну електроміограму. Установлено, що для створення критеріїв неінвазивного оцінювання композиції м'язових волокон спортсменів доцільно використати зміни амплітуди субмаксимальних довільних скорочень, показник максимальної швидкості скорочення (зменшення довжини) м'язів та відносні зміни середньої амплітуди інтерференційної електроміограми.

Ключові слова: динамічні навантаження, електроміографія, ергографія, спринтери, стаєри.

Постановка проблеми. Відомо, що у складі скелетних м'язів людини наявні м'язові волокна кількох типів [14], що відрізняються за низкою властивостей. Зокрема, волокна I типу (повільні) мають меншу швидкість та силу скорочення, проте повільно втомлюються. На відміну від них, волокна II типу (швидкі) мають вищі показники сили і швидкості скорочень, проте явища втоми у волокнах такого типу розвиваються швидше [10, 14]. Співвідношення волокон різних типів у м'язі (композиція м'язових волокон) переважно визначається генетичними факторами [17, 16]. Наявність інформації про індивідуальні особливості складу м'язових волокон спортсмена дає змогу визначити його схильність до занять певними видами спорту та оптимізувати навчально-тренувальний процес [6]. Отож сьогодні пошук методів оцінювання композиції м'язових волокон спортсменів є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Висока вартість і необхідність взяття проби м'язової тканини (біопсії) ускладнює використання гістохімічних методів оцінювання композиції м'язових волокон спортсменів. У зв'язку з цим, багато досліджень присвячені пошуку неінвазивних методів визначення цього показника. До них належать електроміографічні [5], тензоміографічні [15], динамометричні [3]. Були також запропоновані підходи на основі вимірювання величини зусилля за різних швидкостей скорочення м'яза [8, 11, 12]. Кілька авторів запропонували тести, у яких композицію м'язових волокон спортсменів оцінюють за кількістю підходів, виконаних за величини зусилля на рівні 80–85 % від максимального. Це, наприклад, тести Ш. Полікіна [9], Ф. Гетфілда та Т. Пайпеса [13]. Усі ці тести потребують складного обладнання чи виконання досить важких фізичних навантажень. Ураховуючи це, ми здійснили спробу використати особливості виконання спортсменами субмаксимальних динамічних навантажень для створення неінвазивних критеріїв композиції м'язових волокон.

Мета дослідження – описати особливості ергографічних та електроміографічних показників м'язів спринтерів та стаєрів під час виконання ними серії субмаксимальних динамічних скорочень.

Методи та організація дослідження. У дослідженні взяли участь 19 спринтерів (бігуни на дистанції 100–400 м, спортивна кваліфікація – I розряд – КМС) та 13 стаєрів (бігуни на довгій дистанції та біатлоністи, КМС–МС). Реєстрацію ергограми скорочення м'язів передпліччя спортсменів виконували за допомогою комп'ютеризованого ергографа Моссо [4]. Досліджуваний виконував серію динамічних скорочень тривалістю 3 хвилини, з частотою 30 скорочень/хвилину. Маса тягарця – 2 кг. Аналіз ергограми виконували з використанням програмного забезпечення «Ergo» та Microsoft Office Excel 2010. Визначали амплітуду (А, мм), а також максимальну швидкість (V, см/с) скорочення (підйому тягарця) і розслаблення (опускання тягарця) м'язів спортсменів.

Реєстрацію інтерференційної електроміограми (ІЕМГ) виконували за допомогою електроміографа «Нейро-МВП-Микро» (ООО «Нейрософт», Російська Федерація) згідно зі стандартними вимогами [7]. Реєструвальний електрод розташовували на шкірі досліджуваного над ділянкою локалізації моторної точки m. palmaris longus [2]. Визначали такі показники ІЕМГ: середню амплітуду (V, мкВ) та середню частоту (f, Гц).

Статистичний аналіз отриманих даних проводили з використанням стандартних процедур програм Microsoft Excel 10.0 та SPSS 11.5 [1]. Використовували методи описової статистики з визначенням середньої арифметичної величини (М) та стандартної похибки середнього арифметичного (m). Для опису моделі залежності отриманих показників від тривалості виконання фізичного навантаження (кількості повторів) використовували регресійний аналіз. Міжгрупове порівняння даних проводили за допомогою непараметричного критерію Манна–Уїтні (U-критерій) [1].

Виклад основного матеріалу. Під час аналізу амплітуди субмаксимальних динамічних скорочень скелетних м'язів виявлено суттєву відмінність між групами спортсменів-стаєрів та спринтерів (рис. 1).

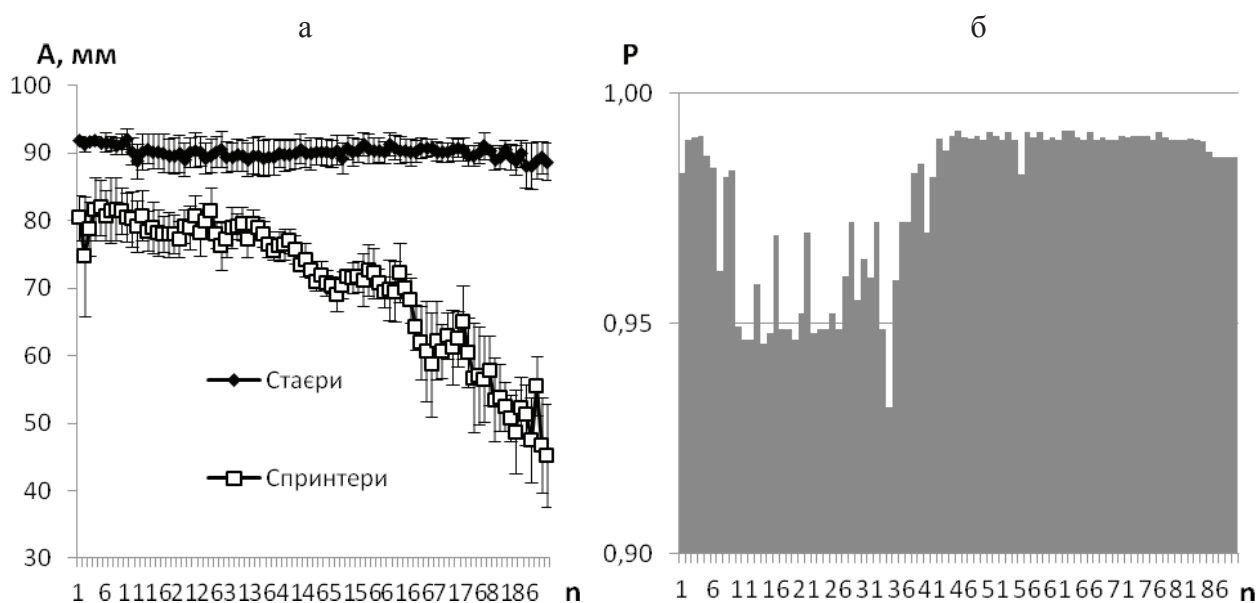


Рис. 1. Зміни максимальної амплітуди скорочень м'язів спортсменів (а) та оцінювання вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів.

За горизонтальною віссю – порядковий номер скорочення (n), за вертикальною – (а) максимальна амплітуда скорочення (А, кг); (б) вірогідність різниці між групами спортсменів (р за t-критерієм Стюдента)

Зокрема, у групі спринтерів виявлене зниження амплітуди після 45-го скорочення, хоча в групі стаєрів достовірних змін цього показника не було (рис. 1а). Статистично значу-

щу ($p < 0,05$) відмінність показників амплітуди скорочення між групами стаєрів та спринтерів спостерігається переважно в період до 8-го та після 35-го скорочення (рис. 1б). Виявлені відмінності можна пояснити різним відсотком повільних (окислювальних, з низькою швидкістю розвитку втоми) м'язових волокон у м'язах спортсменів-стаєрів.

Отримані відмінності між групами підтверджені під час аналізу відсотка змін амплітуди скорочень м'язів (рис. 2а).

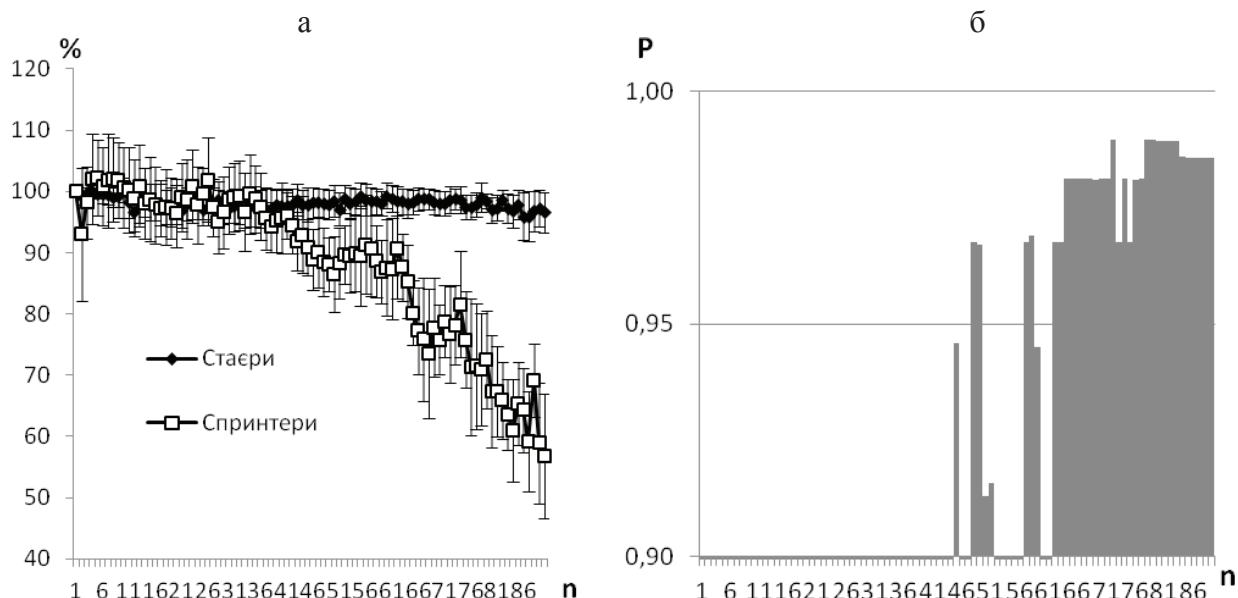


Рис. 2. Відносні зміни амплітуди скорочень м'язів спортсменів (а) та оцінювання вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів.

За вертикальною віссю (а) – зміни амплітуди скорочень м'язів (% за 100% взяло амплітуду першого скорочення). Інші позначення – див. рис. 1

Різниця між двома проаналізованими групами спортсменів досягає достатнього рівня статистичної значущості після 62-го скорочення (рис. 2б).

Аналіз максимальної швидкості скорочення м'язів (підйому тягарця) засвідчив, що упродовж серії скорочень цей показник зазнає змін переважно у групі спринтерів (рис. 3а).

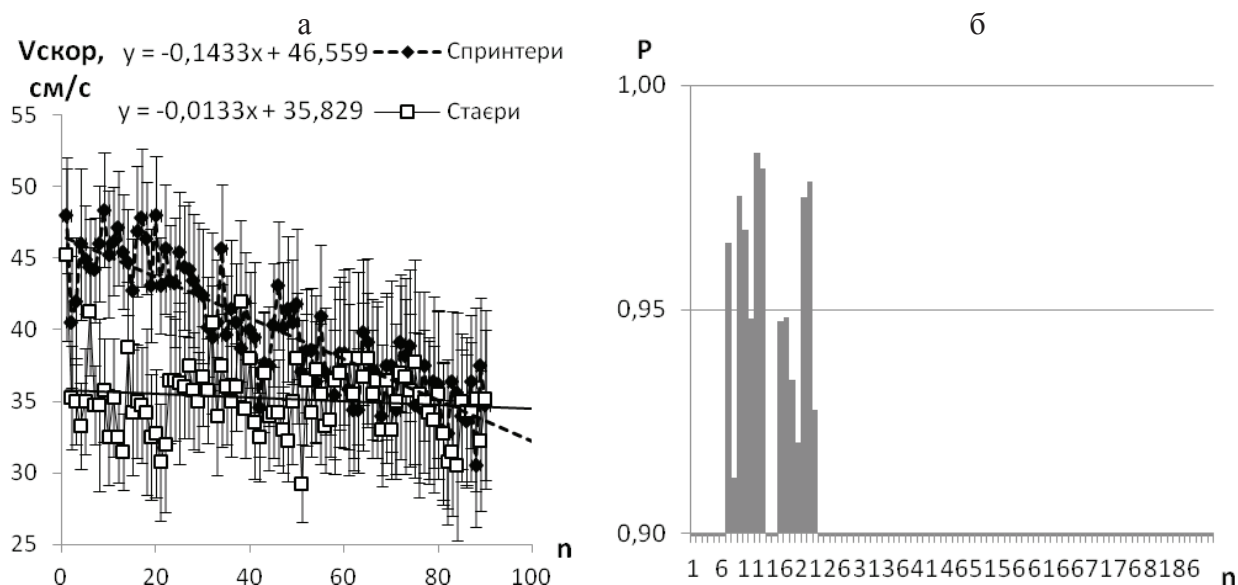


Рис. 3. Максимальна швидкість скорочення м'язів (а) та оцінювання вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів.

За вертикальною віссю (а) – максимальна швидкість скорочення м'язів (V_{скор}, см/с).

Інші позначення – див. рис. 1

У групі стаєрів виявлено лише поодинокі точки, у яких максимальна швидкість скорочення виявилася нижчою за початковий рівень. Регресійний аналіз (рис. 3а) вказує на відмінності в часовій динаміці показника швидкості скорочень між групами стаєрів та спринтерів. У групі спортсменів-спринтерів не виявлене практично лінійне зниження максимальної швидкості скорочення м'язів, достовірного рівня ці зміни набувають після 50-го скорочення. Установлено також, що упродовж перших 20 скорочень показник максимальної швидкості підйому тягарця був здебільшого вищим ($p < 0,05$) у групі спринтерів (рис. 3б). Такі відмінності можуть бути наслідком наявності в їхніх м'язах вищого відсотка м'язових волокон типу II, швидкість скорочення яких вища.

Максимальна швидкість розслаблення м'язів (опускання тягарця) поступово зменшується під час серії скорочень в обох групах (рис. 4а).

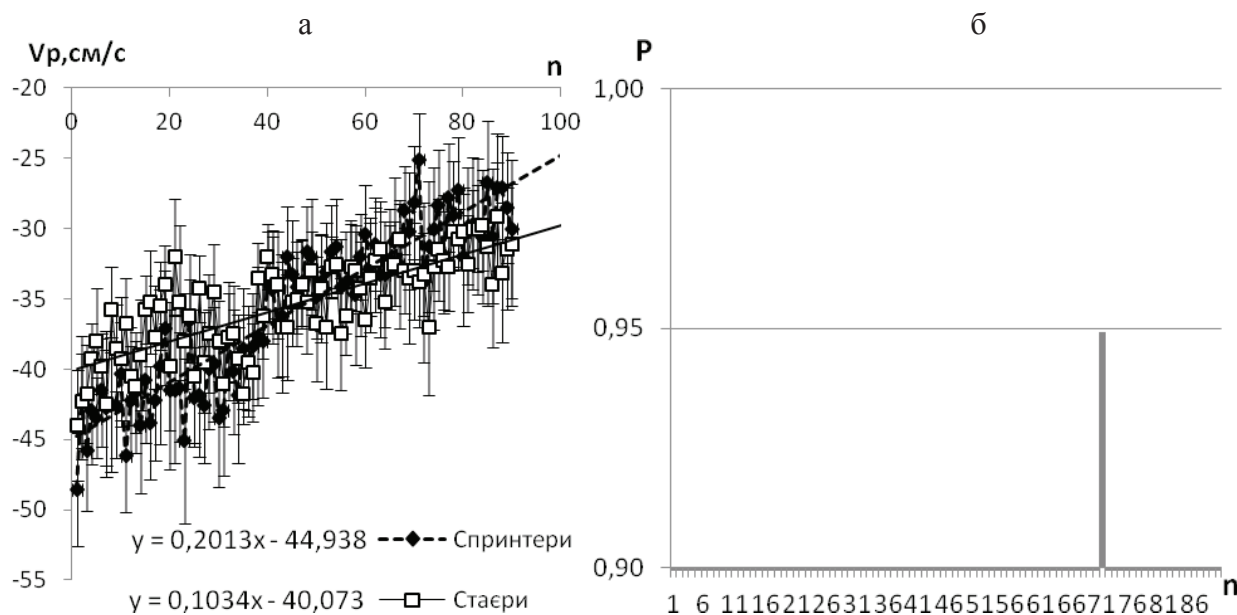


Рис. 4. Зміни швидкості розслаблення (а) та оцінювання вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів.

За вертикальною віссю (а) – максимальна швидкість розслаблення м'язів (V_p , см/с). Інші позначення – див. рис. 1

Статистично достовірне ($p < 0,05$) зменшення цього показника у спортсменів спостерігається переважно після 40-го скорочення. Хоча результати регресійного аналізу (рис. 4а) вказують на дещо меншу швидкість змін швидкості розслаблення в групі стаєрів, проте лише в одному випадку ми виявили статистично значущу різницю ($p < 0,05$) між двома групами (рис. 4б). Таким чином, хоча критерій зміни швидкості видовження (розслаблення) скелетних м'язів, вочевидь, може бути використаний для опису розвитку втими спортсменів, проте він малопридатний для аналізу відмінностей скелетних м'язів спортсменів різних спеціалізацій.

Результати регресійного аналізу вказують на тенденцію до підвищення середньої амплітуди ІЕМГ м'язів спортсменів під час виконання серії субмаксимальних динамічних скорочень (рис. 5а). Ця тенденція була більшою мірою виражена в групі стаєрів. Проте у зв'язку зі значними індивідуальними коливаннями статистично значуще ($p < 0,05$) підвищення середньої амплітуди ІЕМГ у групі стаєрів спостерігається лише після 70-го скорочення, а у групі спринтерів зміни не досягали належного рівня статистичної достовірності. Різницю між групами виявлено лише в кількох випадках (рис. 5б).

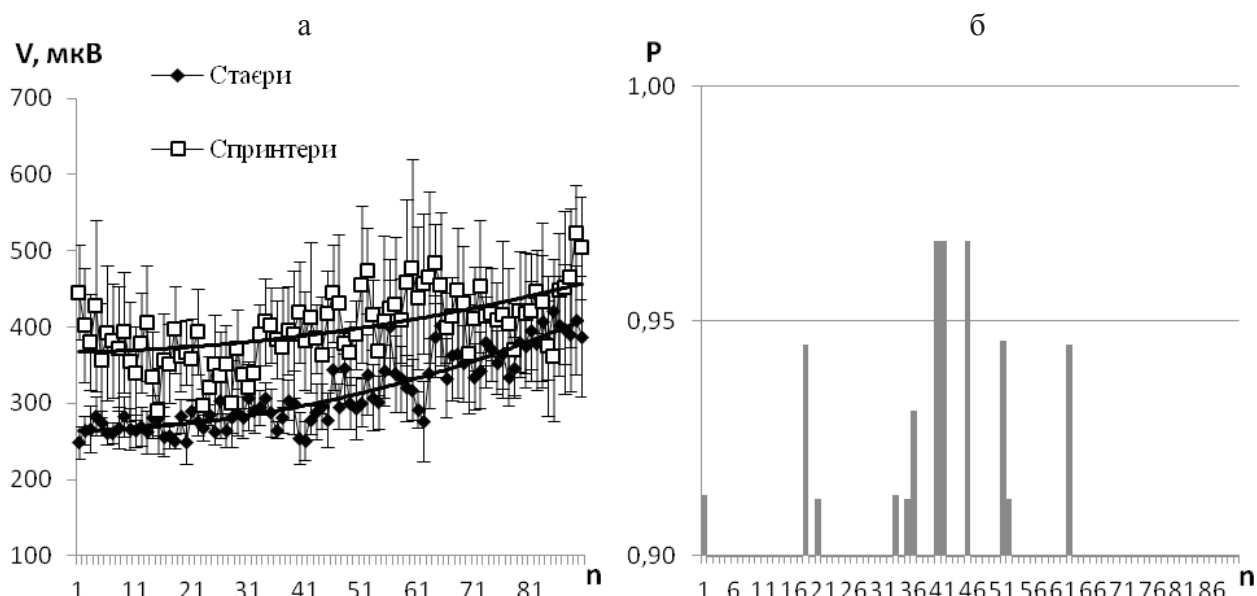


Рис. 5. Зміни середньої амплітуди ІЕМГ (а) та оцінювання вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів.

За вертикальною віссю (а) – середня амплітуда ІЕМГ (V , мкВ).

Інші позначення – див. рис. 1

Для зменшення впливу індивідуальних коливань амплітуди електричного сигналу на опис часової динаміки його змін під час виконання фізичних навантажень ми використали аналіз відсоткових змін середньої амплітуди ІЕМГ порівняно з початковим рівнем (рис. 6а).

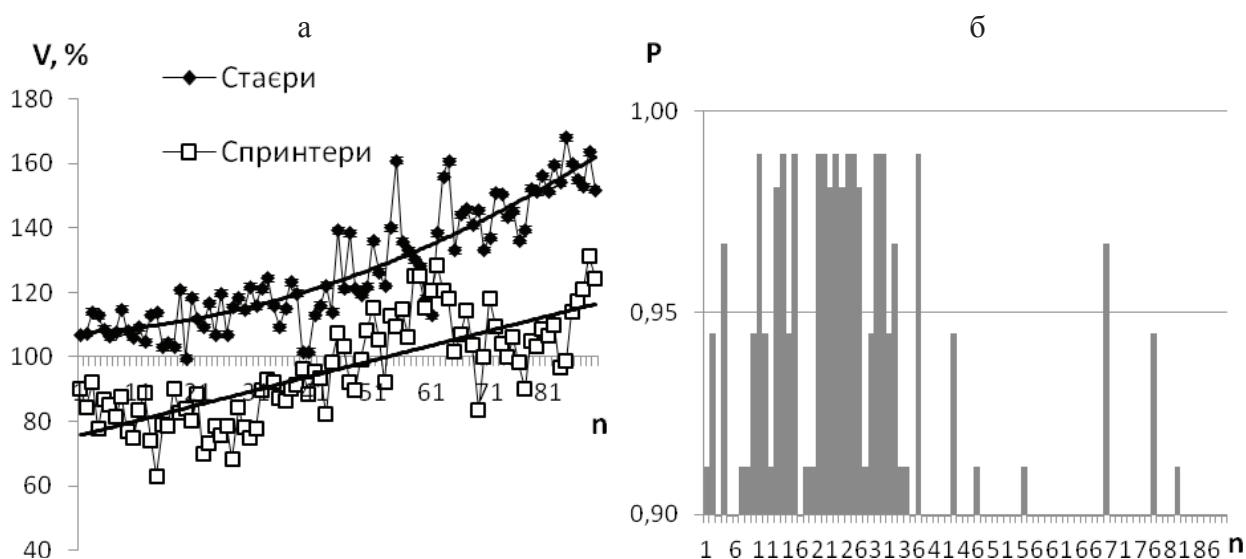


Рис. 6. Відносні зміни середньої амплітуди ІЕМГ (а) та оцінювання вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів.

За вертикальною віссю (а) – зміни середньої амплітуди ІЕМГ

($V\%$; за 100 % взято початковий рівень). Інші позначення – див. рис. 1

Отримані дані підтверджують наявність тенденцій до підвищення величини середньої амплітуди ІЕМГ. Зокрема, у групі стаєрів середньої амплітуди ІЕМГ у всіх точках кривої перевищувала початковий рівень. У групі стаєрів виявлено тенденцію до початкового зниження середньої амплітуди ІЕМГ, що змінювалося підвищенням показника, починаючи з 45-го скорочення. Здебільшого виявлено також статистично достовірну різницю ($p < 0,05$) між відносними показниками середньої амплітуди ІЕМГ на початку роботи (до 36-го скорочення) між групами.

Під час аналізу середньої частоти ІЕМГ ми не виявили статистично значущих змін цього показника упродовж виконання спортсменами серії субмаксимальних динамічних навантажень. Відмінність між групами досягла статистично значущого рівня лише в трьох точках, що не дає змоги використати цей показник як критерій відмінності між групами.

Висновок. Аналізуючи виконання спринтерами та стаєрами субмаксимальних динамічних скорочень, ми виявили відмінності між групами в таких ергографічних та електроміографічних показниках: амплітуді скорочень (після 62-го скорочення); показнику максимальної швидкості скорочення (зменшення довжини) м'язів під час субмаксимальних скорочень (упродовж перших 20 скорочень); відносній середній амплітуді інтерференційної електроміограми (до 36-го скорочення).

Перспективи подальших пошуків полягають у розширенні контингенту досліджуваних з метою практичного апробування запропонованих підходів для оцінювання композиції м'язів спортсменів.

Список літератури

1. Бююль А. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей : пер. с нем. / А. Бююль, П. Цёфель. – Санкт-Петербург : ДиаСофтЮП, 2005. – 608 с.
2. Вовканич Л. Особливості розвитку втоми нервово-м'язового апарату спортсменів-спринтерів під впливом локальних статичних та динамічних навантажень [Електронний ресурс] / Любомир Вовканич, Станіслав Крась, Соломія Клебан // Спортивна наука України. – 2016. – № 5 (75). – С. 20–27. – Режим доступу: <http://sportsscience.ldufk.edu.ua/index.php/snu/article/view/450/432>
3. Вовканич Л. Роль морфологічних чинників у визначенні сили ізометричного скорочення м'язів-згиначів пальців кисті [Електронний ресурс] / Любомир Вовканич, Мирослава Гриньків, Тетяна Куцериб, Станіслав Крась // Спортивна наука України. – 2015. – № 3 (67). – С. 3–8. – Режим доступу: <http://sportsscience.ldufk.edu.ua/index.php/snu/article/view/327/316>
4. Вовканич Л. С. Використання програмно-апаратного комплексу на базі ергографа Моссо для характеристики функціональних особливостей нервово-м'язового апарату спортсменів / Л. С. Вовканич, В. М. Соколовський, Е. Ф. Кулітка // Вісник Черн. нац. пед. ун-ту. – Чернігів, 2015. – Вип. 129, Т. 2. – С. 30–34.
5. Городничев Р. М. Спортивная электромиография / Р. М. Городничев. – Великие Луки : ВЛГАФК, 2005. – 216 с.
6. Методы оценки композиции мышечных волокон в скелетных мышцах человека / А. Самсонова, И. Барникова, А. Борисевич, А. Вахнин // Труды кафедры биомеханики НГУ им. П. Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2012. – Вып. 6. – С. 18–27.
7. Николаев С. Атлас по электромиографии / С. Николаев – Иваново : ИПК ПресСто, 2010. – 468 с.
8. Froese E. A. Torque-velocity characteristics and muscle fiber type in human vastus lateralis / Elizabeth A. Froese, Michael E. Houston // J. Appl. Physiol. – 1985. – Vol. 59(Z). – P. 309–314.
9. Hale J. Adapting your workout to suit your muscle fibre type. / Hale J. // Brian Mackenzie's Successful Coaching. – 2006. – Vol. 37. – P. 6–7.
10. Harridge S. D. R. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans / Harridge S. D. R., Bottinelli R., Canepari M. // Pflügers Archiv September. – 1996. – Vol. 432, Is. 5. – P. 913–920
11. Karp J. R. Muscle Fiber Types and Training / Jason R. Karp // Strength and Conditioning Journal. – 2001. – Vol. 23, N 5. – P. 21–26.
12. Muscle fiber type distribution as estimated by Cybex testing and by muscle biopsy / Suter E., Herzog W., Sokolosky J., Wiley J. P., Macintosh B. R. // Med. Sci. Sports Exerc. – 1993. – Vol. 25, N 3. – P. 363–370.

13. Pipes T.V. Strength training and fiber types / Pipes T.V. // Scholastic Coach, 1994. – Vol. 63, N8. – P. 67–71.
14. Schiaffino S, Reggiani C. Fiber Types In Mammalian Skeletal Muscles / Schiaffino S, Reggiani C. // Physiol Rev. – 2011. – Vol. 91. – P. 1447–1531
15. Valenčič V. Method and device for selective and non-invasive detection of skeletal muscles contraction process // European Patent EP 1424938, Date of publication 09.06.2004.
16. Zierath J.R. Skeletal Muscle Fiber Type: Influence on Contractile and Metabolic Properties / Zierath J.R., Hawley J.A. // PLoS Biology – 2004. – Vol. 2, Is. 10. – P. 1523–1527.

**ОТЛИЧИЯ ЭРГОГРАФИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫПОЛНЕНИЯ
ДИНАМИЧЕСКИХ
СУБМАКСИМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК
СПОРТСМЕНАМИ РАЗЛИЧНЫХ
СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ**

**Любомир ВОВКАНЫЧ¹,
Орест СТЕФАНИШИН¹,
Соломія КЛЕБАН², Наталя БОРОТЮК²**

*¹Львовский государственный университет
физической культуры, г. Львов, Украина,*

*²Львовский национальный университет
имени Ивана Франко, г. Львов, Украина,
e-mail: lsvovkanych@gmail.com*

Аннотация. Актуальность поиска новых методов оценки композиции мышечных волокон спортсменов обусловлена высокой стоимостью, сложностью или недоступностью имеющихся. Цель исследования: описать особенности эргографических и электромиографических показателей мышц спринтеров и стайеров при выполнении спортсменами серии субмаксимальных динамических сокращений. В исследовании приняли участие 19 спринтеров и 13 стайеров (мужчины, I разряд – МС). Они выполняли серию динамических сокращений продолжительностью 3 минуты и с частотой 30 сокращений / мин с помощью эргографа Моссо. Регистрировали эргограмму и интерференционную электромиограмму. Установлено, что для создания критериев неинвазивного оценивания композиции мышечных волокон спортсменов целесообразно использовать изменения амплитуды субмаксимальных произвольных сокращений, показатель максимальной скорости сокращения (уменьшения длины) мышц и относительные изменения средней амплитуды интерференционной электромиограммы.

Ключевые слова: динамические нагрузки, электромиография, эргография, спринтеры, стайеры.

DIFFERENCES IN ERGOGRAM AND ELECTROMYOGRAM DYNAMIC SUBMAXIMAL LOADING PERFORMANCE INDICATORS IN ATHLETES OF DIFFERENT SPECIALIZATIONS

Lyubomyr VOVKANYCH¹,
Orest STEFANYSHYN¹,
Solomiia KLEBAN², Natalia BOROTYUK²

¹Lviv State University of Physical Culture,
Lviv, Ukraine,

²Ivan Franko National University of Lviv, Lviv,
Ukraine, e-mail: lsvovkanych@gmail.com

Abstract. The currentness of finding new methods for evaluating the composition of athletes' muscle fibers is stipulated by their high cost, complexity or inaccessibility of those methods. The objective of the study was to describe the peculiarities of muscles' ergographic and electromyographic characteristics in sprinters and stayers during their performance of the series of submaximal dynamic contractions. The study involved 19 sprinters and 13 stayers (males, first sports degree and master of sports). They performed 3 minutes series of dynamic contractions (30 contractions per minute) using Mosso ergograph. The ergogram and surface electromyogram were recorded. It has been found that in order to establish the criteria for non-invasive evaluation of the composition of athletes' muscle fibers it is appropriate to use the changes in the amplitude of submaximal voluntary contractions, the rate of decrease of the maximum velocity of contraction (shortening) of the muscle and the relative changes in the average amplitude of the surface electromyogram.

Keywords: dynamic loads, electromyography, ergography, sprinters, stayers.

References

1. Bjujul' A., Cjofel' P. SPSS: iskustvo obrabotki informacii. Analiz statisticheskikh dannykh i vosstanovlenie skrytykh zakonornostej [SPSS: the art of information processing. Analysis of statistical data and restoration of hidden patterns] : Per. s nem. Sankt-Peterburg : DiaSoftJuP, 2005. 608 s. (*in Russian*)
2. Vovkanych L., Kras' S., Kleban S. Osoblyvosti rozvytku vtomy nervovo-m"yazovoho aparatu sport·smeniv-sprynteriv pid vplyvom lokal'nykh statychnykh ta dynamichnykh navantazhen' [Features of fatigue neuromuscular system sprinters athletes under the influence of local static and dynamic loads] [Elektronnyy resurs] // Sportyvna nauka Ukrayiny. 2016. # 5 (75). S. 20–27. Rezhym dostupu: <http://sportscience.ldufk.edu.ua/index.php/snu/article/view/450/432> (*in Ukrainian*)
3. Vovkanych L., Hryn'kiv M., Kutseryb T., Kras' S. Rol' morfolohichnykh chynnykiv u vyznachenni syly izometrychnoho skorochnnya m"yaziv-z·hynachiv pal'tsiv kysti [The role of morphological factors in determining the strength of muscle contraction isometric flexor fingers] [Elektronnyy resurs] // Sportyvna nauka Ukrayiny. 2015. # 3 (67). S. 3–8. Rezhym dostupu: <http://sportscience.ldufk.edu.ua/index.php/snu/article/view/327/316> (*in Ukrainian*)
4. Vovkanych L. S., Sokolovs'kyi V. M., Kulitka E. F. Vykorystannya prohranno-aparatnoho kompleksu na bazi erhohrafa Mosso dlya kharakterystyky funktsional'nykh osoblyvostey nervovo-m"yazovoho aparatu sport·smeniv [Using hardware and software based on erhohrafa Mosso to characterize the functional characteristics of the neuro-muscular athletes] // Visnyk Chern. nats. ped. un-tu. Chernihiv, 2015. Vyp. 129, T. 2. S. 30–34. (*in Ukrainian*)
5. Gorodnichev R. M. Sportivnaja jelektronejromiografija [Sports electroneuromyography]. Velikie Luki : VLGAFK, 2005. 216 s. (*in Russian*)

6. Samsonova A., Barnikova I., Borisevich A., Vahnin A. Metody ocenki kompozicii myshechnykh volokon v skeletnykh myshchakh cheloveka [Methods for evaluating the composition of muscle fibers in human skeletal muscles] // Trudy kafedry biomehaniki NGU im. P.F. Lesgafta. Sankt-Peterburg, 2012. Vyp. 6. S. 18–27. (*in Russian*)
7. Nikolaev S. Atlas po jelektromiografii [Atlas of electromyography]. Ivanovo : IPK PresSto, 2010. 468 s. (*in Russian*)
8. Froese E.A., Houston M.E. Torque-velocity characteristics and muscle fiber type in human vastus lateralis // J. Appl. Physiol. 1985. Vol. 59(Z). P. 309–314.
9. Hale J. Adapting your workout to suit your muscle fibre type // Brian Mackenzie's Successful Coaching. 2006. Vol. 37. P. 6–7.
10. Harridge S.D. R., Bottinelli R., Canepari M. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans // Pflügers Archiv September. 1996. Vol. 432, Is. 5. P. 913–920
11. Karp J.R. Muscle Fiber Types and Training // Strength and Conditioning Journal. 2001. Vol. 23, N5. P. 21–26.
12. Suter E., Herzog W., Sokolosky J., Wiley J.P., Macintosh B.R. Muscle fiber type distribution as estimated by Cybex testing and by muscle biopsy // Med. Sci. Sports Exerc. 1993. Vol. 25, N3. P. 363–370.
13. Pipes T.V. Strength training and fiber types // Scholastic Coach. 1994. Vol. 63, N8. P. 67–71.
14. Schiaffino S, Reggiani C. Fiber Types In Mammalian Skeletal Muscles // Physiol Rev. 2011. Vol. 91. P. 1447–1531
15. Valenčič V. Method and device for selective and non-invasive detection of skeletal muscles contraction process // European Patent EP 1424938, Date of publication 09.06.2004.
16. Zierath J.R., Hawley J.A. Skeletal Muscle Fiber Type: Influence on Contractile and Metabolic Properties // PLoS Biology. 2004. Vol. 2, Is. 10. P. 1523–1527.

Стаття надійшла до редколегії 16.10.2016

Прийнята до друку 17.11.2016

Підписана до друку 30.12.2016