

УДК 796.015.6

**ОЦІНЮВАННЯ КОМПОЗИЦІЇ М'ЯЗОВИХ ВОЛОКОН СПОРТСМЕНІВ
З ВИКОРИСТАННЯМ МАКСИМАЛЬНИХ СТАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ****Любомир ВОВКАНИЧ¹, Володимир КОНЕСТЯПІН¹,
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. У дослідженні було проаналізовано величини максимального статичного зусилля та особливості інтерференційної електроміограми (ІЕМГ) спортсменів з різною спрямованістю тренувального процесу. Досліджувані (19 бігунів-спринтерів та 13 стаєрів (бігуни на довгі дистанції та біатлоністи), I розряд-МС) виконували серію максимальних статичних навантажень. Відмінності між групами спортсменів вказують на два показники, які можуть становити основу для створення критеріїв неінвазивного оцінювання композиції м'язових волокон: зміни сили максимальних довільних скорочень у процесі розвитку втоми та величина амплітудно-силового індексу.

Ключові слова: статичні навантаження, електроміографія, динамометрія, спринтери, стаєри, композиція м'язових волокон.

**ОЦЕНКА КОМПОЗИЦИИ МЫШЕЧНЫХ
ВОЛОКОН СПОРТСМЕНОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МАКСИМАЛЬНЫХ
СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК****Любомир ВОВКАНИЧ¹,
Владимир КОНЕСТЯПІН¹,
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. В исследовании были проанализированы величины максимального статического усилия и особенности интерференционной электромиограммы (ИЭМГ) спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса. Исследуемые (19 бегунов-спринтеров и 13 стайеров (бегуны на длинные дистанции и биатлонисты), I разряд-МС) выполняли серию максимальных статических нагрузок. Различия между группами спортсменов указывают на два показателя, которые могут служить основой для создания критериев неинвазивного оценивания композиции мышечных волокон: изменения силы максимальных произвольных сокращений в процессе развития утомления и величина амплитудно-силового индекса.

Ключевые слова: статические нагрузки, электромиография, динамометрия, спринтеры, стайеры, композиция мышечных волокон.

Постановка проблеми. У багатьох дослідженнях [9, 19] встановлено відмінності в композиції (складі) м'язових волокон провідних атлетів, які спеціалізувались у різних видах спорту. Це сформувало підстави для припущення, що особливості композиції м'язових волокон в окремих м'язах створюють передумови для досягнення вищих спортивних ре-

**ASSESSMENT OF MUSCLE FIBERS
COMPOSITION OF SPORTSMEN
WITH MAXIMAL STATIC LOADS****Lyubomyr VOVKANYCH¹,
Volodymyr KONESTYAPIN¹,
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. We have analyzed the values of maximal static contraction and the features of surface electromyogram (sEMG) of the athletes with different directions of training process. Participants (19 sprinters and 13 stayers (long-distance runners and biathlon), first category-MS) performed a series of maximal static loads. The two main differences between groups of athletes can form the basis for the elaboration of non-invasive criteria for the evaluation of muscle fibers composition: variation of the force of maximum voluntary contractions with the development of fatigue and the value of amplitude-power index.

Keywords: static loads, electromyography, dynamometry, sprinters, stayers, muscle fibers composition.

зультатів [4, 9]. Оскільки кількісне співвідношення волокон різних типів у м'язі переважно визначається генетичними факторами [6, 19], то його можна використати для спортивного добору. Найточнішим інвазивним методом аналізу композиції м'язів є біопсія та гістохімічний аналіз [9]. Практична складність використання цього методу зумовлена складністю та значною вартістю досліджень. Отож багато дослідників зосереджують свою увагу на пошуку неінвазивних методів оцінювання композиції м'язових волокон спортсменів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Неінвазивні методи дослідження співвідношення різних типів волокон у складі м'яза в основному ґрунтуються на відмінностях у їхніх фізіологічних властивостях – силі та швидкості скорочення, а також швидкості розвитку втоми. Перспективними є підходи, в основі яких лежить використання вимірювання величини зусилля за різних швидкостей скорочення м'яза [11]. Зокрема, встановлено тісну кореляцію між відсотком швидких волокон та силовими характеристиками швидких (192–400 град./с) скорочень [7, 18]. Було виявлено також, що найкраще корелюють із співвідношенням волокон різних типів результати виконання тесту на втому м'язів (53–55 скорочення) та показників сили швидких скорочень (280 град./с) [15]. Водночас інші автори не виявили залежності між силою скорочення (за умови швидкостей скорочення до 180 град./с) та відсотком волокон типу I та ІІА [16] чи між співвідношенням волокон різних типів та максимальною силою динамічного скорочення [8].

На сьогодні відомі кілька методів оцінювання композиції м'язових волокон, які ґрунтуються на використанні фізичних навантажень [13]. Зокрема, у тесті Ш. Полікіна (Charles Poliquin) досліджуваному пропонують виконати якомога більше підходів із навантаженням на рівні 85% від максимального можливого навантаження (1RM, one repetition maximum, maximal load) [10]. Величину 1RM можна визначити за рівняннями, запропонованими кількома авторами (В. Epley, 1985; J. Landers, 1985; M. Brzycki 1993; T. R. Baechle et. al, 2000; В. Mackenzie, 2000 [14]). Оцінювання результату виконують на основі кількості повторів вправи з навантаженням на рівні 85% від 1RM. У тесті Ф. Гетфілда (Fred Hatfield) застосований аналогічний підхід, проте величина навантаження становить 80% від 1RM. Схожий тест, проте з дещо іншою шкалою оцінювання результатів, пропонує Т. Пайпес [17]. Існують окремі спроби визначити композицію м'язів на основі даних ізометричного скорочення та показників інтерференційної електроміограми [3, 12]. Аналіз літератури дав змогу виявити певні суперечності в даних різних дослідників та засвідчує відсутність інформації щодо наукового обґрунтування тестів на основі фізичних навантажень. У зв'язку з цим, ми спробували використати величини максимального статичного зусилля та особливості інтерференційної електроміограми (ІЕМГ) спортсменів з різною спрямованістю тренувального процесу як показники композиції їхніх м'язів.

Мета дослідження – з'ясувати можливість використання як критеріїв композиції скелетних м'язів спортсменів показників сили скорочення та електричної активності м'язів під час максимальних статичних зусиль.

Методи та організація дослідження. У дослідженні взяли участь 19 спринтерів (бігуни на дистанцію 100–400 м, спортивна кваліфікація – I розряд – КМС) та 13 стаєрів (бігуни на довгі дистанції та біатлоністи, КМС–МС). Під час аналізу статичних навантажень досліджувані виконували серію максимальних скорочень (тривалість скорочення – 1 с, проміжок між скороченнями – 2 с) загальною тривалістю 3 хв під метроном Fzone FM-100 [2]. Величину зусилля (кг) вимірювали за допомогою електронного динамометра ЕН-101. Реєстрацію інтерференційної електроміограми (ІЕМГ) виконували за допомогою електроміографа «Нейро-МВП-Микро» (ООО «Нейрософт», Російська Федерація) згідно зі стандартними вимогами [5]. Реєструвальний електрод розташовували на шкірі досліджуваного над ділянкою локалізації моторної точки *m. palmaris longus* [2]. Визначали такі показники ІЕМГ: середню амплітуду (мВ) та середню частоту (Гц).

Отримані показники аналізували за загальноприйнятими методами статистики з використанням математичних і статистичних функцій програми Microsoft Office Excel 2010 [1]. Для міжгрупового порівняння використовували t-критерій Стьюдента.

Виклад основного матеріалу. Установлено, що під час виконання максимальних статичних навантажень спостерігається зменшення сили скорочень м'язів як у групі спортсменів-стаєрів, так і спринтерів (рис. 1а). Проте статистичний аналіз дав змогу виявити між цими групами певні відмінності. Зокрема, статистично значуще ($p < 0,05$) зниження величини зусилля в групі спринтерів розпочинається раніше (із 16-го скорочення), ніж в групі стаєрів (з 29-го скорочення). Після 10-го скорочення максимальне зусилля у групі спринтерів було меншим, ніж у стаєрів ($p < 0,05$, за винятком 46-го скорочення, рис. 1б). Відмінності між групами в часовій динаміці зменшення сили скорочень підтверджені регресійним аналізом, який дозволив виявити відмінності у рівняннях кривих, які описують ці зміни (див. рис. 1а). Таким чином, особливості часової динаміки зниження сили максимальних скорочень можна вважати одним із перспективних критеріїв оцінювання композиції м'язових волокон. Можливою причиною виникнення описаних відмінностей може бути швидший розвиток втоми великих рухових одиниць, відсоток яких у скелетних м'язах спортсменів-спринтерів, вірогідно, вищий.

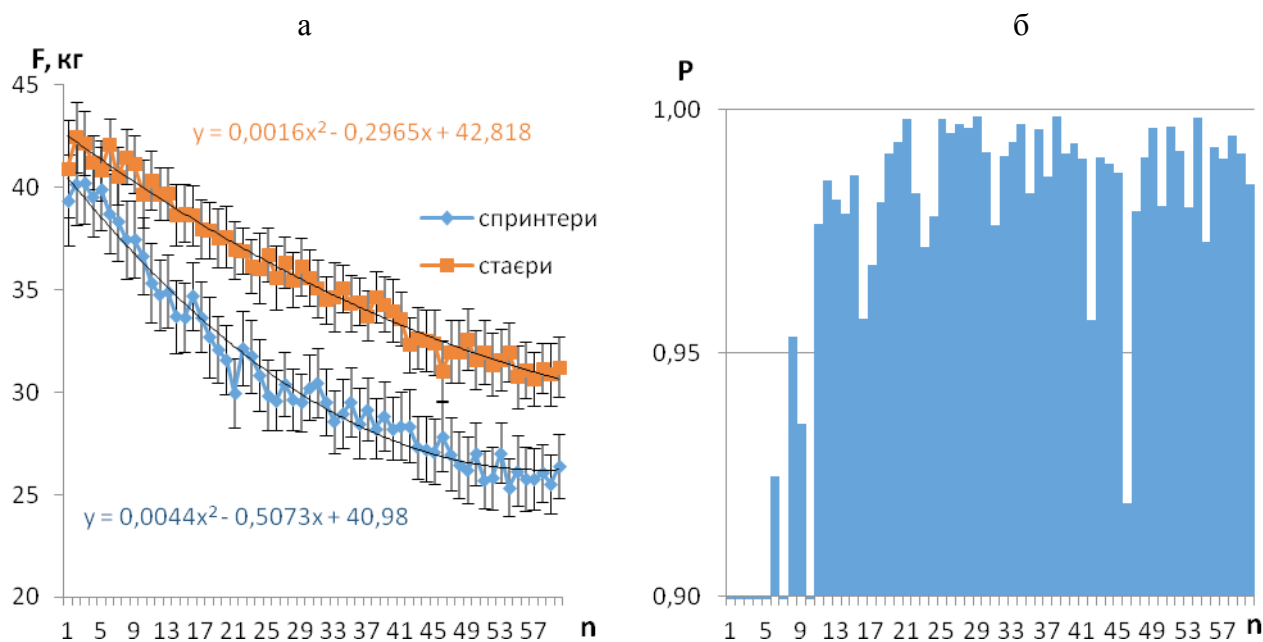


Рис. 1. Зміни максимальної сили статичних скорочень спортсменів (а) та оцінка вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів.

За горизонтальною віссю – порядковий номер скорочення (n), за вертикальною – (а) максимальна сила статичного скорочення (F, кг); (б) вірогідність різниці між групами спортсменів (p за t-критерієм Стьюдента)

Порівняння середньої амплітуди ІЕМГ скелетних м'язів під час виконання максимальних зусиль свідчить про поступове підвищення цього показника в групі спортсменів-стаєрів (рис. 2а). На це вказують результати регресійного аналізу (див. рис. 2а) та порівняння середньої амплітуди ІЕМГ з початковим рівнем. Тенденцію до підвищення цього показника ($p < 0,01$) виявлено в багатьох випадках, проте статистично достовірною різницею ($p < 0,05$) найчастіше спостерігається після 30-го скорочення. У групі спринтерів регресійний аналіз вказує на тенденцію до зниження середньої амплітуди ІЕМГ (див. рис. 2а), проте значні індивідуальні коливання цього показника не дають змоги підтвердити ці зміни статистично. Лише в поодиноких випадках можна спостерігати тенденцію ($p < 0,01$) до різниці середньої амплітуди ІЕМГ між двома групами спортсменів (рис. 2б). Тенденцію до зниження середньої амплітуди ІЕМГ у групі спринтерів можна пояснити швидкою деактивацією мотонейронів великих рухових одиниць. Оскільки відсоток цих мотонейронів у складі рухових одиниць м'язів стаєрів, вірогідно, менший, то у цій групі спортсменів середня амплітуда ІЕМГ не знижується. Отримані результати не дозволяють вважати середню амплітуду ІЕМГ перспективним критерієм відмінності композиції скелетних м'язів спринтерів та стаєрів.

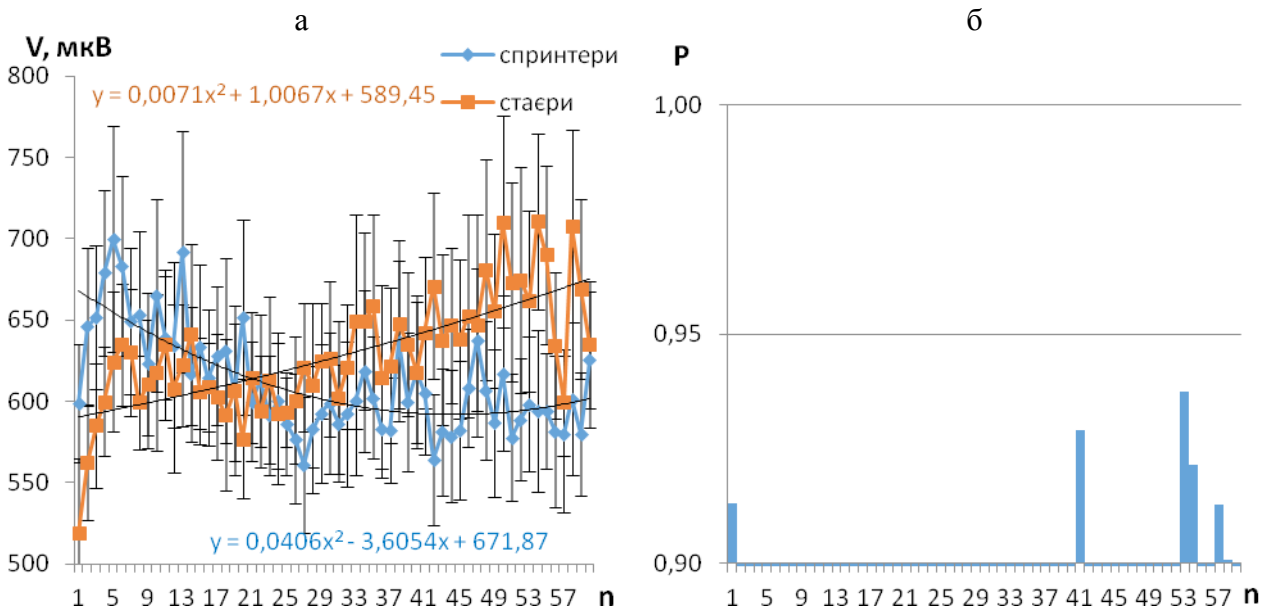


Рис. 2. Зміни середньої амплітуди ІЕМГ (а) та оцінка вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів. За горизонтальною віссю – порядковий номер скорочення (n), за вертикальною – (а) середня амплітуда ІЕМГ (V, мкВ); (б) вірогідність різниці між групами спортсменів (p за t-критерієм Стьюдента)

Показник середньої частоти ІЕМГ у динаміці виконання серії максимальних статичних зусиль поступово знижується (рис. 3а) у спортсменів обох груп. Зменшення середньої частоти ІЕМГ дещо швидше досягає рівня належної статистичної значущості ($p < 0,05$) у групі спринтерів (з 20-го скорочення), ніж у групі стаєрів (з 30-го скорочення), що підтверджується результатами регресійного аналізу (див. рис. 3а). Проте ці відмінності між групами не були підтверджені статистично. Таким чином, зміни середньої частоти ІЕМГ можна вважати вагомим критерієм розвитку втоми, проте не особливостей композиції м'язової тканини спортсменів. Вірогідною причиною зменшення середньої частоти ІЕМГ упродовж серії скорочень є зміни частоти імпульсації мотонейронів та швидкості поширення збудження.

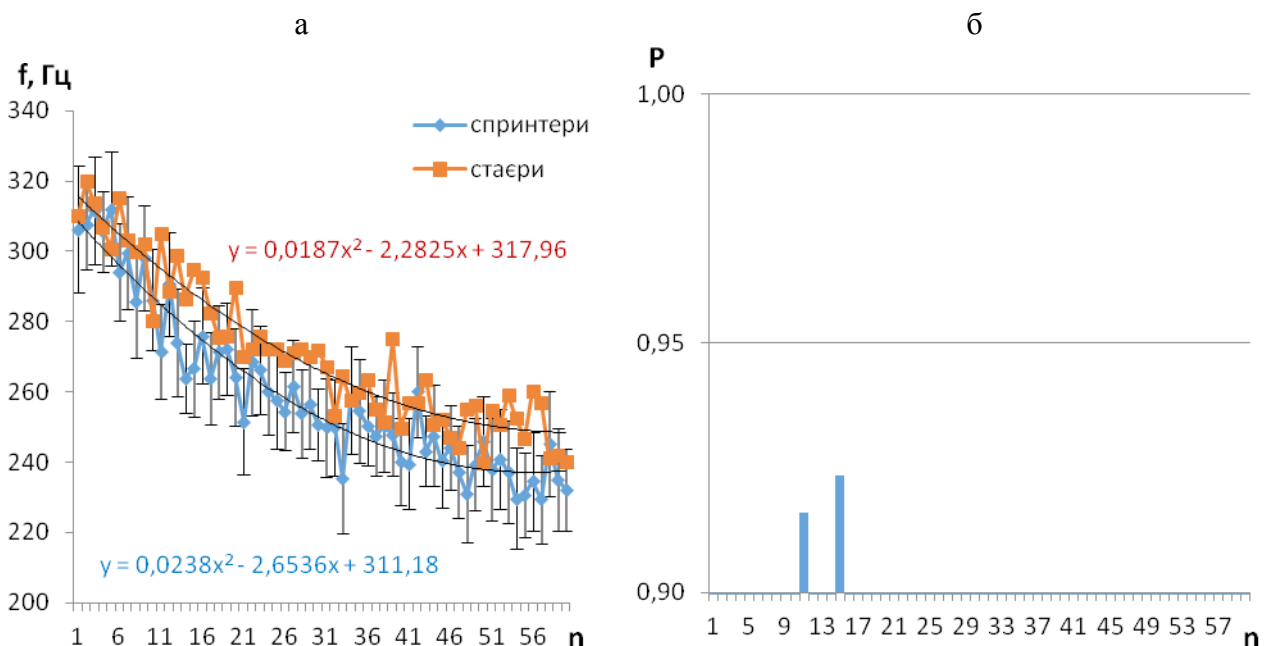


Рис. 3. Зміни середньої частоти ІЕМГ (а) та оцінка вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів. За горизонтальною віссю – порядковий номер скорочення (n), за вертикальною – (а) середня частота ІЕМГ (V, мкВ); (б) вірогідність різниці між групами спортсменів (p за t-критерієм Стьюдента)

Виконаними дослідженнями встановлено, що упродовж виконання спортсменами серії максимальних статичних скорочень відбувається підвищення амплітудно-силового індексу – співвідношення середньої амплітуди ІЕМГ до величини м'язового зусилля (рис. 4а). Зміни відбуваються дещо швидше в групі стаєрів. У зв'язку з цим, у межах перших 20 скорочень здебільшого амплітудно-силовий індекс спринтерів перевищує ($p < 0,05$) відповідні величини стаєрів (рис. 4б). Отже, цей показник, вірогідно, може бути використаний і як показник розвитку втоми нервово-м'язового апарату, і як критерій відмінностей у композиції м'язових волокон.

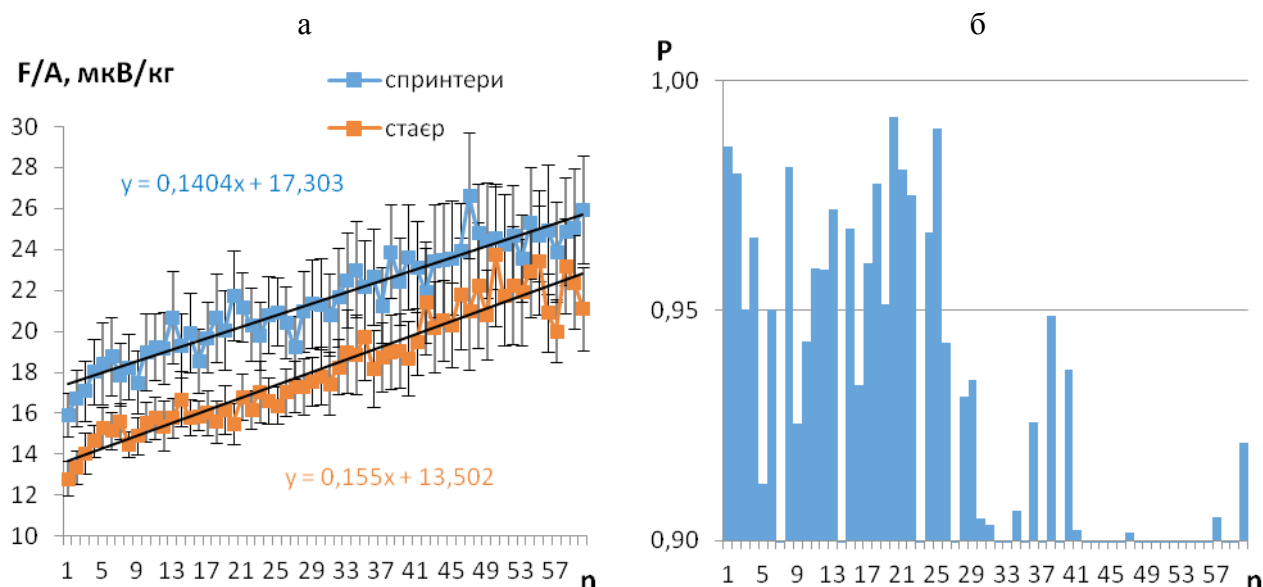


Рис. 4. Зміни амплітудно-силового індексу (а) та оцінка вірогідності різниці (б) цього показника між групами стаєрів та спринтерів. За горизонтальною віссю – порядковий номер скорочення (n), за вертикальною – (а) амплітудно-силовий індекс (F/A, мкВ/кг); (б) вірогідність різниці між групами спортсменів (р за t-критерієм Стьюдента)

Підсумовуючи результати аналізу змін силових та електроміографічних показників скелетних м'язів спортсменів під час виконання ними серії максимальних статичних скорочень, можна вказати на перспективність використання показників сили скорочень та амплітудно-силового індексу як критеріїв відмінностей композиції волокон скелетних м'язів. Певною мірою можуть становити перспективу подальші дослідження змін середньої амплітуди ІЕМГ упродовж серії скорочень.

Висновок. За підсумками досліджень можна вказати на два показники, які можуть становити основу для створення критеріїв неінвазивного оцінювання композиції м'язових волокон спортсменів: зміни сили максимальних довільних скорочень (після 10-го скорочення); величина амплітудно-силового індексу (у межах перших 20 скорочень).

Перспективи подальших пошуків полягають у використанні субмаксимальних динамічних навантажень для пошуку неінвазивних критеріїв композиції м'язових волокон 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. 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://sportscience.ldufk.edu.ua/index.php/snu/article/view/327/316>
4. 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.
5. Николаев С. Атлас по электромиографии / С. Николаев – Иваново : ИПК ПресСто, 2010. – 468 с.
6. Язвиков В. В. Состав мышечных волокон смешанных скелетных мышц как фактор конституции человека / Язвиков В. В., Петрухин В. Г. // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 1. – С. 38–40.
7. Coyle E. F. Leg extension power and muscle fiber composition / E. F. Coyle, D. L. Costill, G. R. Lesmes // Med. Sci. Sports Exerc. – 1979. – Vol. 11. – № 1. – P. 12–15.
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. Gollnick P. D. The muscle fiber composition of skeletal muscle as a predictor of athletic success. An overview / Gollnick P. D., Matoba H. // The American Journal of Sports Medicine. – 1984. – Vol. 12(3). – P. 212–217.
10. Hale J. Adapting your workout to suit your muscle fibre type / Hale J. // Brian Mackenzie's Successful Coaching. – 2006. – Vol. 37. – P. 6–7.
11. Karp J. R. Muscle Fiber Types and Training / Jason R. Karp // Strength and Conditioning Journal. – 2001. – Vol. 23, № 5. – P. 21–26.
12. Muscle Fiber Type Distribution Estimated by Non-Invasive Technique: Based on Isometric Force and Integrated Electromyography / C. K. Kim, Q. Gao, W. S. Kim, W. J. Kim // Clinical Science. – 1994. – Vol. 87 (s1). – P. 107; DOI: 10.1042/cs087s107.
13. Mackenzie B. Muscle Fibre Test [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.brianmac.co.uk/musclefibre.htm> [05/3/2017]
14. Mackenzie B. Maximum Load (1RM) [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.brianmac.co.uk/maxload.htm> [Accessed 05/3/2017]
15. 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, № 3. – P. 363–370.
16. Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans / Schantz P., Randall-Fox E., Hutchison W., Tydén A., Astrand P. O. // Acta Physiol Scand. – 1983. – Vol. 117, № 2. – P. 219–226.
17. Pipes T. V. Strength training and fiber types / Pipes T. V. // Scholastic Coach. – 1994. – Vol. 63, № 8. – P. 67–71.
18. Torque-velocity relationships and muscle fiber composition in elite female athletes / Gregor R. J., Edgerton V. R., Perrine J. J., Campion D. S., DeBus C. // J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol. – 1979. – Vol. 47, № 2. – P. 388–392.
19. 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.

Стаття надійшла до редколегії 16.01.2017

Прийнята до друку 23.01.2017

Підписана до друку 28.02.2017