

УДК 796.034.6:612.743

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОВЕРХНЕВОЇ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АНАЕРОБНОГО ПОРОГУ У КВАЛІФІКОВАНИХ СПОРТСМЕНІВ

Інна СКЛАДАНІВСЬКА

*Державний науково-дослідний інститут фізичної культури та спорту*

**Анотація.** Метою дослідження було визначити можливості методу поверхневої електроміографії для диференціації анаеробного порогу. У дослідженні використано фізіологічні, біохімічні методи та методи математичної статистики.

За результатами дослідження диференційовано перший (EMGT<sub>1</sub>) та другий (EMGT<sub>2</sub>) електроміографічні пороги. Виявлено високі кореляційні взаємозв'язки між потужністю навантаження на рівні EMGT<sub>2</sub>, вентиляційного і лактатного порогів, а також споживанням кисню відповідно.

**Ключові слова:** поверхнева електроміографія, електроміографічні пороги, анаеробний поріг, кваліфіковані спортсмени.

**Постановка проблеми та її зв'язок із науковими та практичними завданнями.** Спеціальна працездатність у видах спорту, пов'язаних із проявом витривалості, значною мірою залежить від аеробної продуктивності спортсменів, основним критерієм якої є анаеробний поріг (АнП) [2]. Розрізняють інвазивні (пов'язані з забором крові для визначення концентрації лактату) та неінвазивні (визначення ЧСС, показників зовнішнього дихання, газообміну тощо) методи визначення анаеробного порогу. Згідно з результатами досліджень науковців Т. Морітани (1981), J. N. Helal (1987), Lucia A. (1999), R. G. Mello (2006), поверхнева електроміографія (метод реєстрації та оцінки сумарної електроактивності м'язів за допомогою поверхневих електродів) також може бути використана як неінвазивний метод визначення АнП. Однак на сьогодні використання поверхневої електроміографії для виявлення АнП ще недостатньо вивчено, що потребує подальшого дослідження.

Дослідження проведено в межах наукової теми 1.2013 «Контроль та корекція метаболізму кваліфікованих спортсменів циклічних видів спорту в річному циклі підготовки» (затверджено наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України № 1193 від 25.10.2012 р.)

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Передумовами для використання поверхневої електроміографії з метою диференціації аеробно-анаеробного переходу енергозабезпечення були дослідження авторів (С. J. De Luca (1978), H. A. de Vries (1982) Т. Moritani (1981)), які пов'язані з вивченням механізмів розвитку м'язового стомлення, а також послідовності рекрутування різних типів м'язових волокон. Так, автори Т. Морітани (1981), Г. А. Вріс (1982) виявили, що при досягненні певної потужності навантаження порушується лінійність взаємозв'язку між потужністю навантаження та амплітудними параметрами EMG працюючих м'язів: спостерігається більш виражене зростання амплітуди EMG. У подальших дослідженнях момент такого різкого збільшення амплітуди EMG визначається терміном «Електроміографічний поріг» (Electromyographic Threshold, EMGT) [3, 5, 8 – 11]. За даними дослідників Дж. Н. Гелал (1987), Р. Г. Мелло (2006) та інших, поява EMGT спостерігалась одночасно з лактатним, чи вентиляційним порогами, що підтверджує можливість визначення АнП за допомогою поверхневої електроміографії.

Однак у дослідженнях Дж. С. Петровський (1979), К. Л. Себурн (1991) були розбіжності в значеннях EMGT та АнП, що визначалися традиційними методами [13, 14]. Такі суперечливі дані щодо використання поверхневої електроміографії як неінвазивного методу визначення АнП можуть бути пов'язані з відмінностями в протоколах дослідження, технічними характеристиками експериментального обладнання, різним контингентом учасників дослідження тощо. Таким чином, подальше вивчення можливостей поверхневої електроміографії для визначення АнП є актуальною темою спортивної науки для розширення та удосконалення методів контролю функціонального стану спортсменів.

**Мета** – визначити можливості методу поверхневої електроміографії для диференціації анаеробного порогу.

**Методи та організація дослідження.** Ми проаналізували літературні джерела, що стосуються теми досліджень. Дослідження з використанням фізіологічних, біохімічних методів та методів математичної статистики проводилося на базі Державного науково-дослідного інституту фізичної культури та спорту за участю 17-ти кваліфікованих спортсменів циклічних видів спорту, з переважним проявом витривалості (вік  $22,4 \pm 5,3$  року; зріст  $184,0 \pm 11,3$  см; маса тіла  $83,8 \pm 13,1$  кг), з них перший дорослий розряд – 3, КМС – 4, МС – 2, МСМК – 4, ЗМС – 4).

Тестування проводилося із використанням велоергометра Monark Ergonomic 894. Протокол тестування передбачав виконання безперервного навантаження ступінчастозростаючої потужності з утриманням постійної частоти обертів педалей (кадансу) – 80 обертів за хвилину. Величина початкової потужності становила 78 Вт, в подальшому вага навантаження збільшувалася на 0,5 кг кожні 3 хв, що відповідало збільшенню потужності на 23,6 Вт. Робота виконувалася до досягнення максимального споживання кисню.

Реєстрація параметрів зовнішнього дихання та газообміну здійснювалася із використанням газоаналізатора "Oxcon Mobile" (Jeager, Німеччина). Реєстрація електроактивності *Vastus lateralis* проводилася за допомогою портативного електроміографа "MegaWin ME6000" (Mega Electronics Ltd, Фінляндія). Розміщення поверхневих електродів (Skintact FS-50) здійснювалось згідно з рекомендаціями В. Н. Команцева [1]. Вимірювання лактату в змішаній капілярній крові здійснювалося наприкінці кожної сходинки навантаження із використанням біохімічного аналізатора Ланге.

Анаеробний поріг (АНП) визначали за появою вентиляційного порогу (Ventilatory Threshold, VT – момент збільшення вентиляційного еквіваленту за киснем  $VE/VO_2$ ) та лактатного порогу [2, 4]. Електроміографічні пороги (EMGT) визначали за зміною пікових значень rmsEMG, мкВ (root mean square Electromyography) відносно величини потужності роботи з використанням методу робасної регресії. Цей метод ми використали з метою визначення характеру взаємозв'язку між досліджуваними показниками.

Значення VT, LT і EMGT були виражені у величинах потужності роботи (W, Вт) та відносного споживання кисню ( $VO_2$ ,  $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$ ).

У дослідженні використовували методи математичної статистики (Statistica 6): кореляційний аналіз Спірмена, визначення вірогідності відмінностей за критерієм Вілкоксона.

**Результати дослідження та обговорення.** У цьому дослідженні ми проаналізували амплітудні значення rmsEMG m. *Vastus lateralis* у кваліфікованих спортсменів циклічних видів спорту під час виконання ступінчастозростаючого навантаження на велоергометрі. Здійснений аналіз дав змогу диференціювати два електроміографічні пороги на графіку rms-електроміограми: перший (EMGT<sub>1</sub>) та другий (EMGT<sub>2</sub>) електроміографічні пороги (рис. 1).

Як видно з даних, наведених на рис.1, у спортсмена амплітуда електроміограми (EMG) починає більш виражено збільшуватися після досягнення потужності навантаження 196,1 Вт, що ідентифіковано як перший електроміографічний поріг – EMGT<sub>1</sub>. У подальшому при досягненні потужності навантаження 313,7 Вт спостерігається виражене стрімке зростання значень амплітуди EMG. Цю величину інтенсивності було визначено як порогову, що відповідає другому електроміографічному порогові (EMGT<sub>2</sub>).

Слід зазначити, що за результатами досліджень (J.N. Helal (1987), С.Т. Candotti (2008)) виявлено один електроміографічний поріг, поява якого була одночасною з вентиляційним або лактатним порогом. Цей поріг, на нашу думку, відповідає EMGT<sub>2</sub>, який було диференційовано в дослідженнях. Появу EMGT автори пов'язують із включенням значної кількості швидко скорочувальних рухових одиниць, коли потужності окислювальних м'язових волокон недостатньо для підтримання заданої величини навантаження [5, 8]. Варто зазначити, що в дослідженнях цих авторів брали участь не спортсмени високої кваліфікації, а майже здорові фізично молоді люди, що мали високий рівень рухової активності.

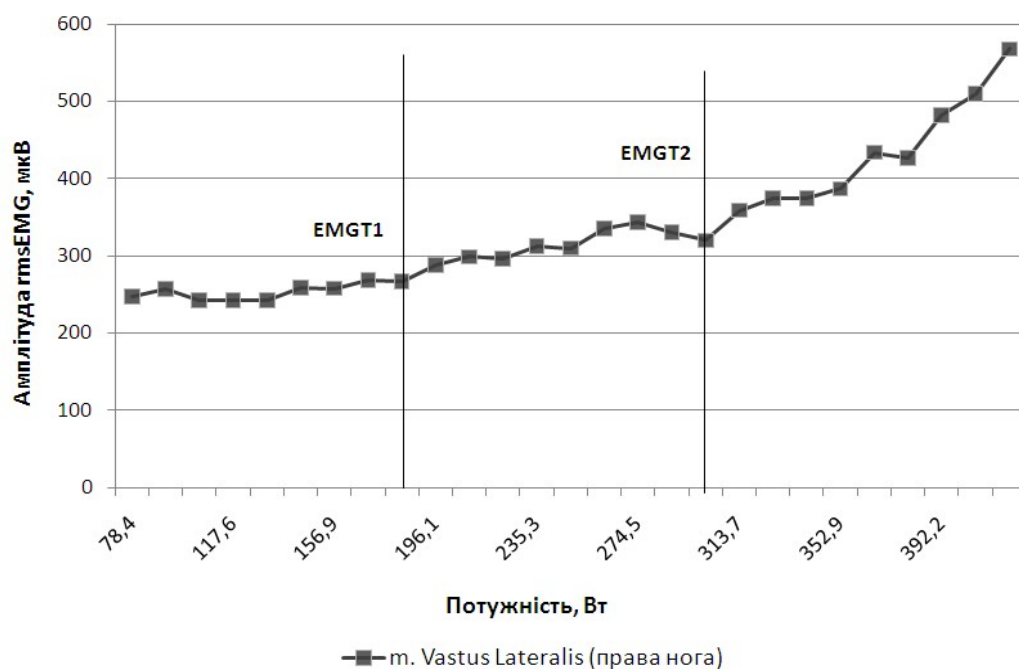


Рис. 1. Зміни амплітуди електроміограми *m. Vastus Lateralis* правої ноги (VLR) під час тестувального навантаження

Водночас, результати нашого дослідження узгоджуються із результатами досліджень науковців (А. Lucia(1999), F.Hug (2003), J. Maestu (2006)), у яких брали участь кваліфіковані спортсмени циклічних видів спорту з переважним проявом витривалості. Автори виявили також два електроміографічні пороги, появу яких вони обґрунтовують здатністю нервово-м'язової системи кваліфікованих спортсменів диференційовано рекрутувати різні типи м'язових волокон. Так, поява EMGT<sub>1</sub> може бути обумовлена включенням швидкоскорочувальних II-а типу (перехідних) м'язових волокон, які мають як окиснювальні, так і гліколітичні можливості, EMGT<sub>2</sub> – значної частини мязових волокон II-а типу та початком рекрутування мязових волокон II-б типу [9 – 11].

У нашому дослідженні ми порівняли значення EMGT<sub>1</sub>, EMGT<sub>2</sub>, LT та VT, які були виражені у величинах потужності навантаження (W, Вт) та відносного споживання кисню (VO<sub>2</sub>, мл·хв<sup>-1</sup>·кг<sup>-1</sup>) (табл. 1).

Таблиця 1

Потужність та споживання кисню при досягненні електроміографічних, лактатного та вентиляційний порогів ( $\bar{X} \pm \sigma$ , n = 17)

Досліджуваний поріг	W, Вт	VO <sub>2</sub> , мл·хв <sup>-1</sup> ·кг <sup>-1</sup>
EMGT <sub>1</sub>	172,5 ± 38,6	28,6 ± 4,9
EMGT <sub>2</sub>	216,0 ± 64,4	47,6 ± 5,3
LT	205,4 ± 62,9	48,6 ± 3,7
VT	207,5 ± 61,4	46,1 ± 4,7

Згідно з результатами дослідження, EMGT<sub>1</sub> з'являється раніше, ніж інші ознаки збільшення вкладу анаеробного енергозабезпечення, що узгоджується із результатами досліджень Ф. Хуг (2003) та проведених нами 2013 року [3, 9]. Окрім того, у дослідженнях А. Люсія (1999), Ф. Хуг (2003), Дж. Маестру (2006) виявлено одночасну появу EMGT<sub>1</sub>, VT а також аеробного порогу (досягнення концентрації лактату крові 2 ммоль·л<sup>-1</sup>). Таким чином, EMGT<sub>1</sub>, на їх думку, пов'язане з початком переходу в анаеробний режим енергозабезпечення.

Аналізуючи значення другого електроміографічного порогу, ми не виявили вірогідних відмінностей у величинах потужності роботи та споживання кисню на рівні  $EMGT_2$  та  $LT$  ( $p \leq 0,05$ ), що узгоджується із даними попередніх досліджень (А. Lucia (1999), J. Maestu (2006)). Однак, на відміну від результатів досліджень цих авторів, ми також не виявили достовірних відмінностей значень  $VT$  та  $EMGT_2$  ( $p \leq 0,05$ ).

Результати дослідження свідчать про високі кореляційні взаємозв'язки між  $EMGT_2$  та анаеробним порогом, який визначали за показниками  $VT$  та  $LT$ . Так, коефіцієнт кореляції між потужністю навантаження на рівні  $LT$  та  $EMGT_2$  становив 0,93 ( $p \leq 0,05$ ); споживанням кисню – 0,93 ( $p \leq 0,05$ ) відповідно. Коефіцієнт кореляції між потужністю навантаження на рівні  $VT$  та  $EMGT_2$  становив 0,91 ( $p \leq 0,05$ ); споживанням кисню – 0,93 ( $p \leq 0,05$ ) відповідно.

Таким чином, відповідно до результатів нашого дослідження та досліджень інших авторів, поява електроміографічних порогів у кваліфікованих спортсменів пов'язана із аеробно-анаеробним переходом енергозабезпечення. Встановлені в результаті дослідження високі кореляційні взаємозв'язки свідчать про те, що другий електроміографічний поріг ( $EMGT_2$ ) може бути використаний для диференціації АНП. Результати нашого дослідження підтверджують можливість використання методу поверхневої електроміографії для визначення анаеробного порогу.

**Висновок.** За результатами дослідження виявлено тісний взаємозв'язок між другим електроміографічним порогом та аеробно-анаеробним переходом енергозабезпечення. Так, встановлено високі вірогідні ( $p \leq 0,05$ ) коефіцієнти кореляції між потужністю навантаження на рівні лактатного порогу та другого електроміографічного порогу – 0,93, а також між споживанням кисню на рівні цих порогів – 0,93.

Отримані результати дослідження є підставою для використання поверхневої електроміографії для диференціації анаеробного порогу.

**Перспективи подальших наукових досліджень** полягають у визначенні закономірностей змін електричної активності м'язів під час навантажень різної рухової спрямованості.

### Список літератури

1. *Команцев В. Н.* Методические основы клинической электронейромиографии : руководство для врачей / В. Н. Команцев. – СПб., 2006. – 134 с.
2. *Полищук Д. А.* Лактатный порог и его использование для управления тренировочным процессом / Д. А. Полищук. – К. : Абрис, 1997. – Вып. 4. – 59 с.
3. *Складанівська І. В.* Изменения амплитудных показателей электромиограммы у квалифицированных спортсменов при выполнении ступенчатовозрастающей нагрузки / И. В. Складанівська, Е. В. Майданюк // Актуальные проблемы физической культуры и спорта. – 2013. – № 28 (3). – С. 63 – 68.
4. *Уилмор Дж. Х.* Физиология спорта и двигательной активности / Дж. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл. – К. : Олимпийская литература, 1997. – 502 с.
5. Comparing the lactate and EMG thresholds of recreational cyclists during incremental pedaling exercise / С. Т. Candotti, J. F. Loss, M. de Oliveira Melo [et al.] // Can. J. Physiol. Pharmacol. – 2008. – № 86. – P. 272 – 278.
6. *De Luca C. J.* Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans / C. J. De Luca // Critical Reviews in Biomedical Engineering. – 1984. – № 11 (14). – P. 251 – 259.
7. *De Vries H. A.* The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data / H. A. De Vries, T. Moritani, A. Nagata, K. Magnussen // Ergonomics. – 1982. – № 33. – P. 25 – 33.
8. *Helal J. N.* The aerobic-anaerobic transition: re-examination of the threshold concept including an electromyographic approach / J. N. Helal, C. Y. Guezennec, F. Goubel // Eur. J. Appl. Physiol. – 1987. – № 56. – P. 643–649.
9. *Hug F.* Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists / F. Hug, D. Laplaud, B. Savin, L. Grelot // Eur. J. Appl. Physiol. – 2003. – № 90. – P. 643 – 646.

10. *Lucía A.* Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography / A. Lucía, O. Sánchez, A. Carvajal, J. Chicharro // *Br. J. Sports Med.* – 1999. – № 33. – P. 178 – 185.

11. *Maestu J.* Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue / J. Maestu, A. Chiccella, P. Purge, S. Ruosi // *Journal of Strength and Conditioning Research.* – 2006. – № 20 (4). – P. 824 – 828.

12. *Moritani T.* Anaerobic threshold determination by blood lactate and myoelectric signals / T. Moritani, A. Nagata, M. Muro, T. Yoshida // *The Japanese Journal of Physiology.* – 1981. – № 31 (4). – P. 585 – 587.

13. *Petrofsky J. S.* Frequency and Amplitude Analysis of the EMG during Exercise on the Bicycle / J. S. Petrofsky // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 1979. – Vol. 41. – P. 15

14. *Seburn K. L.* Effect of manipulation of plasma lactate on integrated EMG during cycling / K. L. Seburn, D. J. Sanderson, A. N. Belcastro, D. C. McKenzie // *Med Sci Sports Exerc.* – 1992. – Vol. 24, № 8. – P. 911 – 916.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНАЭРОБНОГО ПОРОГА У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Инна СКЛАДАНИВСКАЯ

*Государственный научно-исследовательский институт физической культуры и спорта*

**Анотация.** Целью исследования было определить возможности метода поверхностной электромиографии для дифференциации анаэробного порога. В исследовании были использованы физиологические, биохимические методы, методы математической статистики. По результатам исследования дифференцировали первый (EMGT<sub>1</sub>) и второй (EMGT<sub>2</sub>) электромиографические пороги. Определены высокие корреляционные взаимосвязи между мощностью нагрузки на уровне EMGT<sub>2</sub>, вентиляционного и лактатного порогов, а также потреблением кислорода соответственно.

**Ключевые слова:** поверхностная электромиография, электромиографические пороги, анаэробный порог, квалифицированные спортсмены.

### THE USE OF SURFACE ELECTROMYOGRAPHY METHOD FOR ANAEROBIC THRESHOLD DETERMINATION IN ELITE ATHLETES

Inna SKLADANIVSKA

*State Scientific-Research Institute of Physical Culture and Sports*

**Abstract.** The aim of research was to determine the possibilities of surface electromyography method for defining the anaerobic threshold. Physiological, biochemical methods and mathematical statistics were used in our research. There were determined the first (EMGT<sub>1</sub>) and second (EMGT<sub>2</sub>) electromyographic thresholds. High correlations were found between the power of workload at EMGT<sub>2</sub>, lactate and ventilatory thresholds, and also between the oxygen consumption values respectively.

**Keywords.** Electromyography, electromyographic thresholds, anaerobic threshold, elite athletes.