

ASSESSMENT OF NEURO-MUSCULAR ACTIVITY DURING A SUBMAXIMAL LOAD ERGOMETRICAL TEST

Daniela Petkovska

Clinical Hospital „Dr. Trifun Panovski”-Bitola, North Macedonia, email:danieladbitola@gmail.com

Abstract: Cycling is not a simple movement. The assessment of neuromuscular activity during an ergometric test with submaximal load using electromyography provides us with a detailed analysis of the muscles participating in this specific movement. A pedaling cycle consists of extension (stretching) and flexion (bending) at the knee joint, so different muscles are activated at separate times.

The aim of this research is to observe muscle activity during cycling through electromyography. The parameters of muscle activity during cycling through the Astrand 6 minute Cycle Test are analyzed and arguments are presented for the application of the test in sports activities in six untrained women aged between 19 and 24 years. The test itself consists of 10 minutes of warm-up, 6 minutes of loading and 5 minutes of recovery. Warm-up for 10 minutes: with initial power 25 W, speed 60 revolution per minute. Load for 6 minutes: 2 minutes after heating 60 revolution per minute, the power is adjusted. Recovery 5 minutes: power 25 W and 60 revolutions per minute. Metabolic indicators (blood pressure, pulse) and anthropometric data were recorded. Of all the muscles that participate in one cycle of cycling (pedaling), we have chosen some of them in our work: 1. Vastus lateralis; 2. Rectus femoris; 3. Semitendinosus; 4. Biceps femoris long head; 5. Gastrocnemius lateralis; 6. Tibialis anterior - the six examined muscles of the right leg. The presented data prove the role of functional studies of neuromuscular activity, that is, the neuromuscular response, registered by an electromyograph during physical activity, during cycling. For this purpose, the results of the amplitudes registered on the electromyograph are normalized in order to compare the muscle activities of the subjects. Mean amplitudes are presented in a normalized form (relative to each value of the mean amplitude to the mean amplitude since the start of the warm-up). This means that each value (amplitude) is divided by the first value (amplitude), so the first value is divided by itself, so the values start from 1. The purpose of normalization is to reduce the difference in the data and get a better electromyographic (EMG) – review. That's why we chose the dominant limb (right leg). In addition, during the test, the work of the heart can be observed as well as other parameters.

Keywords: neuromuscular system, electromyography (EMG), neuromuscular activity during cycling (pedaling).

ОЦЕНКА НА НЕВРО-МУСКУЛНА АКТИВНОСТ ЗА ВРЕМЕ НА ЕРГОМЕТРИСКИ ТЕСТ СО СУБМАКСИМАЛНО ОПТОВАРУВАЊЕ

Даниела Петковска

ЈЗУ Клиничка Болница „Др. Трифун Пановски”-Битола, северна Македонија,
danieladbitola@gmail.com

Апстракт: Возењето велосипед не е едноставно движење. Оценката на невро-мускулната активност за време на ергометриски тест со субмаксимално оптоварување користејќи електромиографија ни дава детална анализа на мускулите кои учествуваат во ова специфично движење. Еден циклус на вртење на педалите се состои од екстензија (истегнување) и флексија (виткање) во колениот зглоб, така што различните мускули се активираат во одделни фази од времето.

Целта на ова истражување е преку електромиографија да се набљудува мускулната активност за време на возење велосипед (педалирање). Анализирани са параметрите на мускулната активност за време на возење велосипед преку Astrand 6 minute Cycle Test (Астранд 6 минутен субмаксимален тест) и се презентирани аргументи за примена на тестот во спортски активности кај шест нетренирани жени на возраст меѓу 19 и 24 години. Самиот тест се состои од 10 минути загревање, 6 минути оптеретување и 5 минути опоравување. Загревање 10 минути: со почетна моќност 25 W, брзина 60 revolution per minute - вртежи во минута. Оптеретување 6 минути: 2 минути по загревањето 60 revolution per minute - вртежи во минута, се прилагодува моќноста. Опоравување 5 минути: моќност 25 W и 60 revolution per minute - вртежи во минута. Евидентирани се метаболички показатели (крвен притисок, пулс) и антропометриски податоци. Од сите мускули, кои учествуваат во еден циклус на возење велосипед (педалирање), ние во нашата работа избравме дел од нив: 1. Vastus lateralis; 2. Rectus femoris; 3. Semitendinosus; 4. Biceps femoris long head-долгата глава; 5. Gastrocnemius lateralis; 6. Tibialis anterior - шесте испитани мускули на десната нога.

Презентираните податоци ја докажуваат улогата на функционалните студии на невромускулната активност односно невромускулниот одговор, регистриран од електромиограф за време на физичка активност, за време на возење велосипед. За целта резултатите од амплитудите регистрирани на електромиографот се нормализираат за да се споредат мускулните активности на исипианите лица. Средните амплитуди се претставени во нормализиран вид (во однос на секоја вредност на средната амплитуда кон средната амплитуда од почетокот на загревањето). Тоа значи дека секоја вредност (амплитуда) е разделена на првата вредност (амплитуда), така што првата е разделена на самата себе, затоа вредностите започнуваат од 1. Целта на нормализацијата е да се намали разликата во податоците и да добиеме еден подобар електромиографски (ЕМГ) – преглед. Заради тоа и го избравме доминантниот екстремитет (десна нога). Освен тоа за време на тестот може да се набљудова работата на срцето како и други параметри.

Клучни зборови: невро-мускулен систем, електромиографија (ЕМГ), невро-мускулна активност за време на возење велосипед (педалирање).

1. ВОВЕД

Моторната единица е основна структурна и функционална единица на **невро-мускулниот систем**, преку која се врши волјева и рефлексна **моторна активност** и која опфаќа еден **моторен неврон** со сите негови елементи и сите мускулни влакна што ги инервира.

Централниот нервен систем (ЦНС) ги обезбедува овие процеси на контрола и градација, преку управувана и диференцирана мобилизација на одделните компоненти наречени моторни единици (МЕ).

Од тука гледаме дека: функционалната единица на моторниот систем е моторната единица (МЕ) – α -мотоневрон со инервирани од него мускулни влакна. Бројот на мускулните влакна на една МЕ е различен за различните мускули. Контракцијата на целиот мускул е различна по степен и зависи од бројот на активирани мотоневрони. **Мускулната контракција се згоемува или со зголемениот број на активните мотоневрони, т.е на бројот на МЕ или со зголемување на фреквенцијата на празнење.**

ЕЛЕКТРОМИОГРАФИЈА (ЕМГ): Спроведувањето на нервните импулси по аксоните на спиналните моторни неврони (α -мотоневрони) до мускулните влакна, што се инервираат се придружува од промени во мембраните потенциали на последните, што можат да бидат измерени по електричен пат-електромиографија (ЕМГ). Регистрацијата на биоелектричната активност на скелетните мускули за време на волјева контракција на мускулот и мускулниот акционен потенцијал (МАП), зависи од силата на забрзување, возраста и слично; нормалната електрична активност забележана од мускулот за време на максимална волјева контракција се нарекува **интерференетен тип или патерен.**

Електромиографот е уред кој ги регистрира и анализира биоелектричките сигнали, кои ги спроведува мускулот или нервот. Сигналите имаат напон од микро до десетици милivolти; сигналите се засилуваат и чистат и се напојуваат или на звучник –за регистрација на звук или на аналогно дигитален конвертер. Електромиографските техники во денешно време се добро прифатени од истражувачките компании, тие ги користат за испитување во спотските активности и ги користат во физиологијата (Hug, E., and Dorel, S. 2018)

Невро - мускуна активност за време на возење велосипед: За нашата цел, односно за набљудување на активноста на мускулите за време на возење велосипед ние го избравме (**Astrand 6 minute Cycle Test**) **6 минутен субмаксимален ергометриски тест** (опишан погоре). Покрај што се користи за определување на максималната кислородна потрошувачка (VO_2 max), тој може да служи за определување на други параметри како во нашиот случај, со помош на електроди поставени на одделните мускули, кои учествуваат во возењето велосипед, може да се измери нивната **мускулна активност** (Електромиографија), т.е невро-мускулниот одговор на одделните мускули – (опишани подолу). Исто така за време на тестот може да се следи срцевата работа преку целото време на тестот исто и да се набљудуваат и некои метаболички параметри (ADP :ATP) (Rothschild, J.A. 2021).

Нивото на мускулната активност за време на возење велосипед се пресметува со средно квадратичка вредност (RMS-root mean square value) (Dorel, S. 2006) или со интегрирани ЕМГ (EMGi) вредности (Ericson, S. 1986). Важно е да се одбележи, дека по принцип и двете се користат во комбинација (Basmajian, J.V. and De Luka, C.J. 1985). Со цел да се направи споредба на мускулната активност помеѓу различните мускули и различни субјекти се користи ЕМГ нормализација (Ericson, S. 1986; Jurasz, M. 2022). Таа се изразува во средни вредности на пример: средната амплитуда на максималната изометрична контракција, што се прифаќа за 100% или некоја друга референтна вредност – во нашиот случај спрема средната амплитуда од почетокот на загревањето.

Houtz, S.J. and Fischer, F.J. (1959) биле првите кои направиле испитување на возењето велосипед со помош на ЕМГ анализа со површни електроди. Тие направиле испитување на сите површни мускули на долните

екстремитети (14 на број), освен на m. soleus, и потоа докажале дека, тие мускули се активираат по определен и координиран пат.

Мускулите, кои најчесто се користат за испитување (со површни електроди) се: Gluteus maximus (Gmax), Rectus femoris (RF), Vastus lateralis (VL) и Vastus medialis (VM), Semimembranosus (SM), Semitendinosus (ST), Biceps femoris (BF, long head), Gastrocnemius lateralis (GL) и Gastrocnemius medialis (GM), Tibialis anterior (TA), и Soleus (SOL). Ние избравме дел од нив опишани подолу во делт (МЕТОДИ)

Во однос на стандардната нормализациона процедура Ericson (1986) се гледа дека, со оптоварување од 120 W (користејќи 54 % од максималната аеробна моќност), се предизвикува ниво на ЕМГ активност од **45%, 44% и 32% од IMVC (isometric maximal voluntary contraction- максимална изометриска контаркција) респективно за VL, VM и SOL (три моно-артикуларни мускули). За би-артикуларните мускули како RF и GL нивото на електромагнетна активност е пониско (22% и 18% од IMVC).**

За време на екстензија во коленото први се активираат VL, VM и RF; на крајот на екстензијата се активираат SM, ST и BF и работат до крај на флексијата во коленото; GL започнува на крај на екстензијата и завршува на крај на флексијата; TA – започнува од средината на флексијата во коленото, а завршува во почетокот на екстензијата. Активацијата на мускулите на долните екстремитети за време на возење велосипед за време на еден циклус зависи од: 1) разлики во начинот на возење 2) модификации во позицијата на телото и позицијата на стапалото врз педалата (Martinez, A.C. 2017) 3) кај некои испитувани лица (2-8 од 12), овие мускули имале 2 различни начини на активација. Од тука произлегува дека ко-активацијата на моноартикуларните агонисти и нивните биартикуларни антагонисти даваат уникатно решение за насоката на силата на возењето (van Ingen Schenau et al., 1992). Мускулниот замор регистриран на електромиографот е изразен со нагло намалување на средната брзина во однос на времето, кое води до зголемување на средната амплитуда и доаѓа до слабост на мускулите што води до болки во коленото, можни се и повреди (Wang, L. 2018).

2. МЕТОДОЛОГИЈА

ЗАДАЧИ: Да се изврши контролен преглед за општата состојба (возраст, тежина, висина) и проценка (пулс и крвен притисок-RR) на испитуваните лица; да се следи работата на срцето за време на испитувањето; да се регистрира (ЕМГ) електрмиографска активност на 6-те испитувани мускули (на десна нога) за време на тестот, и да се анализираат во однос амплитуда и фреквенција; да се споредат податоците со претходни испитувања; да се направи корелација помеѓу поединечните мускули;

МАТЕРИЈАЛИ: За испитување на метаболитичките параметри - апарат за пулс и за крвен притисок RR; за електромиографското испитување - површински електроди- Електромиограф; за извршување на Astrand 6 minute Cycle Test - 6 минутен субмаксимален тест - статичен електронски велосипед (со ергометар)-монитор за следење отчукувањата на срцето –Штоперица.

МЕТОДИ: предмет - ЕМГ електрмиографска анализа за време Astrand 6 minute Cycle Test (6 минутен субмаксимален тест): шест нетренирани жени (возраст 23 ± 1 год; висина $157,1 \pm 4,4$ cm; телесна маса $60,7 \pm 6,9$ kg;)

Електродите се поставуваат на мускулите кои ги испитуваме: **1. Vastus lateralis (VL); 2. Rectus femoris (RF); 3. Semitendinosus (ST); 4. Biceps femoris (BF, long head); 5. Gastrocnemius lateralis (GL); 6. Tibialis anterior (TA) - шесте испитани мускули на десната нога** и се прави проверка на сигналот на истите. Потоа се започнува со тестот. Самиот тест се состои од 10 min загревање, 6 min оптоварување и 5 min опоравување.

Загревање 10 мин: Со почетна моќност **25 W**, брзина **60 rpm**-(revolution per minute) вртежи во минута.

Оптоварување 6 минути: 2 минути по загревањето **60 rpm**, асистентот ја прилагодува моќноста (W) одредена за испитаникот ја дава командата “оди” и вклучува штоприца.

Опоравување 5 минути: по 6-те мин лицето продолжува да врти со моќност **25 W** и **60 rpm** уште **5 min** - Асистентот го забележува почетниот отпор и брзината во протоколот и го забележува пулсот на секоја минута во текот на целиот процес.

Статистичка обработка: Податоците се обработени статистички со помош на Prism 3.0 и Microsoft Excel 2007. Пресметана е средна аритметичка вредност (\bar{x}) и стандардно отстапување (sd).

Средната аритметична веричина (\bar{x}) е рамна на сумата од измерените случаи врз бројот на случаите n .

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Стандартното отстапување (sd).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

3. РЕЗУЛТАТИ

Претставени се резултати од мускулната активност за време на возење велосипед (Астарн Римиг 6 минути оптоварувачки тест), приложени се антропометриските податоци и податоци за обштата состојба на испитаните лица седна врдноста.

Антропометриски податоци на сите испитани лица-средна вредност: (возраст 23 ± 1 год; висина $157,1 \pm 4,4$ cm; телесна маса $60,7 \pm 6,9$ kg;)

Динамика на кардио-респираторните параметри, крвниот притисок и отчукувањата на срцето во мирување на сите испитани лица - средна вредност: (mmHg $112/68 \pm 12/9$; пулс во пауза(bpm) 86 ± 9)

Активација на мускулите за еден циклус вртење на педалите

M.Vastus lateralis (VL) - се активира прв и е активен од почетокот до крајот на екстензијата во коленото. Амплитудата му е висока и на крајот на фазата се намалува постепено.

M.Rectus femoris (RF)- исто така се вклучува во фазата на екстензија, но малку по-рано од VL и со пониска амплитуда.

M.Semitendinosus(SM)- се вклучува со ко-активација, т.е. (додека VL и RF се уште активни) и е активен до крајот на целиот циклус на едно вртење на педалата (скоро 95% од времето е активен, но со ниска амплитуда).

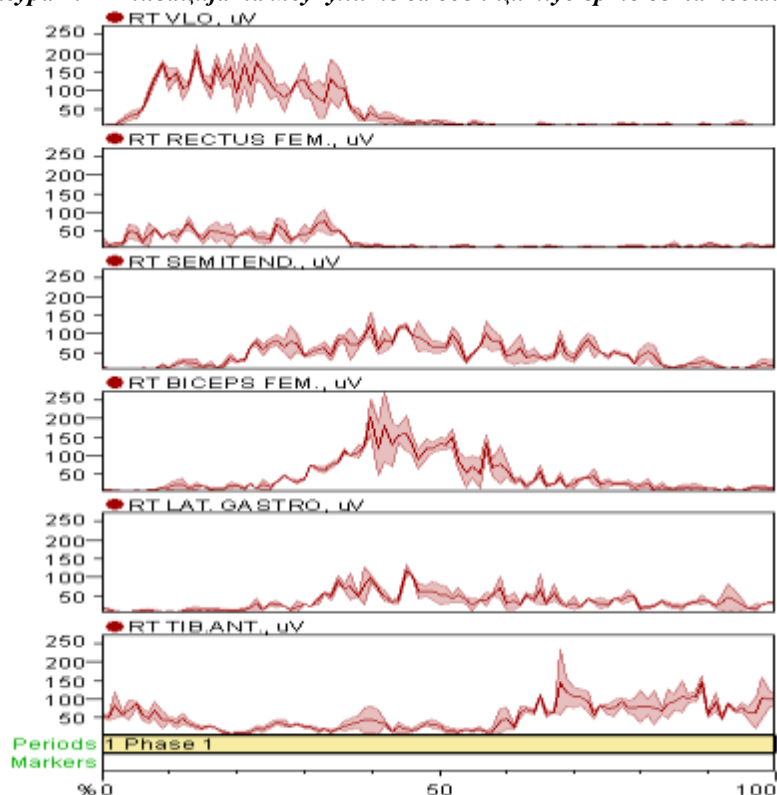
M.Biceps femoris(BF)-исто како претходниот мускул, но со нагло покачување на амплитудата и нагло паѓа на крајот.

M.Gastrocnemius lat(GL).- започнува на крајот на екстензијата и завршува на крај на флексијата, преку цело време е со ниска амплитуда.

M.Tibialis anterior(TA) – започнува од почетокот на фазата на флексија со висока амплитуда и завршува на почетокот на екстензијата.

Претставените податоци се усреднени од два циклуса на вртење на педалите на крајот на првата минута од фазата на оптоварување, т.е. пред да настане замор.

Фигура 1. Активација на мускулите за еден циклус вртење на педалите



ЕМГ-средна амплитуди на сите мускули кои ги испитуваме за време на возење велосипед средна вредност од сите испитани лица

Табела 1. ЕМГ- амплитуда на одделните мускули.

(m.m)	Vl	Rf	St	Bf	Gl	Ta
Време- (min)	Амплитуда (Ampl)					
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	0,97	0,91	0,82	0,98	1,01	0,95
2	0,96	0,94	0,84	1,05	0,94	0,94
3	0,90	1,02	1,07	1,03	1,51	0,84
4	0,99	1,04	0,81	0,88	1,56	0,77
5	1,02	0,96	1,02	0,86	1,75	0,84
6	1,05	1,09	0,85	0,90	1,61	1,18
7	0,94	1,00	0,88	0,90	1,74	0,77
8	1,01	1,05	1,04	0,93	1,63	0,71
9	0,91	0,99	0,99	0,94	1,31	0,95
10	2,93	2,38	1,88	2,43	2,68	1,30
11	3,38	2,66	1,80	2,25	2,37	1,52
12	3,68	3,26	1,93	2,42	2,79	1,46
13	4,08	3,37	1,95	2,57	2,26	1,48
14	4,28	3,50	2,00	2,79	2,35	1,71
15	4,52	3,95	2,06	3,10	2,10	1,58
16	4,60	4,17	2,05	3,01	1,98	1,30
17	1,53	1,20	1,67	1,84	0,98	1,13
18	1,50	1,27	1,12	1,19	1,09	0,97
19	1,21	1,25	0,95	1,12	1,37	0,90
20	1,27	1,33	0,98	0,86	1,52	0,87
21	1,16	1,14	1,54	1,37	1,38	0,97

ЕМГ- амплитуди за еден циклус на вртење на педалите на сите испитани мускули, средна вредност од сите испитани лица.

Фигура 2. ЕМГ на одделните мускули за време на целото испитување.



4. НАОДИ

Во однос на стандардната нормализациона процедура Ericson (1986) се гледа дека, се предизвикува ниво на ЕМГ активност од **45%, 44% и 32% од IMVC (isometric maximal voluntary contraction) респективно за VL, VM и SOL (три моно-артикуларни мускули). За би-артикуларните мускули како RF и GL нивото на електромагнетна активност е пониско (22% и 18% од IMVC).** Каде што истото може да се види и кај нас од **(Табела 1.во делот РЕЗУЛТАТИ).**

Фреквентната анализа на добиените ЕМГ-изводи, врз основа на динамиката на просечната фреквенција за време на тестот покажува одреден степен на замор кај m.vastus lateralis, m. biceps femoris и m. rectus femoris, додека замор не е забележан кај другите мускули. Заморот веројатно е поврзан со намаленото регрутирање на големите моторни единици.

5. ЗАКЛУЧОК

Изведените ЕМГ студии овозможуваат диференцирана анализа на екстензорите и флексорите, вклучени во еден циклус на педалата.

Во оваа студија е претставена сеопфатна анализа на невромускулните параметри кај нетренирани жени за време на оптеретување, како динамиката на ЕМГ-фреквентни амплитуди и спектри. Слични испитувања со ЕМГ активност на сите скелетните мускули кои учествуваат за време на тестот се малку. Тоа претставува интерес и за спортската пракса за овие дисциплини, поврзани со тестови за визички напор. Користени се и добро совладани многу методи и техники за работа со современа истражувачка опрема, вештини за анализа, толкување и презентација на добиените податоци.

ЛИТЕРАТУРА

- Гавријски, В., Стефанова, Д., Киселкова, Е., & Бичев, К. (2006). Физиологија на човека со физиологија на спорта III. Нови знања Софија.
- Пенчева, Н. (2008). ЕКГ-Електрокардиографија, ЕЕГ-Електроенцефалогарфија, ЕМГ-Електромиографија, Благоевград.
- Basmajian, J.V., & DeLuca, C.J. (1995). Muscles alive. Their functions revealed by electromyography (5th edition).
- Hug F., & Dorel S. (2009) Electromyographic analysis of pedaling. *Jurnal of Electromyography and Kineziology* 19: 182-189 , France.
- Gonzalez, M., Malanda, A., Amezqueta, I.N., Gorostiaga, E.M., & Mallor, F. (2010). EMG spectral and muscle power Fatigu during dynamic contractions. *Jurnal of Electromyography and Kinesiology* 20:333-3240
- Stegman, D.F., Blok, J.H., Hermens, H.J., & Roelvelde, K. (2000). Surface EMG models: properties and applications. *Jurnal of Electromyography and Kinesiology* 10:313-326
- Swain, R. (1994). Target HR for the development of CV fitness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26 (1), p. 112-116
- Córdoval, A., Nuin, I., Fernández, D.L., Latasa, I., & Rodríguez, J.F., (2017). Electromyographic (EMG) activity during pedalling, its usefulness in diagnosing fatigue in cyclists
- Wang L., Wang, Y., Ma, A., Ma, G., Ye, Y., Li, R. & Lu, T. (2018). A Comparative Study of EMG Indices in Muscle Fatigue Evaluation Based on Grey Relational Analysis during II-Out Cycling Exercise
- Cycling Exercise Jurasz , M., Boraczyński, M., Wójcik, Z. and Gronek, P. (2022). Neuromuscular Fatigue Responses of Endurance- and Strength-Trained Athletes during Incremental
- Hug, F., & Dorel,S. (2018). Electromyographic analysis of pedaling
- Rothschild, J.A., Islam, H., Bishop, D.J., Kilding, A.E., Stewart, T. & Plews, D.J. (2021). Factors Influencing AMPK Activation During Cycling Exercise: A Pooled Analysis and Meta-Regression.