ISSN 2221-1217
ФІЗИЧНА АКТИВНІСТЬ, ЗДОРОВ'Я І СПОРТ. 2014. №1(15). С. 19-27
PHYSICAL ACTIVITY HEALTH AND SPORT. 2014. №1(15). P. 19-27

• ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ, МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ ТА ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ КВАЛІФІКОВАНИХ СПОРТСМЕНІВ

• THEORETICAL AND METHODOLOGICAL, MEDICAL, BIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF QUALIFIED SPORTSMEN PREPARATION

УДК 612.743:799.322.2

ЗАЛЕЖНІСТЬ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМІОГРАМИ ВІД СИЛИ СКОРОЧЕННЯ М'ЯЗІВ ЛУЧНИКІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ІМІТАЦІЙНИХ ВПРАВ

Любомир ВОВКАНИЧ[1], Богдан ВИНОГРАДСЬКИЙ[1], Іванна КОВАЛЬ[2], Оксана КОВТУЛ[2]

[1] *Львівський державний університет фізичної культури, Львів, Україна*
[2] *Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна*

Анотація. Опис залежності між силою скорочення м'язів та амплітудно-частотними характеристиками електроміограми важливий для розуміння механізмів регуляції сили скорочення м'язових груп. Мета роботи: визначити характер залежностей середньої частоти та амплітуди інтерференційної електроміограми (ІЕМГ) кількох м'язів лучників (*m. deltoideus*, *m. trapezius*, *m. infraspinatus*) від сили натягу тятиви. У дослідженні взяли участь 7 лучників високої кваліфікації. Установлено, що амплітуда ІЕМГ цих м'язів збільшується при зростанні зусилля. Залежності мали переважно нелінійний характер, зміни для ІЕМГ м'язів правої сторони тіла – більшими. Для більшості м'язів виявлено підвищення середньої частоти ІЕМГ при зростанні зусилля. Отже, збільшення сили м'язових скорочень у імітаційній вправі забезпечується активацією додаткових рухових одиниць та підвищенням частоти імпульсації мотонейронів.

Ключові слова: стрільба з лука, сила скорочення м'язів , інтерференційна електроміограма, амплітуда, частота.

Постановка проблеми. Електроміографія – це сучасний метод дослідження електричної активності скелетних м'язів людини. Методи електроміографічних досліджень широко застосовуються в біомеханіці для встановлення особливостей активації м'язів під час виконання рухів [5, 13]. Аналіз інтерференційної електроміограми (ІЕМГ) набув великого поширення у практиці спортивних досліджень, оскільки дозволяє проаналізувати активність різних груп м'язів під час виконання рухів чи підтримання пози [2, 12]. Для якісного проведення такого аналізу необхідні дані щодо залежності амплітудно-частотних параметрів електроміограми від сили скорочення (напруження) м'язів . Хоча на сьогодні загальновизнаним є положення про збільшення амплітуди ІЕМГ при збільшенні напруження м'язів , проте рівняння цієї залежності остаточно не встановлено. Окремі автори описують її рівнянням прямої, інші – нелінійними рівняннями [4, 9, 11, 12, 15]. Залишається до кінця не з'ясованим також характер залежності величини м'язових зусиль від частоти ІЕМГ. Окремі автори зазначають, що рівняння цих залежностей певною мірою залежать від форми та типу скорочень [12], які можуть зумовлюватись особливостями виконання тієї чи іншої спортивної вправи. Тому важливим є дослідження залежності характеристик ІЕМГ від зусилля м'язів лучників під час виконання ними імітаційних вправ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні автори досить широко охарактеризували зміни амплітуди ІЕМГ окремих м'язів лучників під час виконання пострілу. Основну увагу дослідники приділили вивченню активності м'язів передпліччя, поясу верхньої кінцівки [6–8, 17]. Меншою мірою проаналізовано електричну активність м'язів тулуба [14]. Основними характеристиками ІЕМГ є максимальна та середня амплітуда коливань, частота коливань та ам-

© Вовканич Л., Виноградський Б., Коваль І., Ковтул О., 2014

плітудно-частотне співвідношення [1, 5]. Водночас у цих публікаціях не описано залежність між силою скорочення м'язів та амплітудно-частотними характеристиками ІЕМГ. Це особливо важливо для розуміння механізмів регуляції сили м'язових груп, які задіяні під час натягування та фіксації тятиви упродовж виконання цілісної вправи. Саме тому в цій публікації проаналізовано зміни амплітудно-частотних характеристик м'язів верхніх кінцівок та спини, які виникають при збільшенні зусилля під час виконання імітаційної вправи (холостої стрільби).

Мета роботи полягає у встановленні характеру залежностей середньої частоти та амплітуди інтерференційної електроміограми м'язів верхніх кінцівок та спини кваліфікованих лучників від сили натягу тятиви під час виконання імітаційної вправи.

Методи та організація дослідження. У дослідженні взяли участь 7 лучників високої спортивної кваліфікації (КМС–МС) віком 18–20 років. Дослідження проводили в науковій лабораторії кафедри анатомії та фізіології Львівського державного університету фізичної культури. Реєстрацію електроміограми виконували за допомогою електроміографа «Нейро-МВП-Микро» (ООО «Нейрософт», Російська Федерація) згідно зі стандартними вимогами [1, 2, 18]. Використовували чашечкові електроди діаметром 10 мм. Під час запису інтерференційної (поверхневої) електроміограми (ІЕМГ) реєструвальний електрод розташовували на шкірі досліджуваного над ділянками локалізації моторної точки відповідних м'язів [1, 2, 18]. Реєстрували електричну активність *m. deltoideus* (надплечова частина), *m. trapezius* (висхідна та поперечна частини), *m. infraspinatus*. Реєстрацію здійснювали упродовж виконання імітаційної вправи "холоста стрільба" (тобто без випуску тятиви), величину зусилля вимірювали за допомогою електронного динамометра. На початку досліджень вимірювали максимальне зусилля, надалі обстежуваний відтворював зусилля на рівні 20, 40, 60 та 80% від максимального. Характеристики ІЕМГ визначали на основі трьох спроб за кожної градації зусилля. ІЕМГ аналізували за допомогою програмного забезпечення "Нейро-МВП.NETω" (версія 3.01.29.0). Визначали такі показники ІЕМГ: середню амплітуду (мВ), середню частоту (Гц), амплітудно-частотний коефіцієнт (мкВ/с). Отримані показники аналізували за загальноприйнятими методами статистки з використанням математичних і статистичних функцій програми Microsoft Office Excel 2003. Регресійний аналіз виконували з допомогою програми SPSS 11.5 [16].

Виклад основного матеріалу. Ми встановили, що максимальна сила, яку розвивали спортсмени під час виконання вправи "холоста стрільба", коливалася від 22 до 40 кГ. Середнє значення максимальної сили становило 29,6±2,52 кГ. При цьому сила натягу тятиви луків в обстежених спортсменів коливалася від 14,3 до 20,7 кГ, тобто вона в середньому становила 61,41±3,27% від максимальної.

Під час виконання зусилля на рівні 20% від максимального середня амплітуда ІЕМГ досліджуваних м'язів коливалася в широких межах (табл. 1). Так, мінімальне значення цієї величини в різних лучників знаходилося в діапазоні 0,165–0,206 мВ, а максимальне – 0,265–1,046 мВ (табл. 1). За зусилля на рівні 20% від максимального рівня середня амплітуда ІЕМГ м'язів правої сторони тіла становить 63%–82% від аналогічного показника м'язів лівої сторони (за винятком висхідної частини *m. trapezius*). Проте вже за зусиль на рівні 40%–60% від максимального рівня ці показники стають практично однаковими, а за зусиль на рівні 80% від максимальних середня амплітуда ІЕМГ м`язів правої сторони на 20–60% більша (див. табл. 1). Водночас були виявлені значні індивідуальні відмінності амплітуди ІЕМГ, обумовлені, очевидно, відмінностями в розвитку мускулатури та різною величиною опору шкірно-жирового шару спортсменів.

Під час аналізу індивідуальних кривих залежності середньої амплітуди ІЕМГ від зусилля лучника встановлено збільшення цього показника в усіх випадках. Для унормування ІЕМГ та усунення впливу індивідуальних коливань проаналізовано залежності відносної амплітуди ІЕМГ (у відсотках) щодо величини зусилля м'язів лучника. При цьому за 100% прийняли середнє значення амплітуди ІЕМГ під час максимального зусилля. Результати однофакторного дисперсійного аналізу внормованих залежностей вказують на наявність достовірного зростання середньої амплітуди ІЕМГ при збільшенні зусилля лучника в усіх випадках (табл. 2).

Установлено, що амплітуда ІЕМГ збільшується при зростанні сили натягу лука. При цьому зміни середньої амплітуди ІЕМГ відрізнялися для різних м'язів та для аналогічних м'язів контрлатеральної сторони тіла. Зміна середньої амплітуди ІЕМГ м'язів правої сторони тіла спортсменів (рис. 1а) була більшою, ніж показника симетричних м'язів лівої сторони тіла (рис. 1б).

Таблиця 1

Характеристики середньої амплітуди ІЕМГ стрільців із лука під час виконання субмаксимальних зусиль (M±m, n = 7)

Скелетні м'язи	Середня амплітуда ІЕМГ (мВ)			
	справа		зліва	
	20% макс.	80% макс.	20% макс.	80% макс.
m. deltoideus (надплечова частина)	0,458±0,090	1,385±0,290	0,729±0,067	0,986±0,108
m. trapezius (висхідна частина)	0,574±0,073	1,033±0,136	0,443±0,064	0,616±0,127
m. trapezius (поперечна частина)	0,536±0,078	1,109±0,115	0,652±0,087	0,976±0,141
m. infraspinatus	0,227±0,009	0,832±0,465	0,321±0,032	0,573±0,089

Таблиця 2

Результати однофакторного дисперсійного аналізу змін середньої амплітуди ІЕМГ (% від максимальної) стрільців із лука під час виконання зусиль у діапазоні 20–100% від максимального (n = 7)

Скелетні м'язи	Достовірність змін			
	справа		зліва	
	F	P	F	P
m. deltoideus (надплечова частина)	20,39	<0,0001	3,89	0,024
m. trapezius (висхідна, частини)	5,78	0,004	9,89	0,0004
m. trapezius (поперечна частини)	10,91	0,0001	3,88	0,024
m. infraspinatus	48,08	<0,0001	36,84	<0,0001

Примітка. F – критерій Фішера.

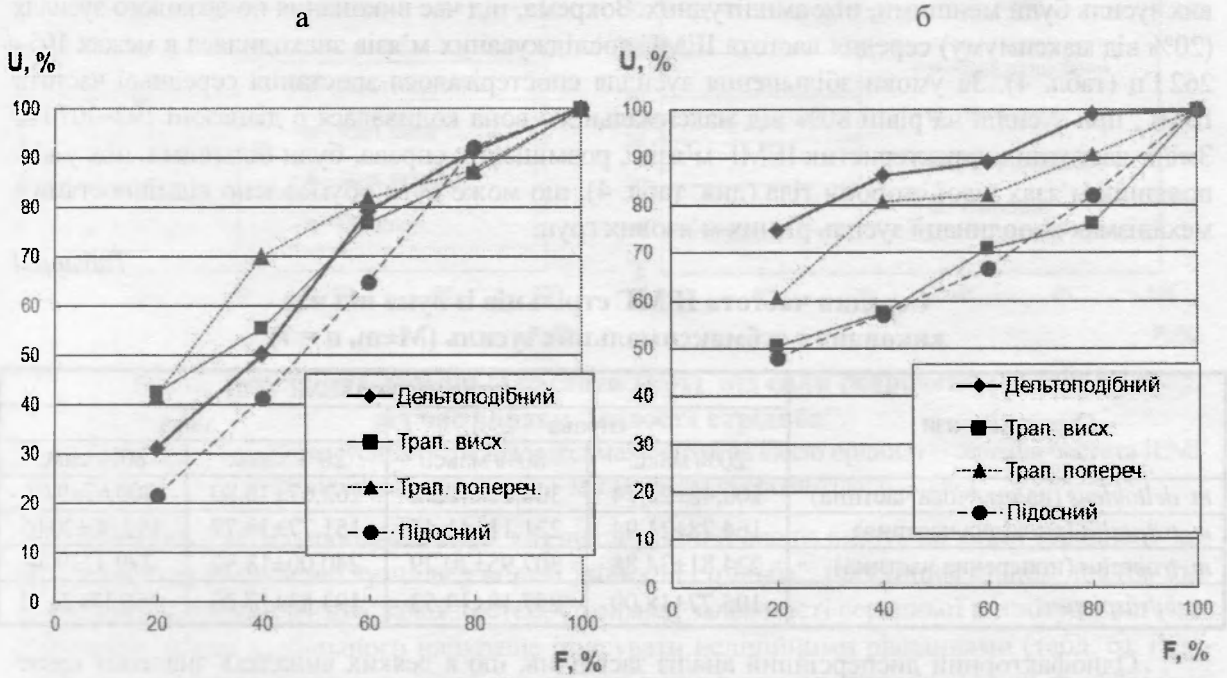


Рис. 1. **Залежність амплітуди ІЕМГ від сили скорочення м'язів під час вправи "холоста стрільба".**

За віссю абсцис – величина зусиль (F, % від максимального); за віссю ординат – середня амплітуда ІЕМГ (U, % від максимальної); а – м'язи правої сторони тіла; б – лівої

Отримані залежності середньої амплітуди від сили скорочення м'язів найкраще описувати нелінійними рівняннями (табл. 3). Зокрема, результати регресійного аналізу вказують на те, що лише в одному випадку (правий *m. trapezius*) зростання середньої амплітуди ІЕМГ під впливом збільшення сили скорочення найкраще описувати лінійною залежністю. Для інших м'язів ця залежність найчастіше мала степеневий (4 випадки), експоненціальний (2 випадки) та логарифмічний (1 випадок) характер. Отримані закономірності дозволяють змоделювати механізми регулювання активності симетричних м'язів лівої та правої сторони тіла лучників за умови збільшення зусиль у вправі "холостий постріл".

Таблиця 3

Математичний опис залежності середньої амплітуди ІЕМГ (% від максимальної) від величини зусилля м'язів під час виконання вправи "холоста стрільба" (n = 7)

Скелетні м'язи	Критерій Фішера для математичних моделей							
	для м'язів правої сторони				для м'язів лівої сторони			
	лінійна	логарифмічна	степенева	експоненціальна	лінійна	логарифмічна	степенева	експоненціальна
m. deltoideus (надплечова частина)	68,4	106,4	180,3	29,14	41,83	76,10	92,61	34,88
m. trapezius (висхідна, частини)	231,2	65,04	174,0	77,29	48,29	14,17	25,38	109,7
m. trapezius (поперечна частини)	35,13	244,9	81,31	16,63	34,27	59,58	60,69	23,02
m. infraspinatus	147,3	59,7	432,4	40,74	131,1	19,37	35,52	1264

Примітка. Виділено величини параметрів математичних моделей, які найточніше описують експериментальну залежність.

Другою важливою характеристикою ІЕМГ є середня частота електричних коливань. За даними наших досліджень, зміни частотних параметрів ІЕМГ при збільшенні величини м'язових зусиль були меншими, ніж амплітудних. Зокрема, під час виконання початкового зусилля (20% від максимуму) середня частота ІЕМГ досліджуваних м'язів знаходилася в межах 105–262 Гц (табл. 4). За умови збільшення зусилля спостерігалося зростання середньої частоти ІЕМГ, при зусиллі на рівні 80% від максимального вона коливалася в діапазоні 192–307 Гц. Зміни частотних характеристик ІЕМГ м'язів , розміщених справа, були більшими, ніж у відповідних м'язах лівої сторони тіла (див. табл. 4), що може бути обумовлено відмінностями в механізмах координації зусиль різних м'язових груп.

Таблиця 4

Середня частота ІЕМГ стрільців із лука під час виконання субмаксимальних зусиль (M±m, n = 7)

Скелетні м'язи	Середня частота ІЕМГ (Гц)			
	справа		зліва	
	20% макс.	80% макс.	20% макс.	80% макс.
m. deltoideus (надплечова частина)	200,48±28,74	304,81±10,80	262,67±15,80	300,67±9,03
m. trapezius (висхідна частина)	164,78±21,94	221,11±11,44	151,77±19,77	192,00±20,05
m. trapezius (поперечна частина)	224,81±34,88	307,95±20,29	240,00±18,92	279,33±9,40
m. infraspinatus	105,77±18,09	257,19±13,53	193,83±17,20	256,17±24,71

Однофакторний дисперсійний аналіз засвідчив, що в деяких випадках значення критерію Фішера недостатні для статистичного підтвердження наявності змін середньої частоти ІЕМГ при збільшення величини зусилля (табл. 5). Зокрема, унаслідок порівняно невеликих змін середньої частоти ІЕМГ та значних індивідуальних коливань, зміни цього показника для *m. trapezius* (зліва) залишилися статистично недостовірними (див. табл. 5).

Отримані результати свідчать, що середня частота ІЕМГ зростає при збільшенні сили тяги у вправі "холоста стрільба". При цьому зміни середньої частоти м'язів правої сторони тіла спортсменів (рис. 2а) були більшими, ніж у відповідних м'язів лівої сторони тіла (рис. 2б). Під час відтворення зусилля 20% від максимального рівня середня частота ІЕМГ м'язів правої сторони тіла становила 55–94% від аналогічного показника м'язів лівої сторони. За умови зусилля на рівні 40% ці показники були практично аналогічні (97–111%), а при збільшенні сили натягу співвідношення частоти ІЕМГ між симетричними м'язами правої та лівої сторони тіла майже не змінювалося.

Таблиця 5

Результати однофакторного дисперсійного аналізу змін середньої частоти ІЕМГ (% від максимальної) стрільців із лука під час виконання зусиль у діапазоні 20–100% від максимального (n = 7)

Скелетні м'язи	Достовірність змін			
	справа		зліва	
	F	P	F	P
m. deltoideus (надплечова частина)	8,81	0,0004	3,23	0,047
m. trapezius (висхідна частина)	3,04	0,051	*1,36*	*0,2847*
m. trapezius (поперечна частина)	4,84	0,009	*1,44*	*0,261*
m. infraspinatus	49,52	<0,0001	3,75	0,028

Примітка. Курсивом виділено показники, зміни яких недостовірні.

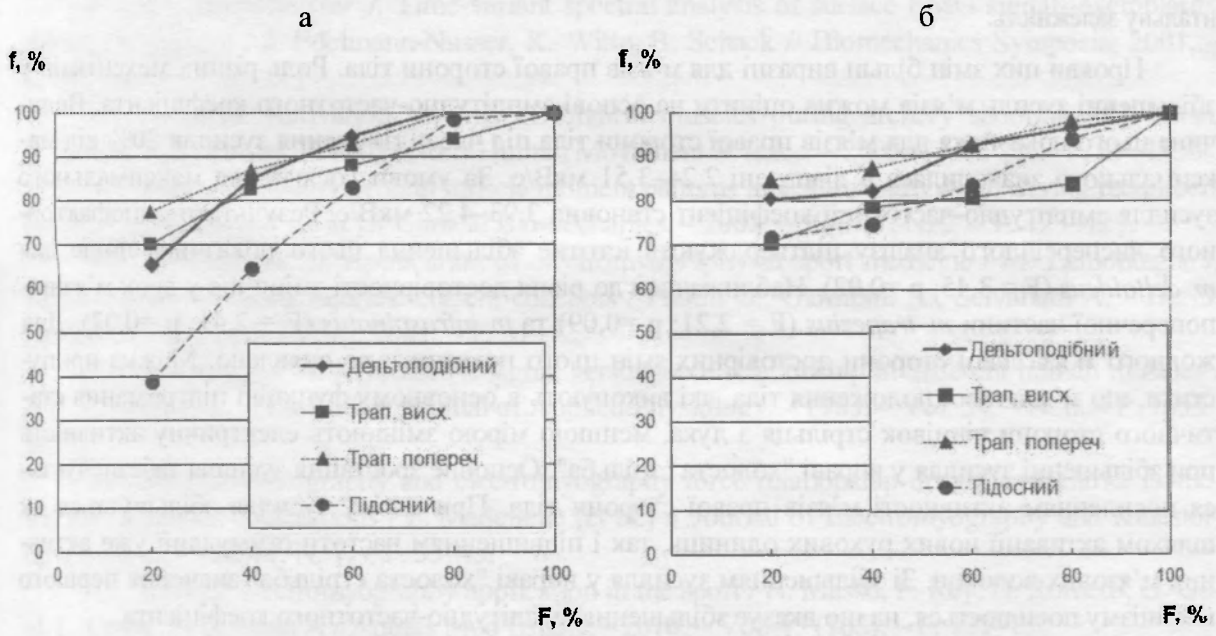


Рис. 2. **Залежність середньої частоти ІЕМГ від сили скорочення м'язів під час вправи "холоста стрільба".**

За віссю абсцис – величина зусиль (F, % від максимального); за віссю ординат – середня частота ІЕМГ (f, % від максимальної); а – м'язи правої сторони тіла; б – лівої

Оскільки для більшості м'язів (6 з 8) дисперсійний аналіз вказує на зміни середньої частоти ІЕМГ при збільшенні зусилля у вправі "холоста стрільба", наступним етапом аналізу стало з'ясування характеру цих залежностей. Отримані залежності середньої амплітуди від сили скорочення м'язів здебільшого найкраще описувати нелінійними рівняннями (табл. 6). Результати регресійного аналізу свідчать про те, що лише в одному випадку (лівий *m. deltoideus*) зростання середньої частоти ІЕМГ під впливом збільшення сили скорочення найкраще описувати лінійною залежністю. Для інших м'язів ця залежність мала степеневий (2 випадки), логарифмічний (2 випадки) та експоненціальний (1 випадок) характер.

Таким чином, можна стверджувати, що збільшення зусиль м'язових скорочень у вправі "холоста стрільба" забезпечується не лише активацією додаткових рухових одиниць (зумовлює збільшення середньої амплітуди ІЕМГ), але й зростанням частоти імпульсації мотонейронів (пропорційним до середньої частоти ІЕМГ).

Таблиця 6

Математичний опис залежності середньої частоти ІЕМГ (% від максимальної) від величини зусилля м'язів під час виконання вправи "холоста стрільба" (n = 7)

Скелетні м'язи	Критерій Фішера для математичних моделей							
	для м'язів правої сторони				для м'язів лівої сторони			
	лінійна	логарифмічна	степенева	експоненціальна	лінійна	логарифмічна	степенева	експоненціальна
m. deltoideus (надплечова частина)	15,16	74,96	54,64	12,32	63,85	26,14	27,48	57,15
m. trapezius (висхідна, частини)	85,59	329,4	530,6	50,79	–	–	–	–
m. trapezius (поперечна частини)	37,19	151,5	177,0	31,53	–	–	–	–
m. infraspinatus	37,12	251,1	131,5	19,27	110,7	20,1	23,94	128,1

Примітка. Виділено величини параметрів математичних моделей, які найкраще описують експериментальну залежність.

Прояви цих змін більш виразні для м'язів правої сторони тіла. Роль різних механізмів у збільшенні зусиль м'язів можна оцінити на основі амплітудно-частотного коефіцієнта. Величина цього показника для м'язів правої сторони тіла під час відтворення зусилля 20% від максимального знаходилася в діапазоні 2,24–3,51 мкВ/с. За умови досягнення максимального зусилля амплітудно-частотний коефіцієнт становив 3,93–4,22 мкВ/с. Результати однофакторного дисперсійного аналізу підтверджують істотне збільшення цього показника лише для *m. deltoideus* (F = 3,45; p =0,02). Наближалися до рівня достовірності зміни ще у двох м'язів – поперечної частини *m. trapezius* (F = 2,21; p =0,09) та *m infraspinatus* (F = 2,41; p =0,07). Для жодного м'яза лівої сторони достовірних змін цього показника не виявлено. Можна припустити, що м'язи лівої положення тіла, які виконують в основному функцію підтримання статичного сторони кінцівок стрільця з лука, меншою мірою змінюють електричну активність при збільшенні зусилля у вправі "холоста стрільба". Основне зростання зусилля забезпечується посиленням активності м'язів правої сторони тіла. При цьому зусилля збільшується як шляхом активації нових рухових одиниць, так і підвищенням частоти стимуляції уже активних м'язових волокон. Зі збільшенням зусилля у вправі "холоста стрільба" значення першого механізму посилюється, на що вказує збільшення амплітудно-частотного коефіцієнта.

Висновки:

1. Установлено, що амплітуда ІЕМГ низки скелетних м'язів збільшується при зростанні зусилля під час виконання імітаційної вправи у стрільбі з лука. Ця залежність мала степеневий (4 випадки), експоненціальний (2 випадки), логарифмічний (1 випадок) чи лінійний (1 випадок) характер. Зміна середньої амплітуди ІЕМГ м'язів правої сторони тіла спортсменів була більшою за відповідні м`язи лівої сторони тіла

2. Для більшості м`язів (6 з 8) виявлено істотне підвищення середньої частоти ІЕМГ при зростанні зусилля у вправі "холостої стрільби". Ця залежність мала степеневий (2 випадки), логарифмічний (2 випадки), експоненціальний (1 випадок) чи лінійний (1 випадок) характер. Зміни середньої частоти ІЕМГ м'язів правої сторони тіла спортсменів були більшими, ніж для симетричних м'язів лівої сторони тіла.

3. Збільшення сили м'язових скорочень у вправі "холоста стрільба" забезпечується не лише активацією додаткових рухових одиниць (зумовлює збільшення середньої амплітуди

ІЕМГ), але й підвищенням частоти імпульсації мотонейронів (пропорційним до середньої частоти ІЕМГ). Із збільшенням зусилля у вправі "холоста стрільба" роль першого механізму зростає.

Перспективи подальших досліджень полягають у аналізі проявів виявлених механізмів регуляції м'язових зусиль під час стрільби з лука на дистанції.

Список літератури

1. *Николаев С. Г.* Атлас по электромиографии / С. Г. Николаев. – Иваново : ИПК ПресСто, 2010. – 468 с.
2. *Николаев С. Г.* Практикум по клинической электромиографии / С. Г. Николаев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Иваново : Иван. гос. мед. академия, 2003. – 264 с.
3. Application of EMG in clinical and sport medicine / ed. by Catriona Steele. – InTech, 2012. – 396 p.
4. EMG frequency content change with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of man and woman / M. Bilodeau [et al.] // Electromyography and Kinesiology. – 2003. – Vol. 13, N 1. – P. 83–92.
5. De Luca C.J. The use of surface electromyography in biomechanics / C. J. De Luca // Journal of Applied Biomechanics. – 1997. – Vol. 29. – N 9. – P. 135–163.
6. *Edelmann-Nusser J.* Coordinative aspects of archery – an approach using surface-electromyography / J. Edelmann-Nusser, A. Gollhofer // 16 International Symposium on Biomechanics in Sports, 1998. – 1998. – P. 153–156.
7. *Edelmann-Nusser J.* Time-variant spectral analysis of surface EMG signals-exemplarity shown for archery / J. Edelmann-Nusser, K. Witte, B. Schack // Biomechanics Symposia, 2001. – P. 166–169.
8. *Ertan H.* Activation patterns in forearm muscles during archery shooting / H. Ertan, B. Kentel, S. T. Tumer, F. Korkusuz // Human Movement Science. – 2003. – Vol. 22. – P. 37–45.
9. Lower extremity general muscle moment patterns in healthy individuals during recumbent cycling / S. M. Gregor [et al.] // Clinical Biomechanics. – 2002. – Vol. 17, N. 2. – P. 123–129.
10. *Lamontagne M.* Application of electromyography in sport medicine / M. Lamontagne // Rehabilitation of sports injuries: current concepts / Puddu G., Giombini A., Selvanetti A. – Berlín Heidelberg : Springer Verlag, 2001. – P. 31–42.
11. *Lawrence J. H.* Myoelectric signal versus force relationship in different human muscles / J. H. Lawrence, C. J. De Luca // Journal of Applied Physiology. – 1983. – Vol. 54. – N. 6. – P. 1653–1659.
12. Mechanomyography and electromyography force relationship during concentric, isometric and eccentric contractions / P. Madeliene [et al.] // Journal of Electromyography and Kinesiology. – 2000. – Vol. 10, N. 1. – P. 33–45.
13. Surface electromyography application in the sport / N. Masso, F. Rey, D. Romero, G. Gual, L. Costa, A. German A //Apunts Med Esport. – 2010. – Vol. 45 (165). – P. 121–130.
14. *Nishizono H.* Analysis of archery shooting techniques by means of electromyography / H. Nishizono, H. Shibayama, T. Izuta, K. Sito // 5 International Symposium on Biomechanics in Sports, 1987. – P. 364–372.
15. *Solomonow M.* The EMG-force relationships of skeletal muscle; dependence on contraction rate, and motor units control strategy / M. Solomonow, R. Baratta, H. Shoji, R. D'Ambrosia // Electromyogr Clin Neurophysiol. – 1990. – Vol. 30. – P. 141–152.
16. SPSS. Исскуство обработки информаци / пер. с нем. А. Бююль, П. Цефель. – СПб. : ДиаСофтЮП. – 2002. – 608 с.
17. *Tinazci C.* Shooting dynamics in archery: A multidimensional analysis from drawing to releasing in male archers / C. Tinazci // Procedia Engeneering. – 2011. – Vol/.13. – P. 209–296.
18. *Weiss L.* Easy EMG: a guide to performing nerve conduction studies and electromyography / L. Weiss, J. K. Silver, J. Weiss J. – Butterworth-Heinmann an Imprint of Elsevier, 2004. – 271 p.

ЗАВИСИМОСТЬ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ ОТ СИЛЫ СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦ ЛУЧНИКОВ ВО ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ УПРАЖНЕНИЙ

Любомир ВОВКАНЫЧ[1], Богдан ВИНОГРАДСКИЙ[1] Иванна КОВАЛЬ[2], Оксана КОВТУЛ[2]

[1]Львовский государственный университет физической культуры, Львов, Украина
[2]Львовский национальный университет имени Ивана Франко, Львов, Украина

Аннотация. Характеристика зависимости между силой сокращения мышц и амплитудно-частотными показателями электромиограммы важна для понимания механизмов регуляции силы сокращения мышечных групп. Цель работы: определение характера зависимостей средней частоты и амплитуды интерференционной электромиограммы (ИЭМГ) некоторых мышц лучников (*m. deltoideus*, *m. trapezius*, *m. infraspinatus*) от силы натяжения тетивы. В исследовании приняли участие 7 лучников высокой квалификации. Установлено, что амплитуда ИЭМГ этих мышц повышается при увеличении усилия. Зависимости имели преимущественно нелинейный характер, изменения для ИЭМГ мышц правой стороны тела более выражены. Для большинства мышц обнаружено повышение средней частоты ИЭМГ при увеличении усилия. Следовательно, увеличение силы мышечных сокращений в имитационном упражнении обеспечивается активацией дополнительных двигательных единиц и повышением частоты импульсации мотонейронов.

Ключевые слова: стрельба из лука, сила сокращения мышц, интерференционная электромиограмма, амплитуда, частота.

THE DEPENDENCE OF GAIN-FREQUENCY PARAMETERS OF ELECTROMYOGRAM ON THE FORCE OF MUSCLES CONTRACTION DURING THE IMITATION ARCHERY EXERCISES

Lyubomyr VOVKANYCH[1], Bohdan VYNOHRADSKY[1] Ivanna KOVAL'[2], Oksana KOVTUL[2]

[1]Lviv State University of Physical Culture, Lviv, Ukraine
[2]Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

Abstract. Analysis of dependence between forceof muscles contraction and gain-frequency parameters of electromyogram is important for understanding of the mechanisms of regulation of the muscular group contractions. This paper is aimed on the determination of type of dependences between average frequency and amplitude of surface electromyogram (SEMG) of the muscles (*m. deltoideus*, *m. trapezius*, *m. infraspinatus*) of archers from tension of bow-string. High-skilled archers (7 males) were investigated. It is found that amplitude of these muscles SEMG increase proportionally to force growth. Dependences are mainly nonlinear, changes in SEMG of muscles of the right part of body – bigger. For most muscles the increase of average frequency of SEMG during the growth of force is found. Thus, the increase of muscular contraction force in the imitation archery exercise is caused by mobilization of additional motor units and increase of firing frequency of the motoneurons.

Keywords: archery, force of muscles contraction, surface electromyogram, amplitude, frequency.

References

1. *Nykolaev S. G.* Atlas po elektromyografyy [Atlas of Electromyography]. Yvanovo : YPK PresSto, 2010. 468 s. *(Rus.)*

2. *Nykolaev S. G.* Praktykum po klynycheskoj elektromyografyy [Practicum on clinical electromyography] : yzdanye vtoroe, pererab. y dop. Yvanovo : Yvan. gos. med. akademyja, 2003. 264 s. *(Rus.)*

3. Application of EMG in clinical and sport medicine / ed. by Catriona Steele. InTech, 2012. 396 p.

4. *Bilodeau M. et al.* EMG frequency content change with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of man and woman // Electromyography and Kinesiology. 2003. V. 13. № 1. P. 83–92.

5. *De Luca C. J.* The use of surface electromyography in biomechanics // Journal of Applied Biomechanics. 1997. V. 29. № 9. P. 135–163.

6. *Edelmann-Nusser J., Gollhofer A.* Coordinative aspects of archery – an approach using surface-electromyography // 16 International Symposium on Biomechanics in Sports, 1998. 1998. P. 153–156.

7. *Edelmann-Nusser J., Witte K., Schack B.* Time-variant spectral analysis of surface EMG signals-exemplarity shown for archery // Biomechanics Symposia, 2001. P. 166–169.

8. *Ertan H., Kentel B., Tumer S. T., Korkusuz F.* Activation patterns in forearm muscles during archery shooting // Human Movement Science. 2003. V. 22. P. 37–45.

9. *Gregor S.M. et al.* Lower extremity general muscle moment patterns in healthy individuals during recumbent cycling // Clinical Biomechanics. 2002. V. 17. №. 2. P. 123–129.

10. *Lamontagne M.* Application of electromyography in sport medicine // Rehabilitation of sports injuries: current concepts / Puddu G., Giombini A., Selvanetti A. eds. Berlín Heidelberg: Springer Verlag, 2001. P. 31–42.

11. *Lawrence J.H., De Luca C. J.* Myoelectric signal versus force relationship in different human muscles // Journal of Applied Physiology. 1983. V. 54. №. 6. P. 1653–1659.

12. *Madeliene P. et al.* Mechanomyography and electromyography force relationship during concentric, isometric and eccentric contractions // Journal of Electromyography and Kinesiology. 2000. V. 10. №. 1. P. 33–45.

13. *Masso N., Rey F., Romero D., Gual G., Costa L., German A.* Surface electromyography application in the sport //Apunts Med Esport. 2010. V. 45 (165). P. 121–130.

14. *Nishizono H., Shibayama H., Izuta T., Sito K.* Analysis of archery shooting techniques by means of electromyography // 5 International Symposium on Biomechanics in Sports, 1987. P. 364–372.

15. *Solomonow M., Baratta R., Shoji H., D'Ambrosia R.* The EMG-force relationships of skeletal muscle; dependence on contraction rate, and motor units control strategy // Electromyogr Clin Neurophysiol. 1990. V. 30. P. 141–152.

16. SPSS. Iskusstvo obrabotky ynformacy [Art of information processing] / per. s nem. A. Bjujul', P. Cëfel'. SPb. : DyaSoftJuP, 2002. 608 s. *(Rus.)*

17. *Tinazci C.* Shooting dynamics in archery: A multidimensional analysis from drawing to releasing in male archers // Procedia Engeneering. 2011. 13. P. 209–296.

18. *Weiss L., Silver J. K., Weiss J.* Easy EMG: a guide to performing nerve conduction studies and electromyography. Butterworth-Heinmann an Imprint of Elsevier, 2004. 271 p.

Стаття надійшла до редколегії 02.03.2014