

## ГЕНДЕРНІ ТА ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ Н-РЕФЛЕКСОМЕТРІЇ У СПОРТСМЕНІВ

Надійшла 12.06.17

У групі здорових тренуваних людей (44 особи, спортсмени-біатлоністи) досліджували залежні від віку та статі особливості результатів Н-рефлексометрії (відведення ЕМГ від камбалоподібного м'яза – *m. soleus*). Тестовані були поділені на чотири групи – юніори (вік менше 20 років) та дорослі (20–30 років) чоловіки та жінки. Досліджені показники демонстрували певні статистично значущі відмінності у чоловіків та жінок, більш виражені в групах дорослих. Значення порогів генерації Н- та М-відповідей були вищими у жінок порівняно з такими у чоловіків. Амплітуди максимальних Н- та М-розрядів у чоловіків (як юніорів, так і дорослих) вірогідно перевищували відповідні значення у жінок. Деякі показники демонстрували значущі відмінності у різних вікових групах, що було більш вираженим у чоловіків. У дорослих спортсменів амплітуди М-відповідей були вищими, а співвідношення максимальних Н- та М-відповідей – нижчими, ніж у юніорів. Обговорюються вірогідні причини гендерних та вікових особливостей показників Н-рефлексометрії.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** нервово-м'язовий апарат, Н-рефлексометрія, камбалоподібний м'яз, адаптація до фізичного навантаження, гендерні та вікові особливості.

### ВСТУП

Проблема рухового навчання в наш час привертає широку увагу; в даному аспекті накопичена велика кількість нових фактів щодо пластичності центральних моторних структур [1–3]. Як відомо, дія довготривалих фізичних навантажень різного напрямку супроводжується в організмі людини структурно-функційними пластичними перебудовами на рівні спінальних структур, котрі здійснюють безпосередній контроль активності скелетної мускулатури [4].

Н-рефлексометрія є досить цінним методичним підходом у дослідженнях спінальних сегментарних нейронних систем моторного контролю; дана методика дозволяє неінвазивно реєструвати моносинаптичні рефлекси у людини та вивчати сегментарні та низхідні впливи, що надходять від різних відділів ЦНС до спінальних мотонейронних пулів [5]. У літературі повідомлялося про наявність певних від-

мінностей показників Н-рефлексометрії в осіб, що є спортсменами різної спеціалізації (тобто фізично тренуваними особами) [6] та про вплив тренувань на параметри Н-рефлексу [7]. У той же час гендерні та вікові відмінності параметрів Н-рефлексів у різних людських популяціях (зокрема, у спортсменів) поки залишаються недостатньо вивченими.

Ми досліджували залежні від віку та статі особливості параметрів, отриманих з використанням Н-рефлексометрії, в осіб з високим рівнем адаптації до фізичного навантаження (кваліфікованих спортсменів).

### МЕТОДИКА

У дослідженнях взяли участь 44 тестованих обох статей (22 чоловіки та 22 жінки). Всі вони були кваліфікованими спортсменами-біатлоністами, тобто мали досить високий рівень тренуваності щодо тривалих фізичних навантажень. Використовували найбільш розповсюджену методику Н-рефлексометрії з відведенням ЕМГ-розрядів від камбалоподібних м'язів литки (*m. soleus*), детально описану в нашій попередній роботі; модифіка-

<sup>1</sup> Академія фізичного виховання і спорту, Гданськ (Польща).

<sup>2</sup> Національний університет фізичного виховання і спорту, Київ (Україна).

<sup>3</sup> Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Київ (Україна).  
Ел. пошта: gork@biph.kiev.ua (А. В. Горковенко).

ції методики були мінімальними [5]. Статистичний аналіз отриманих числових даних проводили з використанням програми «SPSS Statistics 17.0». Для оцінки залежності досліджуваних величин від статі та віку учасників з урахуванням сторони тіла, на якій відводили ЕМГ-сигнали, використовували трифакторний дисперсійний аналіз. При цьому міжгруповими факторами виступали стать (дві категорії – жінки та чоловіки) і вік (також дві категорії – юніори та дорослі). До груп юніорів були віднесені спортсмени віком 16–19 років, а до дорослих – жінки 20–28 років та чоловіки 20–30 років. Згідно з такими принципами поділу були сформовані чотири обстежені групи – юніори та дорослі жінки та чоловіки; кожна з груп складалася з 11 осіб. Фактор сторони відведення був внутрішньогруповим і мав два рівні – ліва та права кінцівки відповідно. За рівень статистичної значущості при міжгрупових порівняннях приймали  $P < 0.05$ .

Аналізували наступні електронейроміографічні параметри: порогові значення струму стимуляції для Н- та М-відповідей, співвідношення ПН/ПМ, тобто згаданих вище порогових значень для Н- та М-відповідей, максимальні амплітуди цих відповідей, а також  $H_{max}/M_{max}$  – співвідношення вказаних максимальних амплітуд. Як вже згадувалося, показники вимірювали при відведеннях від *m. soleus* правої та лівої кінцівок.

## РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

Трифакторний дисперсійний аналіз не виявив значущої залежності величин усіх вимірюваних показників від сторони відведення Н-рефлексу. Отже, нижче наведені результати двофакторного дисперсійного аналізу, в якому факторами виступають лише стать і вік (див. таблицю).

На величини порогів виникнення Н- та М-розрядів статистично значущо впливав лише фактор статі; у жінок середні значення даного параметра були вірогідно більшими. Фактор віку в даному разі не був статистично значущим; не була значущою і взаємодія факторів статі та віку (див. рисунок, А, Б). Відомо, що жирові прошарки на кінцівках в організмі жінок звичайно є відносно більшими, ніж у чоловіків [8]. Логічно вважати, що вищі порогові значення для генерації Н- та М-відповідей у жінок можуть бути пов'язані з дещо

більшою товщиною підшкірної жирової клітковини в місцях черезшкірної стимуляції нерва і, відповідно, більшим електричним опором щодо подразнюючого струму.

### Результати дисперсійного аналізу залежності параметрів Н-рефлексометрії від віку та статі тестованих

Параметр	Фактори					
	стать		вік		стать × вік	
	F	P	F	P	F	P
ПН	<b>26.17</b>	<b>0.000</b>	0.14	0.711	0.34	0.541
АН	<b>8.41</b>	<b>0.006</b>	0.73	0.397	1.67	0.204
ПМ	<b>21.02</b>	<b>0.000</b>	0.92	0.344	0.47	0.498
АМ	<b>14.57</b>	<b>0.001</b>	<b>10.11</b>	<b>0.003</b>	4.03	0.052
ПН/ПМ	0.29	0.596	2.19	0.148	0.45	0.506
АН/АМ	0.11	0.747	<b>5.31</b>	<b>0.028</b>	0.12	0.737

Примітки. ПН та АН – поріг генерації та максимальна амплітуда Н-розряду відповідно; ПМ та АМ – поріг та амплітуда М-відповіді відповідно; ПН/ПМ та АН/АМ – співвідношення порогів та амплітуд Н- та М-розрядів відповідно. Напівжирним шрифтом виділені випадки статистично вірогідного впливу вказаних факторів.

За результатами оцінки амплітуди Н-розряду, на даний параметр статистично значущо впливав лише фактор статі; у жінок середні значення даного параметра були вірогідно меншими. Фактор віку, а також взаємодія факторів статі та віку не були статистично значущими (див. рисунок, В). Оцінки величин амплітуди М-розрядів засвідчили, що статистично значущими факторами виступали як стать, так і вік. У дорослих спортсменів і у чоловіків загалом даний показник був вищим (Г). Більші амплітуди максимальних Н- та М-відповідей у чоловіків у порівнянні з аналогічними показниками у жінок, скоріш за все, зумовлені відчутно більшим об'ємом м'язових волокон у м'язах нижніх кінцівок у чоловіків, ніж у жінок. Крім того, відомо, що фізичні тренування однакової спрямованості у жінок призводять до меншої функційної гіпертрофії м'язів, ніж у чоловіків [8].

За результатами оцінки співвідношень порогів Н- та М-відповідей зазначені фактори та їх взаємодія впливали на цей показник статистично значущо (див. рисунок, Д). Що ж до співвідношення амплітуд даних відповідей, то значущим виявився лише фактор віку. В юніорів зазначений показник у середньому був більшим (Е). Вищі амплітуди М-відповідей і, як наслідок цього, менші співвідно-

шення амплітуд максимальних Н- та М-відповідей у дорослих спортсменів у порівнянні з молодими можуть бути наслідком певної вікової специфіки адаптаційних реакцій нервової системи щодо фізичного навантаження. Нервові механізми, активність яких визначає силу скорочення м'яза, при тривалих фізичних тренуваннях забезпечують рекрутування більшого числа рухових одиниць, діючих синхронно, а також деяке зниження інтенсивнос-

тей аутогенного і супрасегментарного гальмування. Останній феномен зумовлює розгальмування мотонейронів активних м'язів [8]. Різниця параметрів Н-рефлексометрії у дорослих спортсменів та юніорів може бути також пов'язана з різним рівнем гіпертрофії м'язів; очевидно, що ступінь такої гіпертрофії залежить від стажу спортсменів.

Таким чином, у нашій роботі виявилися певні гендерні та вікові особливості функціонування нервово-м'язового апарату людини в умовах Н-рефлексометрії. Ці прояви специфіки, з одного боку, є генетично зумовленими, а з іншого – пов'язаними з різним ступенем проявів адаптаційних реакцій нервової та м'язової систем щодо фізичного навантаження.

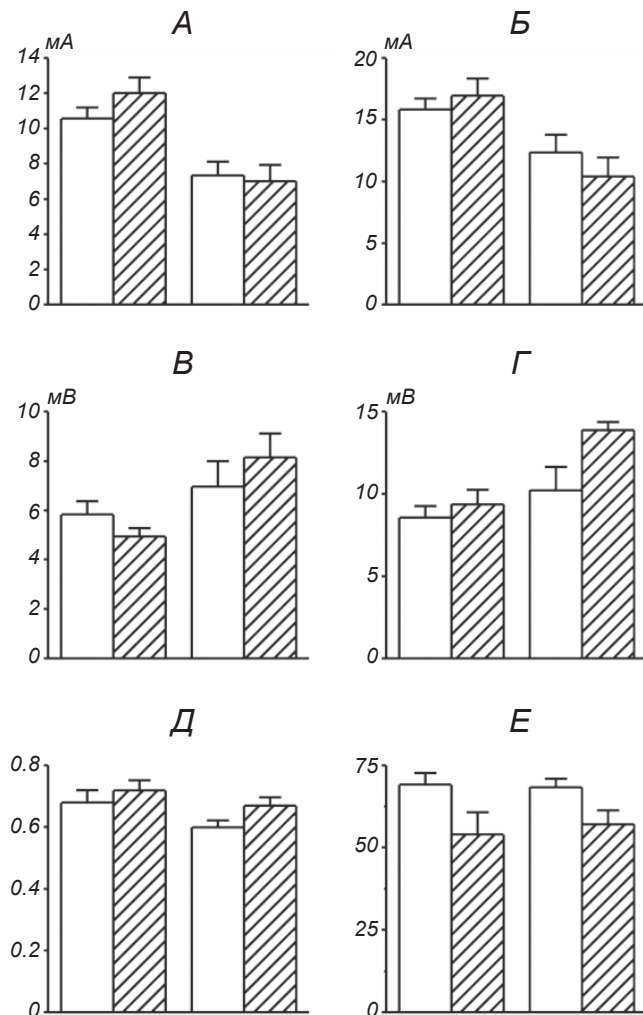
У цілому, в жінок значення порогів виникнення Н- та М-відповідей є дещо вищими, а максимальні амплітуди обох даних ЕМГ-розрядів – нижчими, ніж у чоловіків. У дорослих спортсменів амплітуди М-відповідей є вищими, а співвідношення максимальних амплітуд Н- та М-відповідей – меншими у порівнянні з аналогічними показниками у молодих спортсменів (юніорів). Очевидно, що гендерні та вікові особливості показників, зареєстрованих у перебігу Н-рефлексометрії, мають певним чином братися до уваги при використанні даної методики.

Дослідження проводили у відповідності до положень Хельсінкської Декларації (1975, пізніші редакції 1996–2013). Попередня письмова інформована згода була отримана від усіх суб'єктів, котрі брали участь у тестах.

Автори даної роботи – М. Дорновський, О. В. Колосова, А. В. Горковенко – підтверджують відсутність будь-яких конфліктів щодо комерційних або фінансових відносин, відносин з організаціями або особами, котрі будь-яким чином могли бути пов'язані з дослідженням, а також взаємовідносин співавторів статті.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ю. Г. Васильев, Д. С. Берестов, *Гомеостаз и пластичность мозга*, Ижевск (2011).
2. J. R. Wolpaw and A. M. Tennissen, "Activity-dependent spinal cord plasticity in health and disease," *Annu. Rev. Neurosci.*, **24**, 807-843 (2001).
3. B. Tahayori and D. M. Koceja, "Activity-dependent plasticity of spinal circuits in the developing and mature spinal cord," *Neur. Plast.* (2012), 964843. Online <http://www.hindawi.com/journals/np/2012/964843/>.



Середні значення параметрів Н-рефлексометрії у спортсменів-біатлоністів різних статі та віку.

Відведення ЕМГ від правого *m. soleus*. А та Б – пороги виникнення Н- та М-відповідей відповідно, мА; В та Г – максимальні амплітуди цих відповідей, мВ; Д та Е – співвідношення порогів Н- та М-відповідей та амплітуд цих розрядів відповідно. Ліві та праві пари стовпчиків – параметри у жінок і чоловіків, білі та заштриховані стовпчики – параметри у молодих (юніорів) та дорослих спортсменів відповідно.

4. Е. Ю. Андриянова, О. В. Ланская, “Механизмы двигательной пластичности спинномозговых нервных цепей на фоне долговременной адаптации к спортивной деятельности,” *Физиология человека*, **40**, № 3, 73-85 (2014).
5. E. V. Kolosova and É. I. Slivko, “Fatigue-induced modulation of the H reflex of the soleus muscle in humans,” *Neurophysiology*, **38**, Nos. 5/6, 426-431 (2006).
6. R. Ozmerdivenli, S. Bulut, T. Urat, and A. Ayar, “The H- and T-reflex response parameters of long- and short-distance athletes,” *Physiol. Res.*, **51**, No. 4, 395-400 (2002).
7. M. E. Ceballos-Villegas, J. J. Saldana Mena, A. L. Gutierrez Lozano, et al., “The complexity of H-wave amplitude fluctuations and their bilateral cross-covariance are modified according to the previous fitness history of young subjects under track training,” *Front. Human Neurosci.*, **11**, 530 (2017).
8. L. Kenney, J. Wilmore, and D. Costill, *Physiology of Sport and Exercise*, Human kinetics, Champaign, Illinois (2015).