

УДК: 612.741+612.816

Гендерні особливості функціонального стану нервово-м'язового апарату у осіб з високим рівнем адаптації до фізичного навантаження О.В.Колосова

Національний університет фізичного виховання та спорту України (Київ, Україна)
olena_kolos@ukr.net

У тестах у групі здорових людей (22 особи, вік 20–30 років), тренуваних до фізичного навантаження, досліджували особливості функціонування нервово-м'язового апарату в різних гендерних групах. Використовували електронейромиографічну (ЕНМГ) методику Н-рефлексометрії камбалоподібного м'яза (*m. soleus*). Тестовані були поділені на 2 групи за гендерною ознакою (чоловіки та жінки, в кожній групі по 11 осіб). Виявлено, що ЕНМГ-показники мали достовірні відмінності у чоловіків та жінок. Так, порогові значення Н- та М-відповідей у жінок були вищі в порівнянні з чоловіками, що може бути пов'язане з більшою товщиною підшкірної жирової клітківки в жіночому організмі. Крім цього, амплітуди максимальних Н- та М-відповідей у жінок були нижче, ніж у чоловіків, що може бути наслідком меншої м'язової маси у жінок та меншого об'єму м'язових волокон у м'язах жінок, ніж чоловіків. У той же час показники співвідношення максимальних Н- та М-відповідей, які є мірою сегментарної рефлексорної збудливості альфа-мотонейронів, не мали достовірних відмінностей у двох групах. Отримані результати відображають гендерні особливості функціонального стану нервово-м'язового апарату, які є генетично обумовленими, а також пов'язані з адаптаційними реакціями нервової та м'язової систем до фізичного навантаження.

Ключові слова: *нервово-м'язовий апарат, Н-рефлекс, камбалоподібний м'яз, адаптація до фізичного навантаження, гендерні особливості.*

The gender particularities of neuromuscular system state in humans with high level of adaptation to physical exercise O.V.Kolosova

Twenty two physically trained people, 20-30 years of age, took part in this EMG-study. To assess the functional state of humans neuromuscular system the method of H-reflex of soleus muscle was used. Registration of EMG-signals and tibial nerve stimulation were performed using neurodiagnostic complex (Nicolet Viking Select, USA-Germany). All tested people were divided in two groups – 11 males and 11 females. It was found that EMG-parameters had significant differences in men and women. H- and M-responses thresholds were higher in women than in men. This might be due to thicker subcutaneous fat tissue in female body. The amplitudes of the maximal H- and M-responses were smaller in women than in men. This might be the evidence of less muscle weight and muscle fiber volume in women in comparison with men. But the indices of segmental reflex motoneuron excitability (ratios of maximal H-and M-responses amplitudes) were equal in men and women. Such results reflects gender particularities of the functional state of human neuromuscular system, which are determined genetically and are also associated with adaptive neuromuscular system reactions to physical activity.

Key words: *neuromuscular system, H-reflex, soleus muscle, adaptation to physical activity, gender particularities.*

Гендерные особенности функционального состояния нервно-мышечного аппарата у людей с высоким уровнем адаптации к физической нагрузке Е.В.Колосова

В тестах в группе здоровых людей (возраст 20–30 лет), тренированных к физической нагрузке, исследовали особенности функционирования нервно-мышечного аппарата в разных гендерных группах. Использовали электронейромиографическую (ЭНМГ) методику Н-рефлексометрии камбаловидной мышцы (*m. soleus*). Испытуемые были разделены на 2 группы по гендерному признаку (мужчины и женщины, в каждой группе по 11 человек). Установлено, что ЭНМГ-показатели имели достоверные отличия у мужчин и женщин. Так, пороговые значения Н- и М-ответов у женщин были выше по сравнению с мужчинами, что может быть связано с большей толщиной подкожной жировой

клетчатки в женском организме. Кроме этого, амплитуды максимальных Н- и М-ответов у женщин были ниже, чем у мужчин, что может быть следствием меньшей мышечной массы у женщин и меньшего объема мышечных волокон в мышцах женщин, чем мужчин. В то же время показатели соотношения максимальных Н- и М-ответов, являющиеся мерой сегментарной рефлекторной возбудимости альфа-мотонейронов, не имели достоверных отличий в двух группах. Полученные результаты отображают гендерные особенности функционального состояния нервно-мышечного аппарата, обусловленные генетически, а также связанные с адаптационными реакциями нервной и мышечной систем к физической нагрузке.

Ключевые слова: *нервно-мышечный аппарат, Н-рефлекс, камбаловидная мышца, адаптация к физической нагрузке, гендерные особенности.*

Вступ

Пластичність нервової та м'язової систем організму людини полягає в різноманітних змінах структурно-функціональної та метаболічної організації під впливом різних факторів і бере участь у виникненні та закріпленні біологічно корисних змін (Костюк, 1974; Иоффе, 2005). Відомо, наприклад, що під впливом довгострокового фізичного навантаження в організмі людини відбуваються морфофункціональні зміни, що відображають розширення його функціональних можливостей, збільшення працездатності (Уилмор, Костилл, 2001). Функціональний стан нейромоторної системи можна оцінити за рівнем рефлекторної збудливості альфа-мотонейронів, який визначає реалізацію найпростіших рухових рефлексів, які в свою чергу впливають на прояв довільної м'язової діяльності (Поварещенкова, Петров, 2009).

У нашій роботі стан сегментарного рухового апарату оцінювали за параметрами Н-рефлексу камбалоподібного м'яза. Як відомо, Н-рефлекс є моносинаптичною рефлекторною відповіддю, що відводиться від м'яза в умовах електричної стимуляції її низькопорогових аферентів, що йдуть у складі м'язового або змішаного нерва. Цей рефлекс обумовлений активацією аферентних волокон Іа, які починаються від м'язових веретен цього м'яза і закінчуються безпосередньо на її мотонейронах (Бадалян, Скворцов, 1986). За допомогою методу Н-рефлексометрії можна оцінити індивідуальну організацію гальмівних та збуджуючих процесів внутрішньосегментарних систем та характер низхідних впливів з вищих відділів ЦНС на мотонейронний пул на сегментарному рівні (Команцев, 2006).

У літературі повідомлялося про зміни параметрів Н- та М- (прямих м'язових) відповідей камбалоподібного м'яза у осіб, що мають компресію спинномозкових нервів (Андриянова, Городничев, 2006). Іншими авторами було показана різниця показників Н-рефлексометрії камбалоподібного м'яза у легкоатлетів різної спеціалізації (спринтерів та стайерів) (Цветков, 1998). Значення порогу та амплітуди максимальних рефлекторних рухових відповідей тестованих м'язів мали відмінності у спортсменів на різних етапах підготовки, тобто на етапі довгострокової адаптації до фізичного навантаження параметри функціонального стану нервово-м'язового апарату відповідають вимогам, які є необхідними для реалізації тренувальних навантажень у даному виді спорту (Михайлова, Поварещенкова, 2010). В наших попередніх роботах також було виявлено відмінності у параметрах Н-рефлексометрії у спортсменів, що займаються різними видами спорту (Колосова, Халявка, 2016). Проте при цьому не було досліджено гендерних відмінностей параметрів Н-рефлексометрії. Не було також проведено дослідження змін показників Н-рефлексометрії при реорганізації нервово-м'язової системи людини під впливом адаптації до фізичного навантаження окремо у чоловіків та жінок. Тим часом, зміни функціонального стану нервово-м'язового апарату у спортсменів можуть слугувати моделлю для дослідження механізмів пластичності нервової та м'язової систем.

Таким чином, вважалось доцільним вивчення гендерних відмінностей електронейроміографічних показників, а також оцінка гендерних особливостей адаптації нервово-м'язового апарату людини до фізичних навантажень. Метою нашої роботи було детальне дослідження гендерних особливостей параметрів Н-рефлексометрії камбалоподібного м'яза у тренуваних осіб з високим рівнем адаптації до фізичного навантаження.

Методика

В дослідженнях брали участь 22 тестованих обох статей (11 чоловіків та 11 жінок), у віці від 20 до 30 років (середній вік $23,4 \pm 0,7$ років), без неврологічних захворювань в анамнезі та симптомів неврологічної патології на момент обстеження. Всі учасники були ознайомлені з процедурою тестів

і дали інформовану згоду. Обстежувані мали високий рівень тренуваності до фізичного навантаження (кваліфіковані спортсмени-біатлоністи).

Для оцінки функціонального стану нервово-м'язової системи використовували методику Н-рефлексометрії камбалоподібного м'язу литки (*m. soleus*) (Бадалян, Скворцов, 1986; Команцев, 2006). Під час дослідження тестована особа знаходилася в положенні лежачи на животі, ступні вільно звисали з кушетки. Н-рефлекс викликали біполярною черезшкірною стимуляцією великогомілкового нерву (*n. tibialis*) у підколінній ямці (поодиноким імпульсом тривалістю 1 мс). Для електроміографічного відведення Н- та М-відповідей від камбалоподібного м'язу використовували пару стандартних поверхневих електродів площею по 0,8 см², відстань між центрами яких була 20 мм. Реєстрацію ЕМГ-сигналів та стимуляцію *n. tibialis* проводили за допомогою нейродіагностичного комплексу Nicolet Viking Select (США-Німеччина). Для отримання середнього значення Н-рефлексу, що відповідає певному стану, усереднювали відповіді на 3-5 стимулів. Статистичний аналіз даних проводився за допомогою програми "Origin 7.0" (OriginLab, США).

Результати та обговорення

Аналізували наступні ЕНМГ-параметри: P_H і P_M (порогові значення сили стимулюючого току, необхідні для виникнення мінімальних Н- та М-відповідей), P_H/P_M (співвідношення порогових значень Н- та М-відповідей), H_{\max} і M_{\max} (значення амплітуд максимальних Н- та М-відповідей), H_{\max}/M_{\max} (співвідношення значень амплітуд максимальних Н- та М-відповідей в %). Отримували показники для правої (ПК) та лівої (ЛК) кінцівок. Усереднювали показники для кожної групи тестованих. Достовірність відмінностей параметрів в різних групах визначали за допомогою критерію Стьюдента для парних виборок.

Аналіз отриманих даних показав, що в цілому в групі обстежуваних осіб ЕНМГ-параметри знаходились в межах норми, що корелювало з суб'єктивними відчуттями – відсутністю болю та рухових обмежень (табл. 1). Для порівняльного аналізу спортсмени були розділені на дві групи: група 1 – чоловіки (11 осіб; середній вік 24,0±1,0 років), група 2 – жінки (11 осіб, середній вік 22,8±0,8 років) (табл. 2).

Таблиця 1.

Електронейроміографічні показники всієї групи тестованих (mean±se)

ЕНМГ-параметр	Норма	Бік тіла	Тестовані, 22 особи
P_H , мА	3–12	ПК	9,8±0,9
		ЛК	8,1±0,6
P_M , мА	5–20	ПК	14,6±1,4
		ЛК	12,2±1,1
P_H/P_M , умов. од.	<1	ПК	0,69±0,03
		ЛК	0,69±0,02
H_{\max} , мВ	3–12	ПК	6,4±0,6
		ЛК	6,8±0,6
M_{\max} , мВ	3–15	ПК	12,0±0,7
		ЛК	12,4±1,0
H_{\max}/M_{\max} , %	40–100	ПК	55,0±3,8
		ЛК	53,9±3,6

Виявлено, що електронейроміографічні показники мають достовірні відмінності у чоловіків та жінок. Так, у жінок спостерігалися достовірно ($p < 0,05$) вищі порогові значення Н- та М-відповідей, ніж у чоловіків, що може бути пов'язане з більшою товщиною підшкірної жирової клітковки у жінок, що призводить до збільшення електричного опору. За даними літератури відомо, що вміст жиру в організмі вище у жінок, ніж у чоловіків (Уилмор, Костилл, 2001). Таким чином, отримані результати в цілому узгоджуються з даними наших попередніх досліджень, в яких був виявлений взаємозв'язок порогових значень Н- та М-відповідей камбалоподібного м'язу з рівнем вмісту жиру в організмі спортсменів, що спеціалізуються у стрибках у воду та велоспорті (Колосова и др., 2017).

Таблиця 2.
Порівняння електронейромиографічних показників чоловіків та жінок (mean±se)

ЕНМГ-параметр	Норма	Бік тіла	Чоловіки	Жінки
P _H , мА	3–12	ПК	7,5±1,1	12,6±1,0*
		ЛК	6,6±1,1	9,4±0,5*
P _M , мА	5–20	ПК	11,4±1,9	18,7±2,0*
		ЛК	9,6±1,8	14,5±1,3*
P _H /P _M , умов.од.	<1	ПК	0,70±0,05	0,69±0,04
		ЛК	0,72±0,04	0,67±0,03
H _{макс} , мВ	3–12	ПК	7,4±0,8	4,8±0,4*
		ЛК	7,7±0,9	6,2±0,9
M _{макс} , мВ	3–15	ПК	13,1±0,7	9,1±1,4*
		ЛК	13,8±1,5	10,7±1,5
H _{макс} /M _{макс} , %	40–100	ПК	55,3±4,3	53,4±9,0
		ЛК	58,3±5,3	50,9±5,7

Примітка. * достовірність відмінностей між групами $p < 0,05$.

Окрім цього, у чоловічої групи були виявлені більші амплітуди максимальних Н- та М-відповідей в порівнянні з жінками, що може бути наслідком більшого об'єму м'язових волокон (в першу чергу за рахунок більшої площі їх поперечного перерізу, а також внаслідок їх більшої довжини) у м'язах чоловіків, ніж жінок. Саме більший об'єм м'язових волокон (і більша загальна м'язова маса, як наслідок) дозволяє чоловічому організму розвивати більшу силу, ніж жіночому. За даними досліджень, гістологічні та біохімічні якості у м'язів чоловіків та жінок не мають відмінностей (Schantz et al., 1983). Хоча абсолютні силові показники у чоловіків в середньому більше, ніж у жінок, при розрахуванні сили відносно одиниці площі поперечного перерізу м'яза різниці не спостерігається (Уилмор, Костилл, 2001). Відомо, що в процесі фізичних тренувань однакової спрямованості для жінок також є характерним менший ступінь гіпертрофії м'язів, ніж для чоловіків (Уилмор, Костилл, 2001). Більші амплітуди максимальних М-відповідей у чоловіків можуть свідчити також про більшу вираженість адаптаційних реакцій нервової системи, що призводять до залучення додаткових рухових одиниць, які діють синхронно та збільшують здатність м'яза розвивати силу. При цьому показник співвідношення максимальних Н- та М-відповідей, що відображає рівень сегментарної рефлексорної збудливості альфа-мотонейронів (Коц, 1975), не мав достовірних відмінностей у двох групах, що може свідчити про подібність спінальних регуляторних механізмів у чоловіків і жінок, оскільки камбалоподібний м'яз, який в основному складається з повільних моторних одиниць, здебільшого контролюється на рівні спинного мозку (Коц, 1975).

Таким чином, можна зробити висновок, що існують певні гендерні особливості функціонування нервово-м'язового апарату людини, які, з одного боку, є генетично та гормонально обумовленими, а з іншого, пов'язані з різним проявом адаптаційних реакцій нервової та м'язової систем до фізичного навантаження. Гендерні відмінності можна оцінити за допомогою методу Н-рефлексометрії, аналізуючи порогові та амплітудні значення Н- та М-відповідей.

Список посилань

Андриянова Е.Ю., Городничев Р.М. Электронейромиографические показатели и механизмы развития пояснично-крестцового остеохондроза. – Великие Луки, 2006. – 119с. /Andriyanova E.Yu. Elektroneyromiograficheskiye pokazateli i mekhanizmy razvitiya poyasnichno-kresttsovogo osteokhondroza. – Velikie Luki, 2006. – 119s./

Бадалян Л.О., Скворцов И.А. Клиническая электромиография. – М: Медицина, 1986. – 368с. /Badalyan L.O., Skvortsov I.A. Klinicheskaya elektromiografiya. – M: Meditsina, 1986. – 368s./

Июффе М.Е. Пластичность двигательных структур мозга и двигательное обучение // Физиология мышц и мышечной деятельности. Материалы III Всероссийской школы-конференции. – М., ФФМ МГУ. – 2005. – С.48. /Ioffe M.E. Plastichnost' dvigatel'nykh struktur mozga i dvigatel'noye obucheniye // Fiziologiya myshts i myshechnoy deyatel'nosti. Materialy III Vserossiyskoy shkoly-konferentsii. – M., FFM MGU. – 2005. – S.48./

- Колосова Е.В., Халывка Т.А. Сравнение параметров Н-рефлексографии у спортсменов, специализирующихся в гребле и велоспорте // Материалы XIV Межд. конф. «Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму». – Беларусь (Минск). – Т.3. – 2016. – С. 84–86. /Kolosova Ye.V., Khalyavka T.A. Sravneniye parametrov N-refleksometrii u sportsmenov, spetsializiruyushhikhsya v greble i velosporte // Materialy XIV Mezhd. konf. «Nauchnoye obosnovaniye fizicheskogo vospitaniya, sportivnoy trenirovki i podgotovki kadrov po fizicheskoy kul'ture, sportu i turizmu». – Belarus' (Minsk). – T.3. – 2016. – S. 84–86./
- Колосова Е.В., Халывка Т.А., Горенко З.А. Сравнение электронейромиографических показателей у спортсменов, специализирующихся в прыжках в воду и велоспорте // Фізична культура, спорт та здоров'я нації: збірник наукових праць. – Вип.3 (22). – Вінниця, 2017. – С. 319–323. /Kolosova Ye.V., Khalyavka T.A., Gorenko Z.A. Sravneniye elektroneyromiograficheskikh pokazateley u sportsmenov, spetsializiruyushhikhsya v pryzhkakh v vodu i velosporte // Fizychna kul'tura, sport ta zdorov'ya natsii: zbirnyk naukovykh prats'. – Vyp.3 (22). – Vinnytsya., 2017. – S. 319–323./
- Команцев В.Н. Методические основы клинической электронейромиографии. Руководство для врачей. – Санкт-Петербург, 2006. – 349с. /Komantsev V.N. Metodicheskiye osnovy klinicheskoy elektroneyromiografii. Rukovodstvo dlya vrachev. – Sankt-Peterburg, 2006. – 349s./
- Коц Я.М. Физиология нервно-мышечного аппарата // Физиология человека. – М: Физкультура и спорт, 1975. – С. 67–108. /Kots Ya.M. Fiziologiya nervno-myshechnogo apparata // Fiziologiya cheloveka. – M: Fizkul'tura i sport, 1975. – S. 67–108./
- Костюк П.Г. Некоторые общие вопросы нейронной интеграции // Механизмы объединения нейронов в нервном центре. – Л.: Наука, 1974. – С. 6–12. /Kostyuk P.G. Nekotoryye obshhiye voprosy neyronnoy integratsii // Mekhanizmy ob'edineniya neyronov v nervnom tsentre – L.: Nauka, 1974. – S. 6–12./
- Михайлова Е.А., Поварещенкова Ю.А. Изменение параметров нейромышечного статуса спортсменов в течение соревновательного сезона // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2010. – №2 (15). – С. 1–7. /Mikhaylova Ye.A., Povareshhenkova Yu.A. Izmeneniye parametrov neyromyshechnogo statusa sportsmenov v techeniye sorevnovatel'nogo sezona // Pedagogiko-psikhologicheskkiye i mediko-biologicheskkiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta. – 2010. – No. 2 (15). – S. 1–7./
- Поварещенкова Ю.А., Петров Д.А. Изучение возбудимости эфферентов мышц нижних конечностей у спортсменов // Проблемы развития физической культуры и спорта в странах Балтийского региона: Сборник статей Всероссийской с межд. участием научно-практ. конф. – Великие Луки: ВЛГАФК, 2009. – С. 493–496. /Povareshhenkova, Yu.A., Petrov D.A. Izucheniye vozbudimosti efferentov myshts nizhnikh konechnostey u sportsmenov // Problemy razvitiya fizicheskoy kul'tury i sporta v stranakh Baltiyskogo regiona: Sbornik statey Vserossiyskoy s mezhd. uchastiyem nauchno-prakt. konf. – Velikiye Luki: VLGAFK, 2009. – S. 493–496./
- Уилмор Д.Х., Костилл Д.Л. Физиология спорта: учебник: Пер. с англ. – К.: Олимпийская литература, 2001. – 503с. /Wilmor D.Kh., Kostill D.L. Fiziologiya sporta: uchebnyk: Per. s angl. – K.: Olimpiyskaya literatura, 2001. – 503s./
- Цветков М.С. Н-рефлекс и М-ответ в связи с особенностями свойств мышц и их резервных возможностей у бегунов на короткие и длинные дистанции // Вестн. Новгород. гос. ун-та. Сер. Мед. науки. – 1998. – №7. – С. 19–21. /Tsvetkov M.S. N-refleks i M-otvet v svyazi s osobennostyami svoystv myshts i ikh rezervnykh vozmozhnostey u begunov na korotkiye i dlinnyye distantsii // Vestn. Novgorod. gos. un-ta. Ser. Med. nauki. – 1998. – No. 7. – S. 19–21./
- Schantz P., Randall-Fox E., Hutchison W. et al. Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans // Acta Physiologica Scandinavica. – 1983. – Vol.117. – P. 219–226.

Представлено: Т.В.Куценко / Presented by: T.V.Kutsenko
Рецензент: В.В.Мартиненко / Reviewer: V.V.Martylenko
Подано до редакції / Received: 01.11.2017