



СПОРТИВНА ТРАВМАТОЛОГІЯ, ФАКТОРИ РИЗИКУ СПОРТИВНИХ ТРАВМ, ЇХ ПРОФІЛАКТИКА

DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2019.1.55-62>

Електронейроміографічні критерії ризику травматизму у різних гендерних групах спортсменів, що спеціалізуються у боксі

УДК 612.741.16+612.816.3

**О. В. Колосова¹, О. М. Лисенко^{1, 2}, С. Ф. Гасанова³,
Д. Ю. Берінчик¹**

¹Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

²Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна

³Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Резюме. *Мета.* Дослідити функціональний стан нервово-м'язового апарату у різних гендерних групах спортсменів високої кваліфікації, які спеціалізуються у боксі, виявити його можливі функціональні і структурні порушення за допомогою методів електронейроміографії (ЕНМГ). *Методи.* Метод Н-рефлексометрії камбалоподібного м'яза, визначення швидкості проведення нервового імпульсу по моторних волокнах великогомілкового середнього та ліктьового нервів за допомогою нейродіагностичного комплексу Nicolet Viking Select (США-Німеччина). *Результати.* У двох із семи чоловіків (28 %) та однієї з дев'яти жінок (11 %) з різних гендерних груп спортсменів високої кваліфікації, які спеціалізуються у боксі, виявлено відхилення ЕНМГ-параметрів від норми, а саме зменшення амплітуд Н-відповідей та зниження величини співвідношення максимальних амплітуд Н- та М-відповідей камбалоподібного м'яза. У групі спортсменів, ЕНМГ-показники яких знаходяться у межах норми, у 85 % чоловіків та 33 % жінок виявлено значну асиметрію амплітуд М-відповідей камбалоподібного м'яза, що може бути ознакою реакції опорно-рухового апарату на дію неадекватного навантаження та збільшує ризик порушень функціонування нервово-м'язової системи. Статистично значущих гендерних відмінностей ЕНМГ-показників у боксерів не спостерігається, на відміну від біатлоністів, веслувальників на байдарках та каное. Це може бути наслідком незначної різниці в об'ємі м'язових волокон у чоловіків та жінок та відображенням однаково спрямованих адаптаційних змін функціонального стану нервово-м'язової системи у боксерів різних гендерних груп. *Висновки.* В обох гендерних групах кваліфікованих спортсменів, що спеціалізуються у боксі, виявлено відхилення ЕНМГ-параметрів від норми та значну асиметрію амплітуд М-відповідей камбалоподібного м'яза, що збільшує ризик травматизму. Відсутність значущих гендерних відмінностей ЕНМГ-показників у боксерів може свідчити про подібність специфічної адаптації до тренувального навантаження в боксі у чоловіків та жінок.

Ключові слова: електронейроміографія, нервово-м'язовий апарат, Н-рефлекс, спортсмени-боксери, гендерні особливості.

Электронейромиографические критерии риска травматизма в разных гендерных группах спортсменов, специализирующихся в боксе

Е. В. Колосова¹, Е. Н. Лысенко^{1,2}, С. Ф. Гасанова³, Д. Ю. Беринчик¹

¹Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев Украина

²Киевский университет имени Бориса Гринченко, Киев, Украина

³Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина

Резюме. *Цель.* Исследовать функциональное состояние нервно-мышечного аппарата в разных гендерных группах спортсменов высокой квалификации, специализирующихся

в боксе, и выявить его возможные функциональные и структурные нарушения с помощью методов электронейромиографии (ЭНМГ). *Методы.* Метод Н-рефлексометрии камбаловидной мышцы, а также определение скорости проведения нервного импульса по моторным волокнам большеберцового, срединного и локтевого нервов с помощью нейродиагностического комплекса Nicolet Viking Select (США-Германия). *Результаты.* У двоих из семи мужчин (28 %) и одной из девяти женщин (11 %) из разных гендерных групп квалифицированных спортсменов, специализирующихся в боксе, выявлены отклонения ЭНМГ-параметров от нормы, а именно: снижение амплитуд Н-ответов и величин соотношений амплитуд Н- и М-ответов камбаловидной мышцы. В группе спортсменов, ЭНМГ-показатели которых находятся в пределах нормы, у 85 % мужчин и 33 % женщин выявлена значительная асимметрия амплитуд М-ответов камбаловидной мышцы, что может быть признаком реакции опорно-двигательного аппарата на действие неадекватной физической нагрузки и увеличивает риск нарушения функционирования нервно-мышечной системы. Статистически значимых гендерных различий ЭНМГ-показателей у боксеров не наблюдается, в отличие от биатлонистов, гребцов на байдарках и каноэ. Это может быть следствием незначительной разницы в объеме мышечных волокон у мужчин и женщин и отображением однонаправленных адаптационных изменений функционального состояния нервно-мышечной системы у боксеров разных гендерных групп. *Выводы.* В обеих гендерных группах квалифицированных спортсменов, специализирующихся в боксе, выявлены отклонения ЭНМГ-параметров от нормы и значительная асимметрия амплитуд М-ответов камбаловидной мышцы, что увеличивает риск травматизма. Отсутствие значимых гендерных отличий ЭНМГ-показателей у боксеров может свидетельствовать об аналогичности специфической адаптации к тренировочной нагрузке в боксе у мужчин и женщин. **Ключевые слова:** электронейромиография, нервно-мышечный аппарат, Н-рефлекс, спортсмены-боксеры, гендерные особенности.

Electroneuromyographic criteria for injury risk in different gender groups of boxers

O. V. Kolosova¹, O. M. Lysenko^{1, 2}, S. F. Gasanova³, D. I. Berinchyk¹

¹ National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Borys Hrinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine

³ Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. Objective. To investigate the functional state of the neuromuscular system in different gender groups of highly skilled boxers, to identify its possible functional and structural disorders using electromyography (EMG) methods. *Methods.* Method of H-reflex of the soleus muscle, determination of the nerve conduction velocity of the tibial median and ulnar nerves using the Nicolet Viking Select neurodiagnostic complex, USA-Germany. *Results.* Deviations of the EMG parameters from the norm, namely the decrease of the H-response amplitudes and decrease in the ratio of the maximum amplitudes of the H- and M-responses of the soleus muscle have been revealed in two of seven men in the group (28%) and in one woman of nine (11%) from different gender groups of highly skilled boxers. In the group of athletes whose EMG values were within normal range, in 85% of men and 33% of women a significant asymmetry of amplitudes of the M-responses of the soleus muscle have been observed, which may be a sign of the locomotorium response to the effect of inadequate loading and increase the risk of disordered functioning of the neuromuscular system. There were no statistically significant gender differences in EMG indices in boxers as compared to biathletes, canoeists and kayakers. This may be due to slight difference in muscle fiber volume between men and women and the reflection of equally directed adaptive changes in the functional status of the neuromuscular system in boxers of different gender groups. *Conclusions.* Deviation of EMG parameters from the norm and significant asymmetry of amplitudes of M-responses of the soleus muscle, which increase the risk of injury, have been revealed in both gender groups of skilled athletes specialized in boxing. The absence of significant gender differences in EMG parameters in boxers may indicate the similarity of specific adaptation in men and women to training loads in boxing.

Keywords: electromyography, neuromuscular system, H-reflex, boxers, gender features.

Постановка проблеми. За результатами моніторингу захворюваності та травмування під час Олімпіади 2016 р. у Ріо-де-Жанейро, 30 % боксерів-учасників отримали травми, що поставило бокс на друге місце (після ВМХ-велосипедного спорту) у рейтингу травмувань для різних видів спорту [19]. Не викликає сумнівів необхідність діагностики рухового апарату боксерів з метою своєчасного виявлення порушень його функціонування та прогнозування ризику травматизму. Функціональний стан нервово-м'язового апарату спортсмена та його зміни у процесі адаптації до фізичного навантаження можна оцінити за допомогою електронейроміографічного (ЕНМГ) методу з визначенням параметрів такого ЕНМГ-феномену, як Н-рефлекс — моносинаптичної рефлексорної відповіді, що відводиться від м'яза в умовах електричної стимуляції низькопорогових аферентних (чутливих, сенсорних) волокон, які йдуть у складі змішаного (що складається з аферентних і еферентних (рухових, моторних) волокон) великогомілкового нерва [2, 11]. За допомогою методу Н-рефлексометрії можна оцінити індивідуальну організацію гальмівних та збудливих процесів внутрішньосегментарних систем та характер низхідних впливів з вищих відділів ЦНС на мотонейронний пул на сегментарному рівні [9].

За даними літератури, дослідження функціонального стану серцево-судинної та дихальної систем у стані спокою та під час фізичного навантаження, а також м'язової сили та потужності ударів проводилися переважно у чоловічих групах кваліфікованих боксерів [13]. Варто зазначити, що справжнє визнання жіночого боксу почалося в 1990-і роки, а до програми Олімпійських ігор його було включено лише з 2012 р. Проводилися також дослідження міжм'язової координації за допомогою методики поверхневої електроміографії у боксерів окремо в чоловічих та жіночих групах [16, 20, 21], але недостатньо вивченими залишаються особливості ЕНМГ-показників, пов'язані зі статтю.

Фізичне навантаження як стресова ситуація здійснює суттєвий вплив також на біохімічні процеси, які відбуваються в організмі, що може призвести до змін констант внутрішнього середовища — величин концентрацій електролітів крові [10]. Визначення рівня електролітів використовується у комплексному лікарському обстеженні як для всебічного оцінювання функціональної підготовленості спортсменів, так і для виявлення симптомів дезадаптації до навантажень.

Роботу виконано відповідно до держбюджетної науково-дослідницької теми «Технологія оцінки ризику травматизму спортсменів за елект-

ронейроміографічними і психофізіологічними показниками» (номер держреєстрації 0119U000307 Міністерства освіти та науки України).

Мета дослідження — вивчення функціонального стану нервово-м'язової системи у різних гендерних групах спортсменів високої кваліфікації, які спеціалізуються у боксі, та виявлення його можливих функціональних і структурних порушень за допомогою методів електронейроміографії.

Для досягнення поставленої мети необхідно було оцінити функціональний стан сегментарного апарату попереково-крижового відділу спинного мозку спортсменів, а також швидкісні показники проведення нервового імпульсу по моторних волокнах нервів верхніх та нижніх кінцівок, виявити можливі функціональні та структурні порушення нервово-м'язової системи, а також визначити гендерні особливості функціонування нервово-м'язового апарату з використанням методів електронейроміографії.

Методи і організація дослідження. У дослідженні брали участь 16 спортсменів високої кваліфікації (сім чоловіків і дев'ять жінок), які спеціалізуються у боксі, у віці від 18 до 28 років. У всіх дев'яти жінок домінуючою верхньою кінцівкою була права, а в чоловічій групі — у п'яти осіб права, у двох — ліва; із дев'яти жінок сім мали праву домінуючу нижню кінцівку, дві — ліву, а з семи чоловіків шість мали праву, один — ліву.

Було отримано антропометричні показники: довжина тіла (м), маса тіла (кг) та індекс маси тіла (ІМТ, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$). Електронейроміографічне дослідження проводили за допомогою нейродіагностичного комплексу Nicolet Viking Select. Використовували методику Н-рефлексометрії камбалоподібного м'яза нижньої кінцівки [2, 11]. Н-рефлекс викликали біполярною черезшкірною стимуляцією великогомілкового нерва нижньої кінцівки у підколінній ямці (поодиноким прямокутним імпульсом тривалістю 1 мс з інтервалами між імпульсами не меншими ніж 10 с). Використовували також методику визначення швидкості проведення нервового імпульсу (ШПІ) по моторних волокнах великогомілкового нерва, а також по моторних волокнах середнього та ліктьового нервів верхньої кінцівки [2, 9]. У процесі дослідження верхніх кінцівок тестований перебував у положенні сидячи, руки вільно розташовувалися на кушетці, а під час дослідження нижніх кінцівок — у положенні лежачи на животі, стопи вільно звисали з кушетки.

Аналізували такі ЕНМГ-параметри: P_H та P_M (пороги виникнення Н-відповіді (моносинаптичної рефлексорної відповіді), що відводиться від

ТАБЛИЦЯ 1 – Антропометричні показники спортсменів, які спеціалізуються у боксі, у групах чоловіків та жінок (mean ± se)

Групи	Вік, роки	Довжина тіла, м	Маса, кг	Масо-зростовий індекс (кг · м ⁻²)
Чоловіки	22,9 ± 1,2 (19–26)	1,741 ± 0,025 (1,66–1,83)	69,4 ± 3,7 (54–70)	22,8 ± 0,7 (23,7–24,2)
Жінки	23,8 ± 1,1 (19–28)	1,693 ± 0,018 (1,61–1,78)	59,9 ± 2,0* (51–66)	20,9 ± 0,5* (18,4–23,7)

* Статистична значущість відмінностей між групами чоловіків та жінок (p < 0,05).

м'яза в умовах стимуляції її низькопорогових аферентів, які йдуть у складі змішаного нерва) та М-відповіді (прямої відповіді м'яза на подразнення моторних волокон нерва), H_{\max} та M_{\max} (амплітуди максимальної Н-відповіді та максимальної М-відповіді), Π_H/Π_M (співвідношення порогів Н- та М-відповідей), H_{\max}/M_{\max} (співвідношення амплітуд максимальних Н- та М-відповідей, у %), швидкість проведення нервового імпульсу по моторних волокнах великогомілкового (ШПІ_{tib}), середнього (ШПІ_{med}) і ліктьового (ШПІ_{ulna}) нервів. Одержували показники для правої (П) та лівої (Л) кінцівок. Розраховували латеральні (праволівобічні) коефіцієнти асиметрії $K_{\text{асим}}$ для ЕНМГ-показників, тобто відношення більшого значення певного показника до меншого.

Визначали концентрацію іонів натрію, калію, хлору і кальцію у плазмі крові боксерів у стані спокою методом оптичної флюоресценції за допомогою аналізатора для електролітів крові (Opti Medical Opti CСа Lion, США). Статистичний аналіз даних проводили за допомогою програми SPSS 17.0. Статистичну значущість різниці середніх значень параметрів у групах жінок та чоловіків визначали за допомогою однофакторного аналізу ANOVA.

Під час проведення комплексних біологічних обстежень за участю спортсменів дотримувалися розробленої в лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів НДІ НУФВСУ «Програми комплексного біологічного дослідження особливостей функціональних можливостей спортсменів», а також законодавства України про охорону здоров'я та Гельсінської декларації 2000 р., директиви Європейської Спілки 86/609 щодо участі людей у медико-біологічних дослідженнях.

Результати дослідження та їх обговорення. Для порівняльного гендерного аналізу спортсмени були розділені на групи чоловіків та жінок. За результатами дослідження виявлено, що у жінок величини маси тіла та індекса маси тіла були статистично значущо меншими, ніж у чоловіків (табл. 1), але величини довжини тіла не мали від-

мінностей. Слід зазначити, що за даними наших попередніх досліджень спортсменів–веслувальників на байдарках та каное не тільки показники маси тіла, індексу маси тіла, а й довжини тіла були значущо вищими у чоловічій групі порівняно з жіночою [8]. Отримані дані свідчать про необхідність урахування специфіки професійної спортивної діяльності під час аналізу гендерних відмінностей антропометричних показників.

У більшості спортсменів усі ЕНМГ-показники знаходилися в межах норми, але у 28 % чоловіків та 11 % жінок реєстрували відхилення деяких параметрів Н-рефлексометрії від референтних значень, а саме зменшення амплітуд Н-відповідей камбалоподібного м'яза ($1,5 \pm 0,5$ мВ) та зниження величини співвідношення амплітуд H_{\max}/M_{\max} ($21,3 \pm 7,0$ %). Можна припустити, що відхилення ЕНМГ-параметрів від норми спостерігалися внаслідок впливу на спинномозкові нерви крижового сплетення комплексу чинників – компресії, ішемії та гіпоксії, що може слугувати ознакою синдрому м'язової блокади міжхребцевих дисків або компресії периферичних нервів гіпертонічними м'язами тазового поясу або нижніх кінцівок. Такі зміни в структурах дуги моносинаптичного рефлекса частіше спостерігають у її аферентній частині, яка є більш чутливою до компресії.

Отримані результати узгоджуються з даними досліджень інших авторів, у яких визначались відмінності показників функціонального стану нервово-м'язової системи у групі здорових осіб та у групі пацієнтів з діагнозом «остеохондроз хребта» [1], а також із результатами наших попередніх досліджень спортсменів, котрі спеціалізуються в інших видах спорту [5, 6]. Величини ЕНМГ-параметрів та загальні характеристики Н- і М-відповідей були аналогічними.

За результатами порівняльного аналізу у чоловічих та жіночих групах спортсменів, усі ЕНМГ-показники яких знаходилися в межах норми, статистично значущих гендерних відмінностей ЕНМГ-показників не виявлено, хоча спостерігається тенденція до підвищення порогів Н- та

M-відповідей у жінок порівняно з чоловіками (табл. 2). За даними наших попередніх досліджень біатлоністів та веслувальників на байдарках та каное, їх ЕНМГ-показники мали статистично значущі гендерні відмінності [7, 14, 17]. Так, у жінок спостерігалися значущо ($p < 0,05$) вищі порогові значення H- та M-відповідей, ніж у чоловіків, що може бути пов'язано з більшою товщиною підшкірної жирової тканини у жінок, що призводить до збільшення електричного опору. Окрім цього, у чоловічих групах спортсменів-біатлоністів та веслувальників було виявлено значущо ($p < 0,05$) більші амплітуди максимальних H- та M-відповідей порівняно з жінками, що може бути наслідком більшого об'єму м'язових волокон (насамперед за рахунок більшої площі їх поперечного перерізу, а також внаслідок їх більшої довжини) у м'язах чоловіків, ніж жінок [7, 14, 17].

За літературними даними, гістологічні та біохімічні властивості м'язів чоловіків та жінок не мають відмінностей [18]. Саме більший об'єм м'язових волокон (і більша загальна м'язова маса) дозволяє чоловічому організму розвивати більшу силу, ніж жіночому. Хоча абсолютні силові показники у чоловіків у середньому більші, ніж у жінок, під час розрахунку сили відносно одиниці площі поперечного перерізу м'яза різниці не спостерігається [12]. Можна припустити, що відсутність значущих гендерних відмінностей амплітуд максимальних H- та M-відповідей у боксерів може бути пов'язана з невеликою різницею об'єму м'язів у чоловіків та жінок досліджуваної групи. До того ж, відсутність значущої різниці у довжині тіла у чоловічій та жіночій групах може призводити до приблизно однакової довжини м'язів.

Показники швидкості проведення нервового імпульсу (ШПІ) по великогомілковому, серединному та ліктьовому нервах у спортсменів, які спеціалізуються у боксі, у групах чоловіків та жінок не мали значущих відмінностей, що може бути ознакою подібних адаптаційних змін до фізичного навантаження у різних гендерних групах (табл. 3).

Порівняльний аналіз ЕНМГ-показників з правого та лівого боків тіла показав, що величини коефіцієнтів асиметрії ($K_{асим}$) для більшості параметрів виходять за межі норми (табл. 4). Спостерігається тенденція до більшої вираженості асиметрії показників у чоловічій групі порівняно з жіночою, а $K_{асим}$ для амплітуд M-відповідей у середньому по групі є статистично значущо вищим у чоловіків, ніж у жінок ($p < 0,05$). Цей показник, який можна розглядати як побічний корелят

ТАБЛИЦЯ 2 – Показники H-рефлексометрії спортсменів, які спеціалізуються у боксі, у групах чоловіків та жінок (mean \pm se)

ЕНМГ-показник	Референтні значення	Кінцівка	Чоловіки	Жінки
P_H , мА	< 12	Права Ліва	8,1 \pm 1,1 8,8 \pm 0,9	9,6 \pm 1,0 9,1 \pm 0,9
P_M , мА	< 20	Права Ліва	12,1 \pm 1,8 12,0 \pm 1,6	14,8 \pm 1,7 16,0 \pm 1,7
P_H/P_M , ум. од.	< 1	Права Ліва	0,72 \pm 0,03 0,76 \pm 0,05	0,66 \pm 0,03 0,58 \pm 0,02
$H_{макс}$, мВ	3–12	Права Ліва	7,5 \pm 1,8 5,9 \pm 0,8	5,9 \pm 0,7 7,2 \pm 0,9
$M_{макс}$, мВ	3–15	Права Ліва	10,1 \pm 1,9 10,5 \pm 1,2	9,6 \pm 0,9 10,6 \pm 0,9
$H_{макс}/M_{макс}$, %	40–100	Права Ліва	61,4 \pm 6,0 55,0 \pm 9,1	69,8 \pm 7,4 68,4 \pm 6,4

ТАБЛИЦЯ 3 – Показники швидкості проведення нервового імпульсу по камбалоподібному, серединному і ліктьовому нервах у спортсменів, які спеціалізуються у боксі, у групах чоловіків та жінок (mean \pm se)

Показники	Норма	Бік тіла	Чоловіки	Жінки
$ШПІ_{піб}$, м \cdot с ⁻¹	35–55	Правий Лівий	45,5 \pm 1,0 42,2 \pm 2,2	42,0 \pm 1,7 41,4 \pm 1,1
$ШПІ_{мед}$, м \cdot с ⁻¹	45–65	Правий Лівий	57,3 \pm 1,8 59,9 \pm 1,7	57,5 \pm 2,0 57,1 \pm 0,8
$ШПІ_{ульн}$, м \cdot с ⁻¹	45–65	Правий Лівий	54,5 \pm 0,8 55,9 \pm 1,2	53,8 \pm 0,9 53,7 \pm 1,3

ТАБЛИЦЯ 4 – Коефіцієнти асиметрії електронейроміографічних показників спортсменів, які спеціалізуються у боксі, у групах чоловіків та жінок (mean \pm se)

Показники	Чоловіки	Жінки	Діапазон нормальних значень
P_H	1,51 \pm 0,16 (1,00–1,83)	1,33 \pm 0,05 (1,00–1,50)	1–1,25
P_M	1,57 \pm 0,14 (1,11–2,09)	1,29 \pm 0,07 (1,04–1,66)	1–1,25
$H_{макс}$	1,34 \pm 0,12 (1,09–1,64)	1,20 \pm 0,09 (1,00–1,74)	1–1,25
$M_{макс}$	1,63 \pm 0,15 (1,21–2,37)	1,270,10* (1,01–1,93)	1–1,25
$H_{макс}/M_{макс}$	1,48 \pm 0,15 (1,04–2,17)	1,32 \pm 0,11 (1,04–1,83)	1–1,25

* Статистична значущість відмінностей між групами чоловіків та жінок ($p < 0,05$).

м'язової сили, є вищим за граничне значення (1,25) у 85 % чоловіків та 33 % жінок. За літературними даними, певна латеральна (право-ліва) асиметрія показників сили м'язів нижніх кінцівок (флексорів та екстензорів) при максимальному довільному скороченні пов'язана з індивідуальним домінуванням правої або лівої нижньої кінцівки та спостерігається як у нетренованих осіб

ТАБЛИЦЯ 5 – Показники концентрації електролітів у плазмі крові спортсменів, які спеціалізуються у боксі, у групі чоловіків (mean ± se)

Показник	Показники боксерів	Референтні значення, ммоль · л ⁻¹	Кількість осіб із відхиленнями від норми, %
Ca ⁺²	1,03 ± 0,03 (0,9–1,13)	1,16–1,32	100 (нижче від норми)
K ⁺	4,67 ± 0,15 (4,04–5,19)	3,5–5,1	28 (вище від норми)
Cl ⁺	108,8 ± 0,8 (105,1–111,7)	98–107	86 (вище від норми)
Na ⁺	136,8 ± 0,7 (134,7–140,3)	136–145	14 (нижче від норми)

(7–15 %), так і у кваліфікованих спортсменів-борців (8–18 %) [15]. Однак, значна м'язова асиметрія може бути ранньою ознакою реакції опорно-рухового апарату на дію неадекватного навантаження, що в подальшому збільшує ризик порушень функціонування нервово-м'язової системи. До того ж, за результатами наших досліджень, в обох гендерних групах спортсменів не було виявлено статистично значущого кореляційного зв'язку між домінуванням нижньої кінцівки та латеральною асиметрією показників, тобто вища амплітуда М-відповіді з певного боку тіла не була наслідком більшого розвитку м'язів домінуючої кінцівки у процесі адаптації до фізичного навантаження.

Виявлено, що у багатьох боксерів із чоловічої групи спостерігається відхилення показників концентрації іонів натрію, калію, хлору і кальцію у плазмі крові від референтних значень (табл. 5). Відомо, що іони кальцію беруть участь у передачі нервового імпульсу, у здійсненні контролю збудження, скорочення та розслаблення м'язів. Зниження концентрації кальцію може бути пов'язане із дефіцитом магнію та вітаміну D, а зниження концентрації кальцію з одночасним підвищенням концентрації калію може свідчити про ризик ураження скелетних м'язів [3]. Збільшення концентрації хлору і калію в крові може бути ознакою дегідратації організму спортсмена [4].

Таким чином, дані, отримані за допомогою електронейроміографічного методу дослідження, дозволяють оцінити функціональний стан нервово-м'язової системи спортсменів, виявити його порушення внаслідок дезадаптації до фізичного навантаження, спрогнозувати ризик травматизму, встановити гендерні особливості функціонування нервово-м'язового апарату спортсменів. Показники концентрації іонів кальцію, хлору, калію та

натрію в крові можна використовувати як допоміжні діагностичні критерії функціонування нервово-м'язової системи, що дозволяють оцінити інтенсивність мінерального та енергетичного обміну, а також виявити передпатологічний стан. Отримані результати стануть у нагоді тренерам та спортивним лікарям для розробки індивідуальної тренувальної та реабілітаційної програми, спрямованої на збереження здоров'я кожного спортсмена та його повернення до повноцінної тренувальної діяльності.

Висновки

1. Встановлено, що у 28 % чоловічої та 11 % жіночої груп спортсменів високої кваліфікації, що спеціалізуються у боксі, є відхилення ЕНМГ-параметрів від референтних значень, а саме – зменшення амплітуд Н-відповідей та зниження величини співвідношення максимальних амплітуд Н- та М-відповідей камбалоподібного м'яза, що може слугувати ознакою синдрому м'язової блокади міжхребцевих дисків або компресії сенсорних волокон периферичних нервів гіпертонічними м'язами тазового поясу або нижніх кінцівок.

2. Виявлено значну асиметрію величин корелят м'язової сили – амплітуд М-відповідей камбалоподібного м'яза у 85 % чоловіків та 33 % жінок боксерів у групі осіб, ЕНМГ-показники яких знаходяться у межах норми. Це може бути ранньою ознакою реакції опорно-рухового апарату на дію неадекватного навантаження, що в подальшому збільшує ризик порушень функціонування нервово-м'язової системи.

3. Виявлено, що у більшості боксерів із чоловічої групи спостерігається відхилення показників концентрації іонів у плазмі крові від нормальних – зниження концентрації кальцію (у 100 % з групи) та підвищення концентрації хлору (у 86 % з групи), що свідчить про ризик дегідратації організму спортсменів, а також про можливий дефіцит магнію та вітаміну D. Існує необхідність у корекції раціону з метою відновлення балансу мінеральних речовин в організмі спортсменів.

4. Показано, що у боксерів не спостерігається статистично значущих гендерних відмінностей ЕНМГ-показників, на відміну від спортсменів інших видів спорту (біатлоністів та веслувальників на байдарках та каное). Це може свідчити про подібність величин об'єму м'язових волокон (площі їх поперечного перерізу, а також довжини) у чоловіків та жінок, що є відображенням специфічної адаптації до фізичного навантаження у боксі.

Перспективи подальших досліджень. Планається проведення досліджень із виявлення гендерних і вікових особливостей ЕНМГ-показників спортсменів, які спеціалізуються в різних

видах спорту, для визначення функціонального стану нервово-м'язової системи та розробки критеріїв оцінки ризику травматизму за ЕНМГ-показниками.

Література

1. Андриянова Е. Ю. Электронейромиографические показатели и механизмы развития пояснично-крестцового остеохондроза / Е. Ю. Андриянова, р. М. Городничев. – Великие Луки, 2006. – 119 с.
2. Бадалян Л. О. Клиническая электромиография / Л. О. Бадалян, И. А. Скворцов. – М.: Медицина, 1986. – 368 с.
3. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Е. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. – К.: Олимп. лит., 2000. – 504 с.
4. Кишкун А. А. Клиническая лабораторная диагностика: учебное пособие. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 976 с.
5. Колосова Е. В. Электронейромиографическая характеристика квалифицированных спортсменов, специализирующихся в циклических и сложнокоординационных видах спорта / Е. В. Колосова, Т. А. Халявка // *Știința Culturii Fizice*. – Молдова. – 2015. – № 24(4). – С. 74–79.
6. Колосова Е. В. Электронейромиографическая характеристика высококвалифицированных спортсменов-биатлонистов различных гендерных групп / Е. В. Колосова, Т. А. Халявка // *Спорт. вісн. Придніпров'я*. – 2015. – № 3. – 225–229.
7. Колосова О. В. Гендерні особливості функціонального стану нервово-м'язового апарату у осіб з високим рівнем адаптації до фізичного навантаження / О. В. Колосова // *Вісн. Харк. нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. Сер.: біологія*. – 2017. – № 2(29). – С. 89–93.
8. Колосова О. В. Кореляція антропометричних та електронейромиографічних показників у осіб, тренуваних до фізичного навантаження / О. В. Колосова, Т. А. Халявка // *Вісн. Одес. нац. ун-ту ім. І. І. Мечникова. Біологія*. – 2018. – № 2 (43). – С. 125–38.
9. Команцев В. Н. Методические основы клинической электронейромиографии. Руководство для врачей / В. Н. Команцев. – СПб., 2006. – 349 с.
10. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М.: Медицина. – 1988. – 254 с.
11. Николаев С. Г. Практикум по клинической электромиографии / С. Г. Николаев. – Иваново: ПресСто. – 2013. – 394 с.
12. Уилмор Д. Х. Физиология спорта / Д. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл. – К.: Олимп. лит., 2001. – 503 с.
13. Chaabène H. Amateur boxing: physical and physiological attributes / H. Chaabène, M. Tabben, B. Mkaouer et al. // *Sports Med*. – 2015. – N 45 (3). – 337–52.
14. Dornowski M. Gender and Age-Related Peculiarities of the H-Reflex Indices in Sportsmen / M. Dornowski, Y. V. Kolosova, A. V. Gorkovenko // *Neurophysiology*. – 2017. – Vol. 49 (6). – P. 458–461.
15. Drid P. Asymmetry of muscle strength in elite athletes / P. Drid, M. Drapsin, T. Trivic, D. Lukač, S. Obadov, Z. Milosevic // *Biomedical Human Kinetics*. – 2009. – Vol. 1. – P. 3–5.
16. Dyson R. Muscular recruitment during rear hand punches delivered at maximal force and speed by amateur boxers / R. Dyson, M. Smith, C. Martin, L. Fenn // *XXV ISBS Symposium 2007, Ouro Preto, Brazil*. – 2007. – P. 591–594.
17. Kolosova O.V. Gender and age peculiarities of electromyographic indices in qualified rowing athletes / O. V. Kolosova, A. V. Gorkovenko // *Program N 497.04. 2018 Neuroscience Meeting Planner*. San Diego, CA: Society for Neuroscience. – 2018.
18. Schantz P. Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans / P. Schantz, E. Randall-Fox, W. Hutchison, A. Tyden, P.-O. Astrand // *Acta Physiologica Scandinavica*. – 1983. – Vol. 117. – P. 219–226.

References

1. Андриянова ЕЮ, Городничев РМ. *Электронейромиографические показатели и механизмы развития пояснично-крестцового остеохондроза [Electroneuromyographic indices and mechanisms of development of lumbosacral osteochondrosis]*. Великие Луки; 2006.119 с.
2. Бадалян ЛО, Скворцов ИА. *Клиническая электромиография [Clinical electromyography]*. Москва: Медицина;1986.368 с.
3. Волков НИ, Несен ЕН, Осипенко АА, Корсун СН. *Биохимия мышечной деятельности [Muscle Biochemistry]*. Киев: Олимпийская литература; 2000. 504 с.
4. Кишкун АА. *Клиническая лабораторная диагностика: учебное пособие [Clinical laboratory diagnosis: a tutorial]*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2010. 976 с.
5. Колосова ЕВ, Халявка ТА. Электронейромиографическая характеристика квалифицированных спортсменов, специализирующихся в циклических и сложнокоординационных видах спорта [Electroneuromyographic characteristics of qualified athletes specializing in cyclic and complex coordination sports events]. *Știința Culturii Fizice*, 2015;24(4):74-9.
6. Колосова ЕВ, Халявка ТА. Электронейромиографическая характеристика высококвалифицированных спортсменов-биатлонистов различных гендерных групп [Electroneuromyographic characteristics of highly skilled biathletes of various gender groups]. *Спортивный вісник Придніпров'я*. 2015;3:225-9.
7. Колосова ОВ. Гендерні особливості функціонального стану нервово-м'язового апарату у осіб з високим рівнем адаптації до фізичного навантаження [Gender features of the functional state of the neuromuscular system in people with a high level of adaptation to physical activity]. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: біологія*. 2017;2(29): 89-93.
8. Колосова ОВ, Халявка ТА. Кореляція антропометричних та електронейромиографічних показників у осіб, тренуваних до фізичного навантаження [Correlation of anthropometric and electromyographic indices in persons trained to exercise]. *Вісник Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Біологія*. 2018;2 (43):125-38.
9. Команцев ВН. *Методические основы клинической электронейромиографии. Руководство для врачей [Methodical foundations of clinical electroneuromyography. A guide for doctors]*. Санкт-Петербург, 2006. 349 с.
10. Меерсон ФЗ, Пшенникова МГ. *Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам [Adaptation to stress situations and physical loads]*. Москва: Медицина; 1988.254 с.
11. Николаев СГ. *Практикум по клинической электромиографии [Clinical Electromyography Workshop]*. Иваново: ПресСто; 2013.394 с.
12. Уилмор ДХ, Костилл ДЛ. *Физиология спорта [Sports physiology]*. Киев: Олимпийская литература; 2001.503 с.
13. Chaabène H, Tabben M, Mkaouer B, Franchini E, Negra Y, Hammami M, et al. Amateur boxing: physical and physiological attributes. *Sports Med*. 2015;45 (3):337-52.
14. Dornowski M, Kolosova YV, Gorkovenko AV. Gender and Age-Related Peculiarities of the H-Reflex Indices in Sportsmen. *Neurophysiology*. 2017;49 (6):458-61.
15. Drid P, Drapsin M, Trivic T, Lukač D, Obadov S, Milosevic Z. Asymmetry of muscle strength in elite athletes. *Biomedical Human Kinetics*. 2009;1:3-5.

19. Soligard T. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries / T. Soligard, K. Steffen, D. Palmer, J. M. Alonso, R. Bahr, A. D. Lopes et al. // *Br. J. Sports Med.* – 2017. – Vol. 51 (17). – P. 1265–1271.

20. Valentino B. Electromyographic activity of a muscular group in movements specific to boxing / B. Valentino, L. C. Esposito, A. Fabozzo // *J. Sports Med. Phys. Fitness.* – 1990. – Vol. 30 (2). – P. 160–162.

21. Zhang R. H. Women boxing athletes' EMG of upper limbs and lumbar muscles in the training of air striking of straight punch / R. H. Zhang, Z. X. Kang // *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi.* – 2011. – Vol. 27 (2). – P. 253–256.

16. Dyson R, Smith M, Martin C, Fenn L. Muscular recruitment during rear hand punches delivered at maximal force and speed by amateur boxers. *XXV ISBS Symposium 2007, Ouro Preto*. Brazil.2007:591-4.

17. Kolosova OV, Gorkovenko AV. Gender and age peculiarities of electromyographic indices in qualified rowing athletes. Program No. 497.04. 2018 *Neuroscience Meeting Planner*. San Diego, CA: Society for Neuroscience, 2018.

18. Schantz P, Randall-Fox E, Hutchison W, Tyden A, Astrand P-O. Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1983;117:219-26.

19. Soligard T, Steffen K, Palmer D, Alonso JM, Bahr R, Lopes A.D, et al. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. *Br. J. Sports Med.* 2017;51 (17):1265-71.

20. Valentino B, Esposito LC, Fabozzo A. Electromyographic activity of a muscular group in movements specific to boxing. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 1990;30 (2):160-2.

21. Zhang RH, Kang ZX. Women boxing athletes' EMG of upper limbs and lumbar muscles in the training of air striking of straight punch. *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi*. 2011;27 (2):253-6.