

ПОКАЗАТЕЛИ СТИМУЛЯЦИОННОЙ МИОГРАФИИ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С БИОХИМИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

Е.В. Колосова, Г.Д. Гатилова, Т.А. Халявка

Научно-исследовательский институт Национального университета физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

Для связи с авторами: takhalyavka@ukr.net

Аннотация:

Рассмотрены особенности взаимосвязи электронейромиографических параметров (а именно, скорости проведения нервного импульса по моторным волокнам и амплитуды Н- и М-ответов камбаловидной мышцы) и концентрации ионов кальция, калия, хлора и натрия в крови у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в начале подготовительного периода. Установлено, что у спортсменов (гребцов и биатлонистов), показатели концентрации ионов кальция которых находятся в пределах нормы, величины скоростей проведения нервного импульса по нервам верхних конечностей были достоверно ($p < 0,05$) выше, чем у спортсменов, у которых показатели концентрации ионов кальция были снижены относительно нормы. Полученные данные могут быть использованы для оценки и коррекции функционального состояния нервно-мышечной системы спортсменов.

Ключевые слова: скорость проведения нервного импульса, гребля, биатлон, электролитный обмен.

THE RELATIONSHIP OF BIOCHEMICAL AND STIMULATION ELECTROMYOGRAPHY PARAMETERS OF QUALIFIED CYCLIC SPORTS ATHLETES WITHIN PREPARATORY PERIOD

E.V. Kolosova, G.D. Gatilova, T.A. Khalyavka

Scientific Research Institute National University of Physical Education and Sport in Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract:

The relationship features of electroneuromyographic parameters (namely, the motor nerve conduction velocity and soleus muscle H- and M-responses amplitude) and the ion concentration of calcium, potassium, chloride and sodium in highly skilled athletes performing in cyclic sports at the beginning of the preparatory period were analyzed. It was found that in the first group of athletes (specializing in rowing and biathlon) with normal ion concentration of calcium nerve conduction velocity was significantly ($p < 0,05$) higher than in the second athletes group with abnormal low ion concentration of calcium. The obtained data can be used to assess and correct the functional state of the athletes neuromuscular system.

Key words: nerve conduction velocity, rowing, biathlon, electrolyte metabolism.

ВВЕДЕНИЕ

Высокий уровень физической работоспособности спортсмена обусловлен состоянием всех систем организма, в том числе и нервно-мышечной, которая очень чувствительна к различным физиологическим и патологическим процессам, происходящим в организме, в частности, к изменениям показателей электролитного обмена. В процессе тренировочной и соревновательной деятельности физическая нагрузка оказывает существенное

влияние на биохимические процессы, протекающие в организме спортсменов, и приводит к изменению строгих констант внутренней среды – уровней электролитов крови [1]. Известно, что один из макроэлементов – кальций - в организме находится в трех формах: связанный с белком, главным образом с альбумином; в виде бикарбонатов, лактатов, фосфатов и цитратов кальция; в виде ионов Ca^{2+} (50% кальция крови). Физиологической активностью обладает ионная фракция каль-

ция, активизирующая креатинкиназу и АТФ [2]. Считается, что содержание ионов Ca^{2+} в большей степени отражает метаболизм всего кальция в организме человека, чем содержание общего кальция. Концентрация Ca^{2+} в крови поддерживается в узких пределах. Ионы Ca^{2+} необходимы для передачи нервного импульса, сокращения и расслабления мышц [2, 3, 4].

В свою очередь, такой электронноймиографический параметр, как скорость проведения нервного импульса (СПИ) зависит от различных факторов: диаметра нервного волокна, степени его миелинизации, кислотно-щелочного равновесия, электролитного обмена в тканях, окружающих нерв, температуры в зоне нервного ствола, температуры конечности в целом, а также от состояния периферического кровообращения в конечности [5, 6].

Проводились исследования СПИ у спортсменов, занимающихся различными видами спорта [7, 8, 9], однако деталям взаимосвязи электролитного обмена и параметров проведения нервного импульса было уделено недостаточно внимания.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: определить особенности взаимосвязи скорости проведения нервного импульса по моторным волокнам, а также амплитуды Н- и М-ответов камбаловидной мышцы и концентрации ионов кальция, натрия, калия и хлора в крови у высококвалифицированных спортсменов - гребцов и биатлонистов – в начале подготовительного периода.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. В исследованиях, проведенных в начале подготовительного периода в лабораторных условиях, приняли участие 26 высококвалифицированных гребцов в возрасте от 16 до 29 лет (мастера спорта (МС) и мастера спорта международного класса (МСМК), а также 18 квалифицированных биатлонистов в возрасте от 19 до 22 лет (КМС - кандидаты в мастера спорта, МС).

Концентрацию ионов натрия, калия, хлора и кальция в крови спортсменов определяли с помощью прибора фирмы Opti Medical Opti CСа Lion (США).

Электронейромиографическое исследование проводили на нейродиагностическом комплексе Nicolet Viking Select (США-Германия). Для оценки функционального состояния нервно-мышечной системы спортсменов использовали методику определения скорости проведения нервного импульса по моторным (двигательным) волокнам различных нервов верхних и нижних конечностей, а также методику Н-рефлексометрии [10, 11].

При исследовании верхних конечностей тестируемый спортсмен находился в положении сидя, руки свободно располагались на кушетке. Проводили электрическую стимуляцию срединного нерва (*n.medianus*) в области запястья и локтевого сустава с регистрацией М-ответа (прямого ответа мышцы на раздражение моторных волокон нерва) от мышцы, приводящей большой палец (*m.abductor pollicis brevis*); стимуляцию локтевого нерва (*n.ulnaris*) в области запястья и локтевого сустава с регистрацией М-ответов от мышцы, приводящей мизинец (*m.abductor digiti minimi*).

При исследовании нижних конечностей спортсмен находился в положении лежа на животе, стопы свободно свисали с кушетки. Стимулировали большеберцовый нерв (*n.tibialis*) в подколенной ямке и области кзади от медиального надмыщелка с регистрацией М-ответов от мышцы короткого сгибателя пальцев (*m.flexor hallucis brevis*). Н-рефлекс камбаловидной мышцы (*m.soleus*) вызывали биполярной чрезкожной стимуляцией большеберцового нерва (*n.tibialis*) в подколенной ямке. Применялась биполярная чрезкожная стимуляция, для регистрации электромиографических сигналов использовали пару стандартных поверхностных электродов с межэлектродным расстоянием 20 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. Определяли индивидуальные показатели концентрации ионов кальция, натрия, калия и хлора в плазме крови в состоянии покоя у спортсменов – гребцов и биатлонистов. Были также получены индивидуальные значения скоростей проведения

по моторным волокнам срединного нерва (n.medianus), локтевого нерва (n.ulnaris) для верхних конечностей и большеберцового нерва (n.tibialis) для нижних конечностей, а также показатели Н-рефлексометрии, а именно величины соотношения амплитуд максимальных Н-(рефлекторного) и М-(прямого) ответов камбаловидной мышцы, в % ($AN_{\text{макс}}/AM_{\text{макс}}$). Анализировали показатели для обеих конечностей.

По результатам биохимических исследований спортсмены были распределены на 2 группы (для каждого вида спорта). В каждой группе определялись средние значения биохимических показателей (таблица 1). У гребцов в первой группе (13 человек) показатели концентрации ионов кальция в крови были в пределах нормы, а во второй группе (13 человек) – ниже нормы (отличия между группами достоверны, $p < 0,01$, значок* в таблице 1). У

биатлонистов, аналогично, в первой группе (8 человек) показатели концентрации ионов кальция в крови были в пределах нормы, а во второй группе (10 человек) – ниже нормальных значений (отличия достоверны, $p < 0,01$, значок* в таблице 1).

Показатели концентрации ионов натрия, калия и хлора в плазме крови для двух групп не имели достоверных различий.

Вычислялись также средние значения скорости проведения импульса по моторным нервным волокнам нижних и верхних конечностей и средние величины соотношения амплитуд максимальных Н- и М-ответов камбаловидной мышцы у двух групп для гребцов и биатлонистов (таблицы 2, 3).

Анализ результатов показал, что средние значения скоростей проведения импульса по нервным волокнам нижних и верхних конечностей у спортсменов (и гребцов, и биатло-

Таблица 1 – Биохимические показатели крови гребцов и биатлонистов в состоянии покоя (mean±se) для 1 и 2-й групп

Группы	Концентрация ионов, ммоль·л ⁻¹			
	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
1 - гребля	1,23±0,05	140,8±1,5	5,15±1,01	107,7±3,2
2 - гребля	1,08±0,04*	139,5±2,0	4,69±0,63	107,7±1,8
1 - биатлон	1,20±0,02	139,5±1,0	4,80±0,22	108,7±0,6
2 - биатлон	1,02±0,03*	138,1±0,7	4,80±0,19	108,6±0,1
Референтные значения	1,15-1,33	135,0-145,0	3,50-5,10	95,0-115,0

Таблица 2 – Электронейромиографические показатели гребцов (mean±se) для 1 и 2-й групп

Нервы	Сторона тела	Группа		
		Норма	1	2
Скорость проведения импульсов, м/с				
n. medianus	Правая	50-65	60,9±2,3	56,8±2,1*
	Левая	50-65	59,4±3,5	57,3±3,6
n. ulnaris	Правая	50-65	56,8±2,4	53,1±2,3*
	Левая	50-65	54,3±3,7	53,1±3,9
n. tibialis	Правая	35-55	42,0±4,7	43,8±4,0
	Левая	35-55	42,0±5,3	44,0±4,3
Значения соотношения $AN_{\text{макс}}/AM_{\text{макс}}$, %				
$AN_{\text{макс}}/AM_{\text{макс}}$	Правая	40-100	60,2±22,6	51,3±24,2
	Левая	40-100	54,9±20,8	54,2±17,6

Таблица 3 – Электронейромиографические показатели биатлонистов (mean±se) для 1 и 2-й групп

Нервы	Сторона тела	Группа		
		Норма	1	2
Скорость проведения импульсов, м/с				
n. medianus	Правая	50-65	60,7 ± 2,1	55,0 ± 0,9*
	Левая	50-65	59,6±1,6	56,7±2,6
n. ulnaris	Правая	50-65	57,2±0,5	55,7±1,9
	Левая	50-65	59,2±1,2	55,3±1,9
n. tibialis	Правая	35-55	42,9±1,2	40,2±1,6
	Левая	35-55	41,9±0,9	42,0±1,8
Значения соотношения $AN_{\text{макс}}/AM_{\text{макс}}$, %				
$AN_{\text{макс}}/AM_{\text{макс}}$	Правая	40-100	60,2±14,6	53,9±6,7
	Левая	40-100	48,2±11,3	44,3±7,3

нистов) обеих групп находились в пределах нормы и были достаточно высокими, что, вероятно, связано с профессиональной деятельностью спортсменов. Однако у гребцов в первой группе (имеющей нормальные показатели концентрации Ca^{2+}) параметры скоростей для срединного и локтевого нервов правой верхней конечности были достоверно ($p < 0,05$) выше (значок* в таблице 2), чем во второй группе (показатели концентрации Ca^{2+} ниже нормы).

У биатлонистов же в двух соответствующих группах достоверные различия имели параметры скоростей для срединного нерва правой верхней конечности ($p < 0,05$, значок* в таблице 3). В то же время параметры скоростей для нервов левой руки и нижних конечностей, а также показатели Н-рефлексометрии не имели достоверных отличий.

Можно предположить, что обнаруженные различия связаны с тем, что в процессе профессиональной деятельности спортсмены-гребцы должны выполнять быстрые и точные гребки с помощью мышц рук; возможно, поэтому параметры проведения импульсов по нервам рук более чувствительны к электролитному составу крови в тканях, окружающих нерв, чем соответствующие показатели для нижних конечностей. Кроме того, правая рука спортсменов-правшей (у всех исследуемых спортсменов отмечено преобладание правой руки) принимает более активное участие в гребле.

У биатлонистов же, вполне вероятно, такие различия вызваны тем, что правая рука спортсмена принимает активное участие в профессиональной деятельности биатлониста – стрельбе (следует отметить, что у всех исследуемых спортсменов отмечено преобладание правой руки, что для биатлонистов является необходимым в связи с однотипным устройством их стрелкового оружия). Срединный нерв верхней конечности (*n. medianus*) осуществляет иннервацию мышц, участвующих в движении указательного пальца, а данный палец правой руки выполняет нажатие на спусковой крючок во время стрельбы; локтевой же нерв (*n. ulnaris*) правой руки иннервирует

мышцы безымянного пальца и мизинца, играющих вспомогательную роль в процессе выстрела. На соревнованиях биатлонист выполняет несколько выстрелов за ограниченное время, и мышцы его рук должны реагировать быстро и точно, возможно, поэтому параметры проведения по нервам рук более чувствительны к электролитному составу крови в тканях, окружающих нерв, чем соответствующие показатели для нижних конечностей.

Полученные нами данные согласуются с результатами работы, в которой было установлено, что изменения параметров мультисегментарных моносинаптических ответов, в частности, скорости прохождения электрического импульса по моносинаптическим нервным дугам мышц голени, сопровождаются трансформацией электролитного состава сыворотки крови у пациентов с остеохондрозом позвоночника [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что у квалифицированных спортсменов – гребцов и биатлонистов – концентрация ионов Ca^{2+} в крови находится во взаимосвязи с электронейромиографическими параметрами, а именно, у спортсменов со сниженным относительно нормы уровнем концентрации ионов Ca^{2+} наблюдается уменьшение величины скорости проведения импульса по моторным волокнам нервов верхних конечностей.

Таким образом, показатель концентрации ионов кальция в крови в состоянии покоя может использоваться в комплексной оценке функционального состояния нервно-мышечной системы спортсменов и разработке рекомендаций по диетическому питанию, направленному на обогащение организма кальцием.

Предполагается проведение исследования по изучению взаимосвязи широкого спектра биохимических показателей крови с электронейромиографическими параметрами у спортсменов в покое и при физической нагрузке для многосторонней оценки функционального состояния организма спортсменов и разработки рекомендаций для повышения работоспособности и коррекции тренировочного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андриянова, Е. Ю. Электронейромиографические показатели и механизмы развития пояснично-крестцового остеохондроза / Е. Ю. Андриянова, Р. М. Городничев. – Великие Луки, 2006. – 119 с.
2. Зенков, Л. Р. Функциональная диагностика нервных болезней (Руководство для врачей). – 5-е изд. перераб. и доп. / Л. Р. Зенков, М. А. Ронкин. – М.: МЕДпресс-информ., 2013. – 448 с.
3. Костюк, П. Г. Кальций и клеточная возбудимость / П. Г. Костюк. – М.: Наука, 1986. – 255 с.
4. Николаев, С. Г. Электромиография: Клинический практикум / С. Г. Николаев. – Иваново: ПресСто, 2013. – 394 с.
5. Никулин, Б. А. Биохимический контроль в спорте / Б. А. Никулин, И. И. Родионова. – М.: Сов. спорт, 2011. – 228 с.
6. Костюк, П. Г. Кальций и клеточная возбудимость / П. Г. Костюк. – М.: Наука, 1986. – 255 с.
7. Сидоров, А. В. Физиология межклеточной коммуникации: учеб. пособие / А. В. Сидоров. – Минск: БГУ, 2008. – 215 с.
8. Тулякова, О. В. Модуляция двигательных рефлексов при остеохондрозе позвоночника и сопутствующие изменения электролитов сыворотки крови / О. В. Тулякова, Е. Ю. Андриянова // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. - № 3 (15). - С. 159-161.
9. Шевцов, А. В. Электронейромиографическая характеристика состояния нервно-мышечной системы у кикбоксеров / А. В. Шевцов, С. Л. Сашенков, П. А. Байгужин // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2009. - № 7. - С. 305-314.
10. Augustine, G. J. How does calcium trigger neurotransmitter release? / G. J. Augustine // Curr. Opin. Neurobiol. – 2001. – Vol. 11. - P. 320–326.
11. Jazayeri Shooshtari, S. M. Tibial and peroneal nerve conduction studies in ankle sprain / S. M. Jazayeri Shooshtari, D. Didehdar, A. R. Moghtaderi Esfahani // Electromyogr. Clin. Neurophysiol. – 2007. - Vol. 6. – P. 301-304.
12. Massó, N. Surface electromyography applications in the sport / N. Massó, F. Rey, D. Romero, G. Gual, L. Costa, A. Germán // Apunts Med. Esport. – 2010. – Vol. 45. – P. 121-130.
13. Pawlak, M. Field hockey players have different values of ulnar and tibial motor nerve conduction velocity than soccer and tennis players / M. Pawlak, D. Kaczmarek // Arch. Ital. Biol. – 2010. – Vol. 148. – P. 365–376.

BIBLIOGRAPHY

1. Andrijanova, E. Yu. Electroneuromyographic indicators and mechanisms of lumbosacral osteochondrosis / E. Yu. Andrijanova, R. M. Gorodnichev. – Velikie Luki, 2006. – 119 p. (in Russian).
2. Augustine, G. J. How does calcium trigger neurotransmitter release? / G. J. Augustine // Curr. Opin. Neurobiol. - 2001. – Vol. 11. - P. 320–326.
3. Jazayeri Shooshtari, S. M. Tibial and peroneal nerve conduction studies in ankle sprain / S. M. Jazayeri Shooshtari, D. Didehdar, A. R. Moghtaderi Esfahani // Electromyogr Clin Neurophysiol. – 2007. – Vol. 6. – P. 301-304.
4. Kostyuk, P. G. Calcium and cellular excitability / P. G. Kostyuk. – M.: Nauka, 1986. - 255 p. (in Russian).
5. Massó, N. Surface electromyography applications in the sport / N. Massó, F. Rey, D. Romero, G. Gual, L. Costa, A. Germán // Apunts Med. Esport. – 2010. – Vol. 45. – P. 121-130.
6. Nikolaev, S. G. Electromyography: Clinical Workshop / S. G. Nikolaev. – Ivanovo : PresSto, 2013. - 394 p. (in Russian).
7. Nikulin, B. A. Biochemical control in sport / B. A. Nikukin, I. I. Rodionova. – M.: Sov. sport, 2011.- 228 p. (in Russian).
8. Pawlak, M. Field hockey players have different values of ulnar and tibial motor nerve conduction velocity than soccer and tennis players / M. Pawlak, D. Kaczmarek // Arch. Ital. Biol. – 2010. – Vol. 148. – P. 365–376.
9. Shevtsov, A. V. Electroneuromyographic specification of the state of the kickboxers neuromuscular system / A. V. Shevtsov, S. L. Sashenkov, P. A. Bayguzhin // Bulletin of Chelyabinsk State Pedagogical University. – 2009. - № 7. - С. 305-314. (in Russian).
10. Sidorov, A. V. Physiology of intercellular communication: study guide / A. V. Sidorov. – Minsk : BGU, 2008. – 215 p. (in Russian).
11. Tupyakova, O. V. Modulation of motor reflexes in spinal osteochondrosis and related changes in serum electrolytes / O. V. Tupyakova, E. Yu. Andrijanova // Bulletin of new medical technologies. – 2008. - № 3 (15). - P. 159-161. (in Russian).
12. Zenkov, L. R. Functional diagnosis of neurological diseases (A Guide for Physicians). – 5-e revised and enlarged edition / L. R. Zenkov, M. A. Ronkin. – M.: MEDpress-inform., 2013. – 448 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Колосова Елена Викторовна – младший научный сотрудник Научно-исследовательского института Национального университета физического воспитания и спорта Украины.

Гатилова Галина Дмитриевна - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института Национального университета физического воспитания и спорта Украины.

Халявка Татьяна Александровна – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института Национального университета физического воспитания и спорта Украины.