

УДК 611.73

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СПИНАЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ ВИДОВ СПОРТА

А.А. Челноков, Д.А. Гладченко, И.Н. Бучацкая, Е.А. Пивоварова
Великолукская государственная академия физической культуры и спорта,
Великие Луки

Целью настоящей работы явилось изучение функциональных особенностей реципрокного, пресинаптического и нереципрокного торможения гомонимных α -мотонейронов мышцы-сгибателя стопы в состоянии покоя у лиц, не занимающихся спортом, и спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта. Было обследовано 33 человека: 11 человек, не занимающихся спортом, 11 – стайеров и 11 – самбистов. Оценка реципрокного торможения α -мотонейронов *m. soleus* проводилась по методике С. Crone et al., пресинаптического торможения Ia афферентов *m. soleus* – Y. Mizuno et al., нереципрокного торможения α -мотонейронов *m. soleus* – E. Pierrot-Deseilligny et al. в покое. Выявлено, что у неспортсменов и самбистов уровень активности пресинаптического торможения больше, в отличие от реципрокного и нереципрокного торможения. Для стайеров типична наибольшая активность пресинаптической внутриспинальной тормозной системы, но слабая выраженность реципрокного торможения и самая слабая выраженность нереципрокного торможения.

Ключевые слова: реципрокное торможение, пресинаптическое торможение, нереципрокное торможение, H-рефлекс, спортсмены, мотонейроны.

DOI: 10.26456/vtbio96

Введение. Специфика мышечной работы разной направленности, выполняемая в течение длительного времени спортсменами, определяет характер протекания нервных процессов в спинальных и супраспинальных структурах ЦНС (Попова, Сысоев, 2015; Ланская и др., 2016). Весомый вклад в регуляции двигательной деятельности человека вносят тормозные интернейрональные цепи спинного мозга (Jessop, et al., 2013; Moreno-López et al., 2016; Челноков и др., 2017 и др.). Основная функция реципрокного торможения – своевременно осуществлять координацию между мышцами агонистами и антагонистами (Pierrot-Deseilligny, Burke, 2012). Нереципрокное (аутогенное) торможение по своему функциональному значению является предохранительным от чрезмерных напряжений мышц и обеспечивает координированные сокращения различных мышечных групп (Pierrot-Deseilligny, Burke,

2012). Спинальная система пресинаптического торможения ограничивает поступление избыточного притока афферентных импульсов к нервным центрам и играет важную роль в обработке поступающей информации в ЦНС, а также регулирует излишний тонус скелетных мышц, препятствующий выполнению произвольных движений (Попова, Сысов, 2015; Eccles, 1964; Pierrot-Deseilligny, Burke, 2012). Процессы торможения в спинальных и супраспинальных структурах центральной нервной системы во многом определяют координацию деятельности всего организма, а следовательно, его физическую работоспособность. Исследования особенностей проявления пресинаптического торможения гомонимных Ia афферентов, реципрокного и нерцеiproкного торможения α -мотонейронов *m. soleus* в состоянии относительного мышечного покоя у спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта до сих пор фрагментарны. Все это дает основание считать, что поставленная проблема является весьма актуальной, имеет теоретическое и практическое значение для специалистов в области физиологии движений и спортивной физиологии.

Методика. Исследование проводилось на базе Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта. В исследовании приняли участия 33 здоровых испытуемых мужского пола в возрасте 22-25 лет, которые были дифференцированы на три группы: первая группа – лица, не занимающиеся спортом (неспортсмены), вторая группа – спортсмены, адаптированные на выносливость (стайеры), третья группа – спортсмены, адаптированные к сложнокоординированным двигательным действиям (самбисты). Спортсмены имели квалификацию от I взрослого спортивного разряда до кандидатов в мастера спорта. В момент исследования спортсмены находились в подготовительном периоде тренировочного цикла.

Реципрокное торможение гомонимных α -мотонейронов *m. soleus* оценивалось по методу Crone с соавторами (Crone, 1987). При этом методе используется кондиционирующая стимуляция *n. peroneus profundus*, которая активизирует афференты *m. tibialis anterior* и возбуждает Ia тормозные интернейроны, проецирующие на α -мотонейроны *m. soleus* (рис. 1). В соответствии с данным методом оценивалась степень подавления амплитуды тестирующего H-рефлекса *m. soleus*, вызываемого коротколатентной кондиционирующей стимуляцией *n. peroneus profundus* и наносимой за 3 мс до тестирующего раздражения *n. tibialis* (Челноков, Тюпаев, 2012; Челноков и др., 2017). Постулировалось, чем больше подавление амплитуды тестирующего H-рефлекса *m. soleus* по отношению к

амплитуде контрольного Н-рефлекса, тем более выражено реципрокное торможение спинальных α -мотонейронов.

Тестирующий и контрольный Н-рефлекс *m. soleus* вызывался путем стимуляции *n. tibialis* через монополярные электроды, при этом активный электрод располагался в *fossa poplitea*, индифферентный – на *patella*. При регистрации тестирующего и контрольного Н-ответа *m. soleus* использовалась интенсивность стимула с амплитудой ~15-25% от максимального значения.

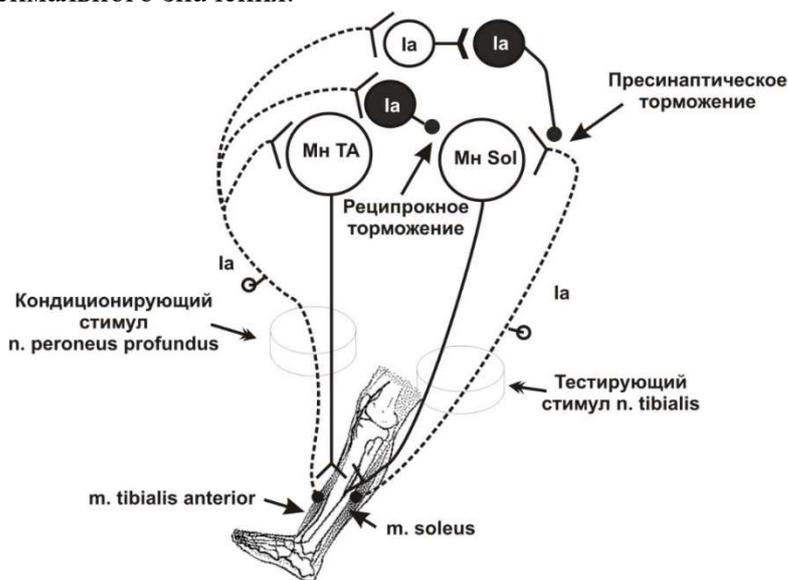


Рис. 1. Схематическое описание методики оценки реципрокного торможения α -мотонейронов и пресинаптического торможения афферентов Ia *m. soleus*:
— — — — Ia потоки, идущие от *nn. tibialis* и *peroneus profundus*; Мн ТА – мотонейроны *m. tibialis anterior*; Мн Sol – мотонейроны *m. soleus*; Ин Ia – возбуждающие интернейроны Ia (белым цветом); Ин Ia – тормозные интернейроны Ia (черным цветом).

Пресинаптическое торможение гомонимных Ia афферентов *m. soleus* оценивали по предложенной методике Mizuno с соавторами (Mizuno et al., 1971). Оценивалась степень подавления амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus*, вызываемого длиннолатентной кондиционирующей стимуляцией *n. peroneus profundus* и наносимого за 100 мс до тестирующего раздражения *n. tibialis* (рис. 1) (Челноков, Тюпаев, 2012; Челноков и др., 2017). Принималось, что, чем больше подавление амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* по отношению к амплитуде контрольного Н-рефлекса, тем более выражено пресинаптическое торможение афферентов Ia.

Тестирующая стимуляция *n. tibialis* и кондиционирующая стимуляция *n. peroneus profundus* проводилась таким же образом, как

описано в методике определения реципрокного торможения гомонимных α -мотонейронов.

Для оценки нерцеципрокного торможения гомонимных α -мотонейронов *m. soleus* использовали метод, предложенный Pierrot-Deseilligny с сотрудниками (Pierrot-Deseilligny, 1979). Нерцеципрокное торможение гомонимных α -мотонейронов *m. soleus* определяется при нанесении кондиционирующего стимула на *n. common peroneal* и тестирующего раздражения на *n. tibialis* (рис. 2). В этом случае кондиционирующая стимуляция *n. common peroneal* вызывает «чистый» эффект Ib торможения α -мотонейронов *m. gastrocnemius medialis* и *m. soleus* (Pierrot-Deseilligny, 1979). Оценивалась степень подавления тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* в условиях нанесения коротколатентной кондиционирующей стимуляции *n. common peroneal* за 6 мс до тестирующего раздражения *n. tibialis* (Челноков, Тюпаев, 2012; Челноков и др., 2017). Принималось, что, чем больше подавление амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* по отношению к амплитуде контрольного Н-рефлекса, тем более выражено нерцеципрокное торможение α -мотонейронов.

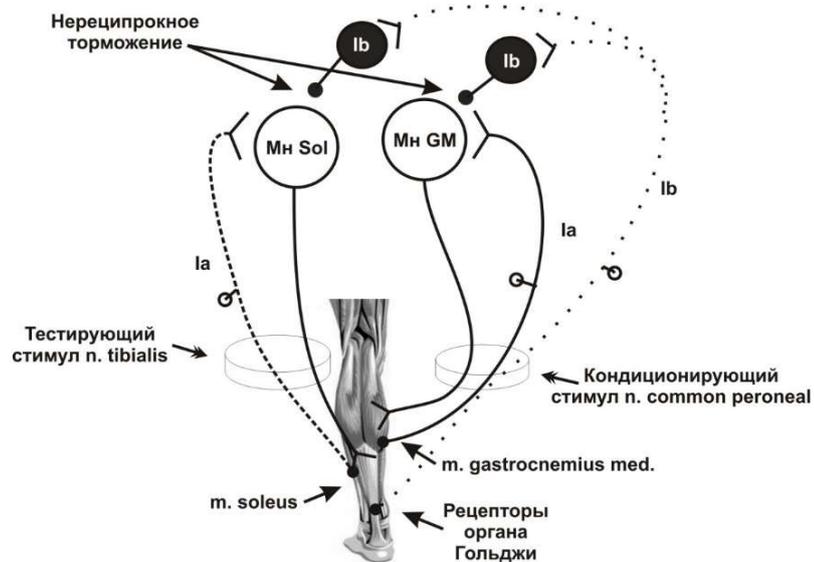


Рис. 2. Схематическое описание методики оценки нерцеципрокного торможения гомонимных α -мотонейронов *m. soleus*: — — — — Ia потоки, идущие от *nn. tibialis* и *common peroneal*; •••••— Ib потоки, идущие от *n. common peroneal*; Мн GM – мотонейроны *m. gastrocnemius medialis*; Мн Sol – мотонейроны *m. soleus*; Ин Ib – тормозные интернейроны Ib (черным цветом).

Тестирующий и контрольный Н-рефлекс *m. soleus* вызывался путем стимуляции *n. tibialis* через монополярные электроды, при этом активный электрод располагался в *fossa poplitea*, индифферентный – на

patella. При регистрации тестирующего и контрольного Н-рефлекса m. soleus использовалась интенсивность стимула с амплитудой ~15% от максимального значения.

Кондиционирующая стимуляция n. common peroneal осуществлялась через монополярные электроды. Активный электрод располагался в более низкой части fossa poplitea, на 6-8 см латеральнее или дистальнее электродов для раздражения n. tibialis, индифферентный – на patella. Интенсивность кондиционирующего стимула n. common peroneal подбиралась такой, чтобы вызвать ~95% величины максимального М-ответа m. gastrocnemius medialis.

Стимуляция афферентов, регистрация Н-рефлексов, М-ответов и биопотенциалов скелетных мышц нижней правой конечности осуществлялась с помощью восьмиканального миниэлектромиографа, предусматривающего обработку параметров Н-рефлекса и М-ответа в специальной компьютерной программе Muo (АНО «Возращение», Санкт-Петербург, 2003). Во всех случаях амплитуда Н- и М-ответов оценивалась от максимального негативного пика до максимального позитивного пика. Амплитуду тестирующего Н-ответа в условиях кондиционирующей стимуляции периферических нервов выражали в процентах от значений амплитуды контрольного ответа.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 10.0. Применяли параметрический критерий One-way Anova с post-hoc анализом Newman-Keuls и непараметрический критерий Kruskal-Wallis Anova, Friedman Anova. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 5% ($P=0,05$).

Результаты и обсуждение. Модуляция реципрокного торможения гомонимных α -мотонейронов m. soleus у лиц, не занимающихся спортом и спортсменов. Оценка реципрокного торможения гомонимных α -мото-нейронов у обследуемых групп позволила выявить, что наименьшая выраженность этого вида торможения наблюдалась у лиц, не занимающихся спортом (табл. 1). Выявлены достоверные различия в амплитуде тестирующего Н-рефлекса относительно контрольных значений у лиц, не занимающихся спортом в сравнении со стайерами ($P=0,000$) и самбистами ($P=0,000$). У лиц, не занимающихся спортом, подавление тестирующего Н-ответа было меньше на 20,37% и 24,47% в сравнении со стайерами и самбистами, соответственно.

В группах стайеров и самбистов отмечалась большая выраженность реципрокного торможения α -мотонейронов m. soleus по сравнению с лиц, не занимающихся спортом, отражающаяся в наименьших значениях амплитуды тестирующего Н-рефлекса от контрольного рефлекса (табл. 1). У обследуемых этих групп не

выявлены статистически значимые различия ($P=0,995$) в показателях амплитуды тестирующего Н-рефлекса относительно контрольных значений. Данный факт указывает на одинаковый уровень активности реципрокной внутриспинальной тормозной системы у стайеров и самбистов.

Таблица 1

Амплитуда Н-рефлекса *m. soleus* в условиях коротколатентной кондиционирующей стимуляции *n. peroneus profundus* у исследуемых групп, $M \pm SE$

Показатели	Исследуемые группы		
	Неспортсмены (n=11)	Стайеры (n=11)	Самбисты (n=11)
Контрольный Н-рефлекс, мВ	1,87±0,22	3,90±0,17	4,63±0,09
Тестирующий Н-рефлекс, мВ	1,36±0,16*	2,00±0,16*	2,23±0,09*
Тестирующий Н-рефлекс от контрольного, %	72,69±2,18	52,32±4,55	48,22±1,66
Подавление Н-рефлекса, %	27,31±2,18	47,68±4,55	51,78±1,66
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Неспортсмены}}$	$P=0,001^{\#}$		
$P_{\text{Самбисты} \times \text{Неспортсмены}}$	$P=0,000^{\#}$		
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Самбисты}}$	$P=0,995^{\#}$		

Примечание: здесь и в табл. 2, 3: $<0,01^*$ (Friedman Anova) – уровень достоверных отличий амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* от контрольных значений, мВ. $P_{\text{Стайеры} \times \text{Неспортсмены}}$, $P_{\text{Самбисты} \times \text{Неспортсмены}}$, $P_{\text{Стайеры} \times \text{Самбисты}}$ – достоверность отличия амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* от контрольного рефлекса между стайерами и неспортсменами, самбистами и неспортсменами, стайерами и самбистами, %. $\#$ – различия выявлены методом множественного сравнения Kruskal-Wallis Anova.

Модуляция пресинаптического торможения гомонимных Ia афферентов m. soleus у лиц, не занимающихся спортом, и спортсменов. Сравнительный анализ выраженности пресинаптического торможения гомонимных Ia афферентов *m. soleus* у обследуемых показал, что у самбистов и лиц, не занимающихся спортом, наблюдалась наибольшая выраженность пресинаптического торможения Ia афферентов, а у стайеров проявление данного вида торможения было выражено меньше. В группах стайеров и лиц, не занимающихся спортом, амплитуда тестирующего Н-рефлекса от контрольных значений, была достоверно меньше по сравнению с самбистами ($P=0,006$, $P=0,000$; табл. 2). Этот факт согласуется с результатами Earles с соавторами (Earles, 2002), которые указывают, что пресинаптическое торможение α -мотонейронов спинального двигательного центра *m. soleus*, регистрируемое в состоянии покоя, существенно меньше у спортсменов, специализирующихся на выносливость, чем у спортсменов силовой тренировки и неспортсменов. В исследованиях наших коллег показано, что пресинаптическое торможение Ia афферентов *m. soleus*,

регистрируемое в состоянии покоя, существенно меньше у спортсменов стайеров по сравнению со спринтерами и самбистами (Городничев, Фомин, 2007). Таким образом, адаптация к мышечной работе разной направленности, выполняемая в течение длительного времени, изменяет активность пресинаптической тормозной системы спинного мозга.

Таблица 2

Амплитуда Н-рефлекса *m. soleus* в условиях длинноталентной кондиционирующей стимуляции *n. peroneus profundus* у исследуемых групп, $M \pm SE$

Показатели	Исследуемые группы		
	Неспорсмены (n=11)	Стайеры (n=11)	Самбисты (n=11)
Контрольный Н-рефлекс, мВ	3,81±0,19	4,80±0,18	3,10±0,13
Тестирующий Н-рефлекс, мВ	0,50±0,05*	0,93±0,02*	0,28±0,02*
Тестирующий Н-рефлекс от контрольного, %	12,72±0,88	19,65±0,75	9,10±0,78
Подавление Н-рефлекса, %	87,28±0,88	80,35±0,75	90,90±0,78
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Неспорсмены}}$	$P=0,182^{\#}$		
$P_{\text{Самбисты} \times \text{Неспорсмены}}$	$P=0,006^{\#}$		
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Самбисты}}$	$P=0,000^{\#}$		

Модуляция нереципрокного торможения гомонимных α-мотонейронов m. soleus у лиц, не занимающихся спортом, и спортсменов. В процессе сопоставительного анализа выраженности нереципрокного торможения у испытуемых выявлено, что в наибольшей степени выражено нереципрокное торможение α-мотонейронов *m. soleus* у самбистов по сравнению с лицами, не занимающимися спортом, и стайерами (табл. 3). У самбистов отмечалось достоверное понижение амплитуды тестирующего Н-рефлекса на 25,12% по сравнению с лицами, не занимающимися спортом ($P=0,001$), и на 45,50% ($P=0,000$) – в сравнении со стайерами. Ранее в проведенных нами исследованиях было установлено, что для самбистов характерна наибольшая выраженность нереципрокного торможения гетеронимных α-мотонейронов *m. vastus lateralis* по сравнению с лицами, не занимающимися спортом (Челноков, Бучацкая, 2010). Такие различия связаны подавляющим влиянием Ib афферентов от рецепторов Гольджи на мотонейронное ядро *m. vastus lateralis* у спортсменов и адаптивными изменениями в сухожильных рецепторах Гольджи, вследствие многолетней спортивной тренировки.

В свою очередь, у лиц, не занимающихся спортом, подавление тестирующего Н-ответа было больше на 20,38%, чем у стайеров, но меньше на 25,12% по сравнению с самбистами (табл. 3).

Следовательно, у лиц, не занимающихся спортом, нерцепрокное торможение α -мотонейронов *m. soleus* было более значительным по сравнению со стайерами, но в меньшей степени выражено, чем у самбистов.

Различия в выраженности разных видов спинального торможения у лиц, не занимающихся спортом, стайеров и самбистов. На основании анализа данных, представленных на рис. 3 проведен сравнительный анализ выраженности тормозных процессов на спинальном уровне в состоянии покоя у лиц, не занимающихся спортом, стайеров и самбистов. Установлено, что у лиц, не занимающихся спортом, наблюдалась большая выраженность пресинаптического торможения Ia афферентов *m. soleus* по сравнению с реципрочным и нерцепрочным торможением. Так, при регистрации пресинаптического торможения амплитуда тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* была значительно меньше на 59,97% ($P=0,000$) и 57,62% ($P=0,006$) по сравнению с реципрочным и нерцепрочным торможением. В свою очередь, выраженность реципрочного и нерцепрочного торможения у лиц, не занимающихся спортом, была одинаковой, на это указывают невыявленные различия в амплитуде Н-ответов *m. soleus* ($P=1,000$; рис. 3). Сходные результаты были получены при изучении разных видов спинального торможения у взрослых, не занимающихся спортом, и у лиц, занимающихся физической культурой и спортом, при осуществлении произвольных движений (Челноков и др., 2017а, б).

Таблица 3

Амплитуда Н-рефлекса *m. soleus* в условиях коротколатентной кондиционирующей стимуляции *n. common peroneal* у исследуемых групп, $M \pm SE$

Показатели	Исследуемые группы		
	Неспортсмены (n=11)	Стайеры (n=11)	Самбисты (n=11)
Контрольный Н-рефлекс, мВ	1,97±0,10	3,49±0,22	2,11±0,07
Тестирующий Н-рефлекс, мВ	1,38±0,07*	3,07±0,26*	0,95±0,04*
Тестирующий Н-рефлекс от контрольного, %	70,34±1,40	90,72±2,11	45,22±1,59
Подавление Н-рефлекса, %	29,66±1,40	9,28±2,11	54,78±1,59
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Неспортсмены}}$	$P=0,043^{\#}$		
$P_{\text{Самбисты} \times \text{Неспортсмены}}$	$P=0,001^{\#}$		
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Самбисты}}$	$P=0,000^{\#}$		

Данные, полученные по изучению разных видов спинального торможения у стайеров, указывают на то, что у этой группы спортсменов выраженность пресинаптического торможения больше,

чем реципрокного и нереципрокного торможения (рис. 3). Амплитуда меньше на 32,67% и 71,07% в сравнении с зарегистрированной тестирующего Н-ответа при регистрации пресинаптического торможения оказалась амплитудой Н-рефлексов реципрокного ($P=0,021$) и нереципрокного торможения ($P=0,026$). У стайеров реципрокное торможение выражено более значительно по сравнению с нереципрокным торможением, но выражено менее, чем пресинаптическое торможение (рис. 3).

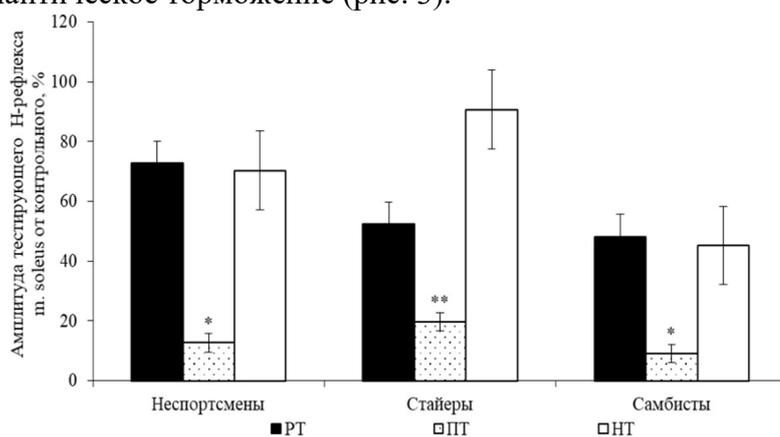


Рис. 3. Амплитуда тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* от контрольного рефлекса у неспортсменов, стайеров и самбистов, %: ПТ – пресинаптическое торможение Ia афферентов *m. soleus*, НТ – нереципрокное торможение α -мотонейронов *m. soleus*, РТ – реципрокное торможение α -мотонейронов *m. soleus*; $P<0,01^*$, $P<0,05^{**}$ – достоверные отличия между выраженностью ПТ, НТ, РТ (Kruskal-Wallis Anova).

В результате исследования выявлено, что у самбистов пресинаптическое торможение более активно, чем реципрокное и нереципрокное торможение (рис. 3). В этом случае амплитуда тестирующего Н-рефлекса во время регистрации пресинаптического торможения была меньше на 39,12% и 36,12% по сравнению с зарегистрированной амплитудой Н-рефлексов реципрокного ($P=0,000$) и нереципрокного торможения ($P=0,000$). Сравнительный анализ выраженности реципрокного и нереципрокного торможения показал, что данные тормозные системы спинного мозга у самбистов проявляют себя одинаково ($P=0,140$).

Заключение. Таким образом, реципрокное торможение α -мотонейронов мышцы-сгибателя стопы наиболее выражено у стайеров и самбистов по сравнению с лицами, не занимающимися спортом.

Пресинаптическое торможение гомонимных Ia афферентов мышцы-сгибателя стопы в состоянии относительного мышечного покоя наиболее выражено у самбистов и лиц, не занимающихся

спортом, чем у стайеров.

Нереципрокное торможение α -мотонейронов мышцы-сгибателя стопы выражено больше у самбистов в отличие от стайеров и лиц, не занимающихся спортом. У стайеров данный вид торможения ослаблен по сравнению с лицами, не занимающимися спортом.

Сравнительный анализ проявления разных видов торможения на спинальном уровне у лиц, не занимающихся спортом, стайеров и самбистов показал, что у нетренированных лиц уровень активности пресинаптического торможения Ia афферентов мышцы-сгибателя стопы больше, в отличие от реципрокного и нереципрокного торможения α -мотонейронов. Для стайеров типична наибольшая активность пресинаптической внутриспинальной тормозной системы, но слабая выраженность реципрокного торможения и самая слабая выраженность нереципрокного торможения. У лиц не занимающихся спортом, и самбистов уровень функциональной активности пресинаптического торможения больше, в отличие от реципрокного и нереципрокного торможения. Выявленные различия, по-видимому, определяются адаптационными изменениями к определенному типу мышечной деятельности.

Список литературы

- Городничев Р.М., Фомин Р.Н.* 2007. Пресинаптическое торможение альфа-мотонейронов спинного мозга человека при адаптации к двигательной деятельности разной направленности // Физиология человека. Т. 33. № 2. С. 98-103.
- Ланская Е.В., Ланская О.В., Андриянова Е.Ю.* 2016. Механизмы нейропластичности кортико-спинального тракта при занятиях спортом // Ульяновский медико-биологический журнал. № 1. С. 127-136.
- Попова И.Е., Сысоев А.В.* 2015. Функциональные особенности Н-рефлекса спортсменов различных специализаций в годичном цикле тренировок // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. №4(122) С. 156-159.
- Челноков А.А., Бучацкая И.Н.* 2010. Влияние уровня двигательной активности на модуляцию нереципрокного и возвратного торможения спинальных α -мотонейронов у лиц юношеского возраста [Электронный ресурс] // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. №4 (17). С. 78-85. http://kamgifk.ru/magazin/4_10/17.pdf
- Челноков А.А., Тюпаев И.М.* 2012. Функциональные особенности реципрокного и пресинаптического торможения мышц голени у лиц разного возраста // Лечебная физкультура и спортивная медицина. № 7. С. 40-44.
- Челноков А.А., Гладченко Д.А., Федоров С.А., Городничев Р.М.* 2017а. Возрастные особенности спинального торможения скелетных мышц у

- лиц мужского пола в регуляции произвольных движений // Физиология человека. Т. 43. № 1. С. 35-44.
- Челноков А.А., Кошкарёв Л.Т., Челнокова М.И.* 2017б. Особенности спинального торможения при произвольной двигательной активности мышц голени у лиц, занимающихся физической культурой и спортом // Спортивная медицина: наука и практика. Т. 7. № 1. С. 5-13.
- Crone C., Hultborn H., Jespersen B., Nielsen J.* 1987. Reciprocal Ia inhibition between ankle flexors and extensors in man // *J. Physiol. Lond.* V. 389. P. 163-185.
- Earles D.R., Dierking J.T., Robertson C.T., Koceja D.M.* 2002. Pre- and post-synaptic control of motoneuron excitability in athletes // *Med. Sci. Sports Exerc.* V. 34. № 11. P. 1766-1772.
- Eccles J.C.* 1964. Presynaptic inhibition in the spinal cord // *Physiology of Spinal Neurons* / (Eccles J. and Schade J. P., eds). P. 65-89.
- Jessop T., De Paola A., Casaletto L., Englard C., Knikou M.* 2013. Short-term plasticity of human spinal inhibitory circuits after isometric and isotonic ankle training // *Eur J Appl Physiol.* V. 113. № 2. P. 273-284.
- Mizuno Y., Tanaka R., Yanagisawa N.* 1971. Reciprocal group I inhibition of triceps surae motoneurons in man // *Journal of Neurophysiology.* V. 34. № 6. P. 1010-1017.
- Moreno-López Y., Olivares-Moreno R., Cordero-Erausquin M., Rojas-Piloni G.* 2016. Sensorimotor Integration by Corticospinal System // *Front Neuroanat.* V. 10. P. 24.
- Pierrot-Deseilligny E., Katz R., Morin C.* 1979. Evidence for IB inhibition in human subjects // *Brain Res.* V. 166. №1. P. 176-179.
- Pierrot-Deseilligny E., Burke D.* 2012. *The Circuitry of the Human Spinal Cord: Spinal and Corticospinal Mechanisms of Movement.* United States: Cambridge University Press. 606 p.

FUNCTIONAL FEATURES OF SPINAL INHIBITION IN ATHLETES OF DIFFERENT SPORTS

A.A. Chelnokov, D.A. Gladchenko, I.N. Buchatscaya, E.A. Pivovarova
Velikie Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikie Luki

The aim of this work was to study the functional features of reciprocal, presynaptic and non-reciprocal inhibition of homonymous α -motor neurons of the flexor muscle of the foot at rest in individuals who are not involved in sports, and athletes specializing in various sports. 33 people were examined: 11 people not involved in sports, 11 - stayers and 11 - sambo wrestlers. Reciprocal inhibition of α -motor neurons m. soleus was carried out according to the method of C. Crone et al., presynaptic inhibition of Ia afferents m. soleus - Y. Mizuno et al., non-reciprocal inhibition of α -motor neurons m. soleus - E. Pierrot-Deseilligny et al. at rest. It was revealed that non-athletes and sambo athletes have a higher level of presynaptic inhibition

activity, in contrast to reciprocal and non-reciprocal inhibition. The highest activity of the presynaptic intraspinal braking system is typical for styers, but the highest level of reciprocal inhibition and the lowest level of non-reciprocal inhibition are typical.

Keywords: *reciprocal inhibition, presynaptic inhibition, nonreciprocal inhibition, H-reflex, athletes, motoneurons.*

Об авторах:

ЧЕЛНОКОВ Андрей Алексеевич – доцент, доктор биологических наук, заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин, профессор, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», 182105, Псковская область, город Великие Луки, площадь Юбилейная, д. 4, e-mail: andchelnokov@yandex.ru.

ГЛАДЧЕНКО Денис Александрович – преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», 182105, Псковская область, город Великие Луки, площадь Юбилейная, д. 4, e-mail: den.basket@mail.ru.

БУЧАЦКАЯ Ирина Николаевна – доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и спортивной медицины, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», 182105, Псковская область, город Великие Луки, площадь Юбилейная, д. 4, e-mail: ira.buchatskaya@yandex.ru.

ПИВОВАРОВА Елена Анатольевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», 182105, Псковская область, город Великие Луки, площадь Юбилейная, д. 4, e-mail: elenavlgafk@yandex.ru.

Челноков А.А. Функциональные особенности спинального торможения у спортсменов разных видов спорта / А.А. Челноков, Д.А. Гладченко, И.Н. Бучацкая, Е.А. Пивоварова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2019. № 3(55). С. 35-46.