

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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -мотонейронов m. soleus проводилась по методике С. Crone et al., пресинаптического торможения Ia афферентов m. soleus – Y. Mizuno et al., нереципрокного торможения  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -мотонейронов *m. soleus* оценивалось по методу Crone с соавторами (Crone, 1987). При этом методе используется кондиционирующая стимуляция *n. peroneus profundus*, которая активирует афференты *m. tibialis anterior* и возбуждает Ia тормозные интернейроны, проецирующие на  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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.

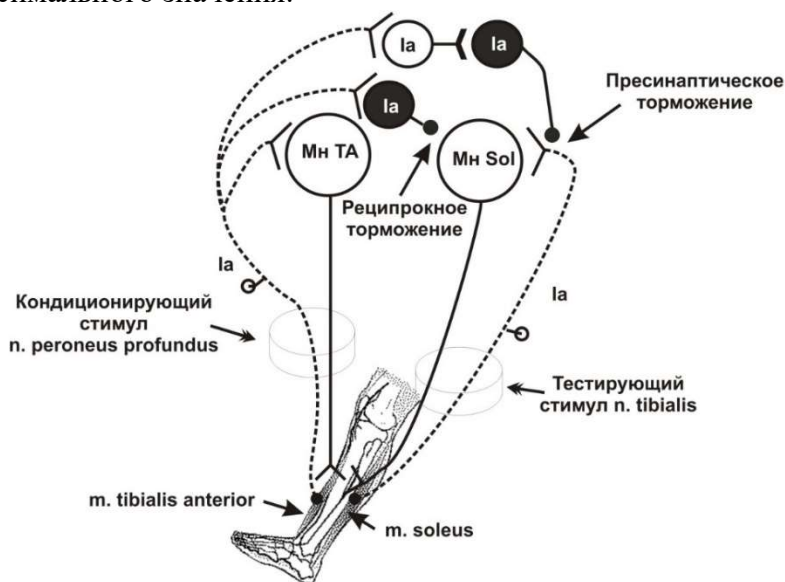


Рис. 1. Схематическое описание методики оценки реципрокного торможения  $\alpha$ -мотонейронов и пресинаптического торможения афферентов Ia *m. soleus*:

— ■ — 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  $\alpha$ -мотонейронов.

Для оценки нерцеципрокного торможения гомонимных  $\alpha$ -мотонейронов *m. soleus* использовали метод, предложенный Pierrot-Deseilligny с сотрудниками (Pierrot-Deseilligny, 1979). Нерцеципрокное торможение гомонимных  $\alpha$ -мотонейронов *m. soleus* определяется при нанесении кондиционирующего стимула на *p. common peroneal* и тестирующего раздражения на *p. tibialis* (рис. 2). В этом случае кондиционирующая стимуляция *p. common peroneal* вызывает «чистый» эффект Ib торможения  $\alpha$ -мотонейронов *m. gastrocnemius medialis* и *m. soleus* (Pierrot-Deseilligny, 1979). Оценивалась степень подавления тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* в условиях нанесения коротколатентной кондиционирующей стимуляции *p. common peroneal* за 6 мс до тестирующего раздражения *p. 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  $\alpha$ -мото-нейронов.

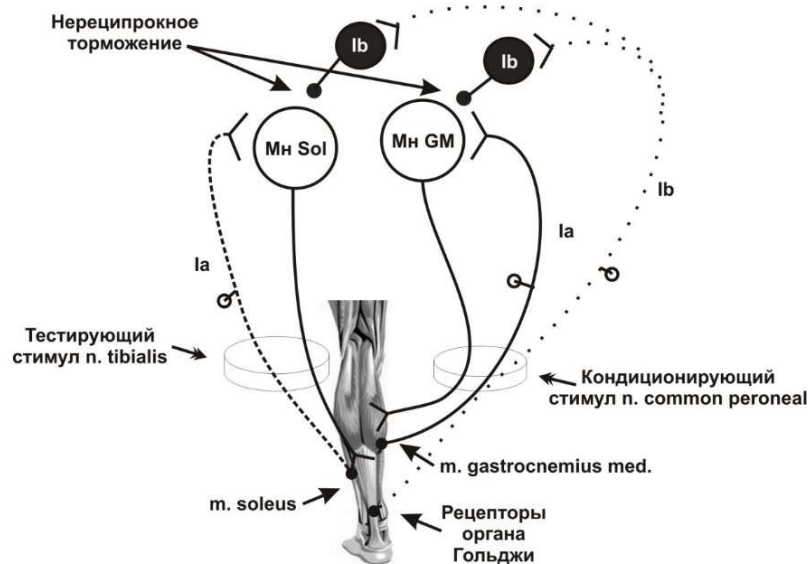


Рис. 2. Схематическое описание методики оценки нерцеципрокного торможения гомонимных  $\alpha$ -мотонейронов *m. soleus*: — — — — Ia потоки, идущие от *nn. tibialis* и *common peroneal*; •••••— Ib потоки, идущие от *p. common peroneal*; Мн GM – мотонейроны *m. gastrocnemius medialis*; Мн Sol – мотонейроны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

Тестирующий и контрольный Н-рефлекс *m. soleus* вызывался путем стимуляции *p. 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  $\alpha$ -мотонейронов m. soleus у лиц, не занимающихся спортом и спортсменов. Оценка реципрокного торможения гомонимных  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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		
	Неспорсмены (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
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Неспорсмены}}$	<b><math>P=0,001^{\#}</math></b>		
$P_{\text{Самбисты} \times \text{Неспорсмены}}$	<b><math>P=0,000^{\#}</math></b>		
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Самбисты}}$	$P=0,995^{\#}$		

*Примечание:* здесь и в табл. 2, 3:  $<0,01^*$  (Friedman Anova) – уровень достоверных отличий амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* от контрольных значений, мВ.  $P_{\text{Стайеры} \times \text{Неспорсмены}}$ ,  $P_{\text{Самбисты} \times \text{Неспорсмены}}$ ,  $P_{\text{Стайеры} \times \text{Самбисты}}$  – 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  $\alpha$ -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 длиннолатентной 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  $\alpha$ -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
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Неспортсмены}}$	<b><math>P=0,043^{\#}</math></b>		
$P_{\text{Самбисты} \times \text{Неспортсмены}}$	<b><math>P=0,001^{\#}</math></b>		
$P_{\text{Стайеры} \times \text{Самбисты}}$	<b><math>P=0,000^{\#}</math></b>		

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).

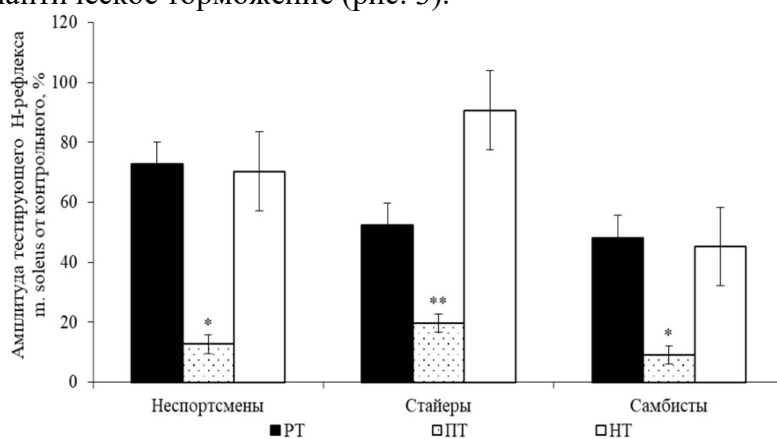


Рис. 3. Амплитуда тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* от контрольного рефлекса у неспортсменов, стайеров и самбистов, %: ПТ – пресинаптическое торможение Ia афферентов *m. soleus*, НТ – нереципрокное торможение  $\alpha$ -мотонейронов *m. soleus*, РТ – реципрокное торможение  $\alpha$ -мотонейронов *m. 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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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](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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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.