

**СПИНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ КОНТРОЛЯ ВОЗБУДИМОСТИ
ЭФФЕРЕНТОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

*Юлия Александровна Поварешенкова, доктор биологических наук, доцент,
Екатерина Алексеевна Михайлова, аспирант,
Андрей Владимирович Лапченков, аспирант,
Великолукская академия физической культуры и спорта (ВЛГАФК)*

Аннотация

Исследовали изменение возбудимости мотонейронов мышц нижних конечностей в покое и при реализации изометрического напряжения заданной мощности. Обнаружено наличие специфических процессов адаптации нервно-мышечного аппарата спортсменов к мышечной работе на выносливость в покое: повышение рефлекторной возбудимости высокопороговых эфферентов и снижение порогов мышц голени. Амплитуда моносинаптических ответов тестируемых мышц рабочей конечности увеличивается с ростом усилия, а латентный период имеет некоторую тенденцию к сокращению.

Ключевые слова: рефлекторная возбудимость, адаптация нервно-мышечного аппарата, покой, изометрическое напряжение.

**THE SPINAL MECHANISMS OF LEG MUSCLE EFFERENTS' EXCITABILITY
CONTROL**

*Julia Aleksandrovna Povareschenkova, Dr.Sci.Biol., the senior lecturer,
Ekaterina Alekseevna Mihajlova, the post-graduate student,
Andrey Vladimirovich Lapchenkov, the post-graduate student,
Velikiye Luki State Academy of Physical Education and Sports*

Annotation

The change of motor neurons excitability of legs' muscles was studied at condition of rest and under isometric contraction of assigned strength. The athletes have specific processes of neuromuscular apparatus' adaptation to muscle endurance work at condition of rest: the increasing of reflexory excitability of high threshold efferents and decreasing of the shin muscles' threshold. The mono-synaptic responses' amplitude of tested muscles of the working limb increases with the growth of effort and the latent period has some tendency to shortening.

Key words: the reflex excitability, the neuromuscular apparatus' adaptation, the rest, the isometric contraction.

ВВЕДЕНИЕ

Долговременная адаптация формируется постепенно на основе многократной реализации срочной адаптации путем суммирования следов повторяющихся нагрузок [1, 2]. Процесс долговременной адаптации обязательно сопровождается перестройкой регуляторных механизмов, эффективность деятельности которых определяет успешность выполнения конкретного моторного задания. Выявление особенностей регуляции периферического звена нервно-мышечного аппарата на спинальном уровне будет способствовать более детальному изучению механизмов развития адаптационных и патологических процессов в нервно-мышечной системе, что, в свою очередь, позволит контролировать процесс спортивного совершенствования, предупредить развитие нарушений и своевременно корректировать изменения функционального состояния мышечной системы. В данной работе представлены результаты исследования особенности сегментарной системы регуляции моторного звена двигательной системы у лиц, имеющих различный уровень адаптации к мышечной работе.

МЕТОДИКА

Для оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата использовали стимуляционную электронейромиографию. Регистрировали рефлекторную возбудимость α -мотонейронов посредством мультисегментарного моносинаптического тестирования по методике G. Courtine et al. [3] при стимуляции корешков афферент-

ных волокон периферических нервов на уровне T₁₁-T₁₂. Используемая техника получения моносинаптических ответов позволяет изучать рефлекторные двигательные ответы ряда симметрично расположенных мышц, вызываемые кожной электрической стимуляцией спинномозговых нервов. Определялась рефлекторная возбудимость α-мотонейронов *m.rectus femoris*, *m.gastrocnemius caput mediale*, *m.tibialis anterior*, *m.soleus* по максимальной амплитуде моносинаптических ответов.

Биполярные кожные электроды с межэлектродным расстоянием 2 см устанавливались на брюшках билатерально расположенных мышц нижних конечностей посередине между местом их начала и прикрепления. Со стороны позвоночника позиционировали катод между T₁₁ и T₁₂ позвонками, два анода располагали билатерально по передней поверхности подвздошных гребней. Отведение и регистрация биопотенциалов скелетных мышц осуществлялись с 8-ми каналов при одномоментной стимуляции с помощью комплекса «Мини-Электромиограф», предусматривающего обработку полученных данных по специальной компьютерной программе «Муо» (АНО «Возвращение», СПб, 2003).

Интенсивность электрических стимулов составляла от 70 мА до 80 мА. Этой интенсивности сигнала было достаточно для вызова ответов во всех мышцах. При электрической стимуляции ощущения у обследуемых не были болезненными, а вызывали некоторый дискомфорт вследствие сокращения параспинальных мышц.

В исследовании принимали участие спортсмены, специализирующиеся в циклических видах спорта, требующих проявления выносливости, легкоатлеты-стайеры и велогонщики (n=12) в возрасте от 19 до 22 лет, рост которых составлял от 169 до 176 см, вес на момент исследования - 66-75 кг, имеющие квалификацию 1 взрослый разряд или кандидат в мастера спорта. В контрольную группу (n=12) вошли неврологически здоровые юноши в возрасте от 19 до 22 лет, не имеющие достоверных отличий от спортсменов по антропометрическим показателям. С письменного разрешения матери и в ее присутствии принимал участие ребенок (11 лет, рост 136 см, вес 41 кг) с ампутацией части голени, занимающийся плаванием, стаж занятий 2 года. Исследование было разрешено Комитетом по биоэтике Великолукской государственной академии физической культуры и спорта и соответствовало Хельсинской декларации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристики получаемых ответов латентность, амплитуда и форма, а также факт того, что подача предшествующего стимула и вибрация сухожилия приводили к достоверной депрессии или подавлению рефлекторных ответов, позволили предполагать, что ответы имели моносинаптическую природу.

Амплитуда рефлекторного ответа отражает количество возбужденных α-мотонейронов спинного мозга, соответственно, указывает на вовлечение высокопороговых двигательных нейронов. Анализ значений амплитуды рефлекторных двигательных ответов в состоянии относительного мышечного покоя, в определенной степени, указывает на большую рефлекторную возбудимость высокопороговых эфферентов тестируемых мышц у спортсменов левой (рис. 1) и правой (рис. 2) нижней конечности. У спортсменов во всех тестируемых мышцах амплитуда регистрируемых ответов превышает в 2 раза соответствующий показатель не занимающихся спортом. При рассмотрении значений порогов у юношей двух сопоставляемых групп столь значимых различий не было обнаружено.

Можем предположить, что долговременное выполнение спортсменами нагрузок вызывает увеличение рефлекторной возбудимости высокопороговых α-мотонейронов тех мышечных волокон, которые задействованы при выполнении физических упражнений, характерных для избранного вида спорта. При реализации основного упражнения от спортсмена требуется приложение значительных усилий от рабочих мышечных групп, а, значит, необходимы периодические залповые напряжения быстрых быстротомляемых двигательных единиц – α-мотонейронов и иннервируемых ими мышеч-

НЫХ ВОЛОКОН.

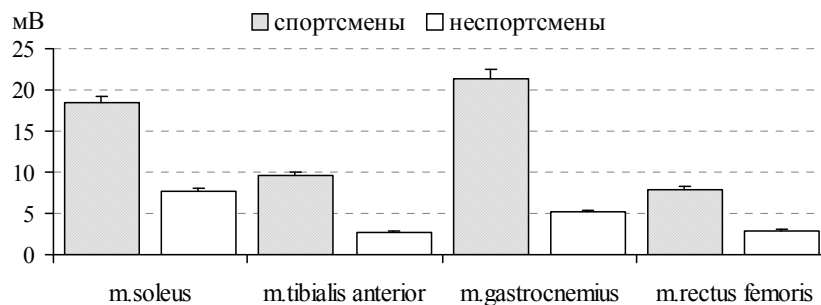


Рис. 1. Амплитуда рефлекторных двигательных ответов мышц левой нижней конечности

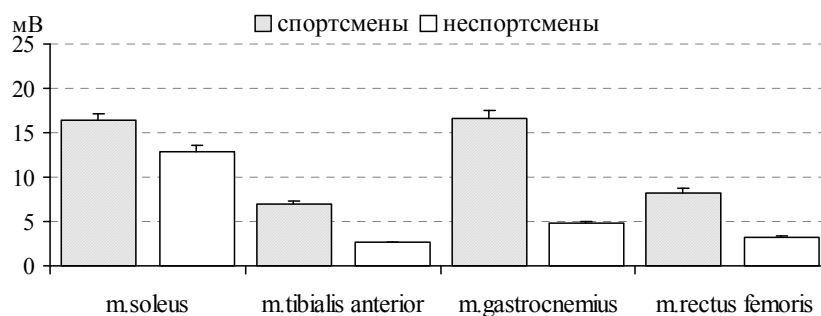


Рис. 2. Амплитуда рефлекторных двигательных ответов мышц правой нижней конечности

У спортсменов мы наблюдали увеличение рефлекторной возбудимости α -мотонейронов, что связано с повышением электроактивности самих α -мотонейронов, увеличением скорости синаптической и нервно-мышечной передачи, кроме того, не исключены и облегчающие влияния супраспинальных и периферических отделов нервной системы. Таким образом, регулярные мышечные нагрузки вызывают перечисленные изменения в рефлекторной дуге простейших двигательных рефлексов, а использованный метод регистрации рефлекторной возбудимости спинальных мотонейронов чувствителен для оценки процессов адаптации нервно-моторного аппарата человека. Мы предположили, что данный метод позволит выявить также изменения в состоянии сегментарного двигательного аппарата при его повреждении.

Мы исследовали рефлекторную возбудимость *biceps femoris*, *vastus lateralis*, *rectus femoris*, *adductor magnus* в состоянии покоя у мальчика с высокой ампутацией части голени. Обнаружено, что рефлекторная возбудимость мышц *biceps femoris*, *vastus lateralis*, *adductor magnus* усеченной конечности снижена. При этом амплитуда α -мотонейронов *m. rectus femoris* практически не отличается от данного параметра здоровой конечности (отличия находятся в пределах статистической погрешности).

Полагаем, что поддержание рефлекторной возбудимости α -мотонейронов на нормальном уровне достаточной нагрузки, что находит отражение в изменении функциональных параметров нервно-мышечного аппарата, при условии, что за норму принимаем параметры, регистрируемые со здоровой конечности. Исследования, проведенные с участием здоровых лиц, не занимающихся физическими упражнениями, подтвердили имеющиеся в литературе данные (по параметрам Н-рефлекса) об отсутствии достоверных асимметрий параметров рефлекторной возбудимости α -мотонейронов спинного мозга. У спортсменов моторные асимметрии проявляются в модуляции параметров рефлекторной возбудимости двигательных нейронов, что, в первую очередь, может быть обусловлено большей нагрузкой на толчковую конечность [4].

Чтобы подтвердить необходимость физических нагрузок и доказать, что мышечное напряжение стимулирует активность нервно-моторного звена, мы провели

исследование активности α -мотонейронов при реализации двигательной задачи с участием спортсменов. При выполнении мышечного усилия выявлена следующая среднегрупповая тенденция – амплитуда рефлекторных моносинаптических ответов *m.rectus femoris*, *m.gastrocnemius caput mediale*, *m.tibialis anterior*, *m.soleus* правой – рабочей конечности увеличивается с ростом напряжения при удержании изометрического напряжения. Данный факт может свидетельствовать о перераспределении влияний различных механизмов регуляции мышечной активности в соответствии с изменяющимся моторным заданием. Вероятно, с ростом мышечного напряжения увеличивается количество возбужденных α -мотонейронов спинного мозга и повышается их электрическая активность, а также усиливаются облегчающие влияния от супраспинальных и периферических отделов нервной системы.

Одновременно рефлекторная возбудимость α -мотонейронов мышц опорной конечности не имеет выраженной тенденции изменений при выполнении изометрических усилий различной мощности. У части испытуемых регистрируется увеличение амплитуды моносинаптических двигательных ответов, у других же обнаруживается некоторое снижение данного показателя по мере выполнения моторного задания с удержанием напряжения от 25%, 50%, 75% от максимального произвольного усилия до максимально возможного. Быть может, поддержание необходимого изометрического напряжения рабочей конечности достигается и усилением ее активности, например, за счет перекрестных возбуждающих влияний на спинальном и супраспинальном уровне с зон, контролирующими состояние опорной конечности.

Полученные в работе результаты позволяют предполагать наличие специфических процессов адаптации нервно-мышечного аппарата спортсменов к мышечной работе на выносливость, которые выражаются, в том числе, и дифференциацией спинального контроля. Модуляция рефлекторной возбудимости α -мотонейронов мышц нижних конечностей определяется степенью реализуемого напряжения, функциональной ролью конечности (рабочая или опорная) в тестовом задании, моторными предпочтениями (правая конечность является толчковой или маховой), особенностями межмышечных взаимодействий при реализации моторного задания. Именно при выполнении физических нагрузок на выносливость – это, как правило, циклическая работа, при которой повторность основного движения многократна, а, соответственно, и адаптивные процессы в нервно-мышечной системе и аппарате его регуляции будут более выражены. Следовательно, для преодоления патологических процессов при заболеваниях и травмах опорно-двигательного аппарата можно рекомендовать умеренные циклические нагрузки.

ВЫВОДЫ

Систематическое выполнение циклических нагрузок на выносливость вызывает адаптационные процессы в нервно-мышечном аппарате и совершенствование спинального контроля. При выполнении дозированного мышечного напряжения изменяется текущее состояние рефлекторной возбудимости мотонейронов мышц, реализующих напряжение, а также моторного аппарата опорной конечности. При этом направленность и количественная выраженность изменений возбудимости определяются, в том числе, моторными предпочтениями и спецификой межмышечных взаимодействий при реализации моторного задания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте : общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – Киев : Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
2. Солодков, А.С. Адаптация к мышечной деятельности – механизмы и закономерности // Физиология в высших учебных заведениях России и СНГ / ГМУ им. Павлова. – СПб., 1998. – С. 75-77.

3. Courtine, G. Modulation of Multisegmental Monosynaptic Responses (MMR) in a variety of leg muscles during walking and running in humans / Courtine G., Harkema S.J., Dy Ch.J. et al. // J. Physiology; 582, 2007 – P.1125-1139.

4. Povareshchenkova, J. Neurophysiological mechanisms of leg muscles efferents excitability control / Povareshchenkova J., Andriyanova E., Petrov D. ; European College of Sport Science // Book of Abstracts of the 13th Annual Congress of the European College of Sport Science. – Portugal, 2008. – P. 399.

Контактная информация: p_j_a@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЫПОЛНЕНИЯ АЭРОБНЫХ УПРАЖНЕНИЙ

*Дмитрий Александрович Романов, кандидат педагогических наук, профессор,
Краснодарский колледж управления, техники и технологий*

Аннотация

Цель исследования – создание математических моделей выполнения аэробных упражнений. Автором разработан метод объективной оценки технического мастерства и артистизма выступления команд по аэробике.

Ключевые слова: модель, квалиметрия, оценка, аэробика.

THE MATHEMATICAL MODELS OF PERFORMANCE OF AEROBIC EXERCISES

*Dmitry Aleksandrovich Romanov, the candidate of pedagogical sciences, the professor,
The Krasnodar College of Management, Technics and Technologies*

Annotation

The purpose of this paper is creating of mathematical modeling of aerobics exercises. The author elaborated the technical and artistic skills' evaluation method for aerobics teams performance.

Key words: the model, the quality measurement, evaluation, the aerobics teams.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время аэробика становится компонентом инновационных систем физического воспитания студентов. Оздоровительные программы аэробики (а также соревнования между командами) привлекают своей доступностью, эмоциональностью и возможностью изменить содержание занятий в зависимости от интересов и подготовленности обучающихся. Но по-прежнему не разработаны методы объективной количественной оценки выполнения аэробных упражнений. Традиционно применяемый на соревнованиях и в педагогической практике метод экспертных оценок обладает неустранимым недостатком – субъективизмом. Проблема исследования заключается в вопросе, каким образом объективизировать количественную оценку технического мастерства и артистизма выступления команд по аэробике? Актуальность ее решения обусловлена растущей ролью аэробики в системе физического воспитания студентов. Объект исследования – выполнение аэробных упражнений, предмет исследования – количественная оценка технического мастерства и артистизма выступления команд по аэробике.

Цель исследования: объективизация оценки технического мастерства и артистизма выступления команд по аэробике.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на базе Краснодарского колледжа управления, техники и технологий (ККУТТ). Экспериментальная работа проводилась для оценки дифференцирующей способности набора индикаторных переменных и заключалась в количественной оценке выступления команд в соответствии с предложенной автором методикой. Всего было зафиксировано на видеокамеру и проанализировано на ЭВМ 15 выступлений.