

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕСИНАПТИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ МЫШЦ БЕДРА У ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта

В данной статье рассматриваются возрастные особенности пресинаптического торможения мышц бедра у человека. Показано, что у подростков 14-15 лет пресинаптическое торможение Ia афферентов m. rectus femoris в состоянии относительного мышечного покоя наиболее выражено по сравнению с другими возрастными группами. Выраженность пресинаптического торможения Ia афферентов m. rectus femoris у мальчиков 9-12 лет достигает уровня взрослого человека. У юношей 17-18 лет выраженность пресинаптического торможения Ia афферентов m. rectus femoris менее выражена, чем у других возрастных групп.

Ключевые слова: пресинаптическое торможение, афференты Ia, H-рефлекс, прямая мышца бедра, возраст.

Введение. В настоящее время сформированы представления о возрастных особенностях процессов возбуждения в различных органах и системах организма человека [1, 6, 8, 9, 7, 17, 14 и др.]. Менее изучены процессы торможения в различных структурах центральной нервной системы человека в процессе онтогенеза. Вместе с тем, современные методы электронейромиографии позволяют изучать различные тормозные процессы в сегментарном аппарате человека, что нашло свое отражение в нейрофизиологических исследованиях [13, 5, 3, 10, 11]. В этой связи, цель исследования заключалась в изучении возрастных особенностей афферентного Ia обеспечения скелетных мышц человека (на примере m. rectus femoris).

Методы и организация исследований. Эксперимент проводился на 50 испытуемых мужского пола в возрасте от 9 до 27 лет (мальчики 9-12 лет, подростки 14-15 лет, юноши 17-18 лет и мужчины 22-27 лет).

Метод оценки ПТ гетеронимных Ia афферентов m. soleus, идущих от m. rectus femoris к α -мотонейронам m. soleus [13], заключается в измерении облегчения Н-рефлекса m. soleus, вызываемого кондиционирующей стимуляцией n. femoralis. В течение 0,5 мс на облегчение афферентных потоков по моносинаптическим Ia волокон не действует никакие немонасинаптические влияния [13]. В этих условиях облегчение Н-рефлекса m. soleus зависит от величины кондиционирующего постсинаптического потенциала возбуждения. Следовательно, чем больше облегчение Н-рефлекса m. soleus, тем меньше величина ПТ афферентов Ia скелетных мышц человека.

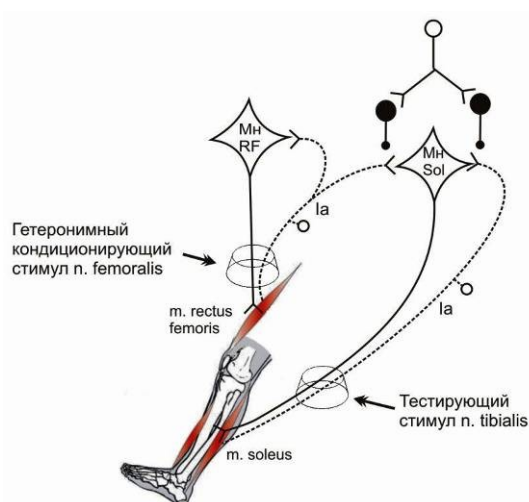


Рис. 1. Схематическое описание методики исследования оценки пресинаптического торможения гетеронимных Ia афферентов:

..... - Ia потоки, идущие от nn. tibialis u femoralis, **Mn RF** – мотонейроны m. rectus femoris, **Mn Sol** – мотонейроны m. soleus.

Для стимуляции n. tibialis и n. femoralis применялись поверхностные электроды. В качестве стимулов использовались прямоугольные импульсы продолжительностью 1 мс от стимулятора «Мини-Электростимулятор». Для регистрации поверхностной ЭМГ использовались пары неполяризуемых дисковых электродов диаметром 0,9 см, установленных на расстоянии 1 см друг от друга на дистальной трети m. soleus и на прямой головки m. rectus femoris.

Н-рефлекс m. soleus вызывался по общепринятой методике путем стимуляции n. femoralis через униполярный электрод, при этом активный

электрод располагался в подколенной ямке. Стимуляция n. femoralis, предваряющая тестирующее раздражение n. tibialis, осуществлялась при помощи униполярных электродов. Активный электрод располагался в trigonum femorale (рис. 1).

В условиях гетеронимного кондиционирующего раздражения, вследствие более проксимального положения электродов, предназначенных для стимуляции n. tibialis, по отношению к электродам, раздражающим n. femoralis, тестирующий стимул подавался перед кондиционирующим. В данном случае интервал между кондиционирующим и тестирующим стимулами имел отрицательную величину. Временной интервал между кондиционирующим раздражением n. femoralis и тестирующим стимулом n. tibialis составлял у мальчиков 9-12 лет и подростков 14-15 лет в диапазоне от -5,9 мс до -3,7 мс с шагом 0,2 мс, у юношей 17-18 лет от -7,1 мс до -4,3 мс. У мужчин 22-27 лет использовали задержки -5,9; -5,7; -5,5 мс, предложенные Р.Н. Фоминым [10].

Результаты исследований. Результаты исследований показали, что на разных этапах возрастного развития человека имеет место изменение выраженности гетеронимного облегчения Н-рефлекса m. soleus, что было нами исследовано при использовании различных задержек (рис. 2). Как видно из рисунка 2, у мальчиков 9-12 лет наибольший эффект гетеронимного облегчения Н-рефлекса m. soleus между кондиционирующим раздражением n. femoralis и тестирующим стимулом n. tibialis наблюдался при отрицательной задержке -4,9 мс ($141,57 \pm 10,12\%$; W-тест, $p < 0.01$), у подростков 14-15 лет при задержке -5,3 мс ($119, \pm 6,67\%$; W-тест, $p < 0.01$). В группах юношей 17-18 лет ($158,15 \pm 8,28\%$; W-тест, $p < 0.01$) и мужчин 22-27 лет ($141,45 \pm 8,06\%$; W-тест, $p < 0.01$) данный эффект проявился при задержке -5,9 мс.

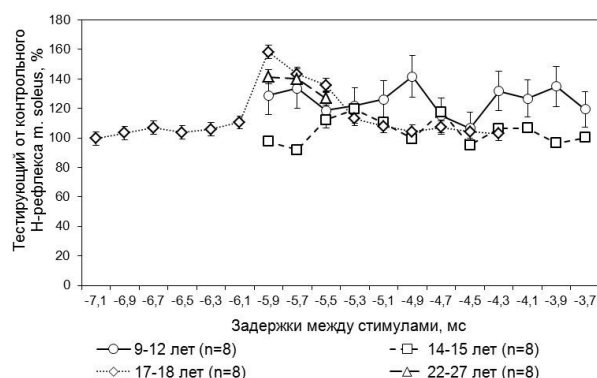


Рис. 2. Динамика амплитуды тестирующего Н-рефлекса m. soleus по отношению к амплитуде контрольного Н-рефлекса при разных межстимульных задержках у возрастных групп, %.

Из анализа рисунка 3 видно, что тенденция к увеличению ПТ Ia афферентов m. rectus femoris наблюдается у подростков 14-15 лет по сравнению с другими возрастными группами. Так у мальчиков подросткового возраста отмечалось менее выраженное гетеронимное облегчение Н-рефлекса m. soleus, которое сопровождалось снижением амплитуда тестирующего по отношению к контрольным значениям на 21,36% - 39,05% в сравнении с другими возрастными группами. Межгрупповой дисперсионный анализ показал достоверные различия при сравнении амплитуды тестирующего Н-рефлекса m. soleus по отношению к контролю между группой подростков 14-15 лет со всеми возрастными группами: с мальчиками 9-12 лет ($F_{1, 28} = 7,523, P < 0,010$), с юношами 17-18 лет ($F_{1, 28} = 27,558, P < 0,000$) и с мужчинами 22-27 лет ($F_{1, 28} = 9,281, P < 0,005$).

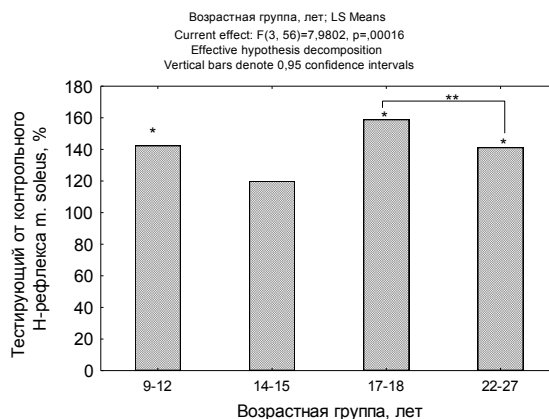


Рис. 3. Амплитуда тестирующего Н-рефлекса m. soleus от контрольного рефлекса при оптимальных задержках у разных возрастных групп, %:

* - достоверные различия между группой подростков 14-15 лет с мальчиками 9-12 лет, юношами 17-18 лет, мужчинами 22-27 лет при уровне значимости $P < 0,01$; ** - достоверные различия между юношами 17-18 лет и мужчинами 22-27 лет при уровне значимости $P < 0,05$ (One-way Anova).

Полученные результаты также свидетельствуют о меньшей выраженности ПТ Ia афферентов *m. rectus femoris* у мужчин 22-27 лет, юношей 17-18 лет и мальчиков 9-12 лет, поскольку у этих возрастных групп гетеронимное облегчение было больше, чем у подростков 14-15 лет (рис. 25). Показано, что у детей 9-12 лет в отличие от подростков 14-15 лет не прослеживалось достоверно значимого различия в показателях относительной величины амплитуды Н-рефлекса *m. soleus* по сравнению с юношами 17-18 лет ($F_{1, 28} = 3,453, P > 0,073$) и мужчинами 22-27 лет ($F_{1, 28} = 0,017, P > 0,894$). Достоверные различия были получены при сравнении анализируемого показателя между группой юношей 17-18 лет и мужчин 22-27 лет ($F_{1, 28} = 5,115, P > 0,031$).

Обсуждение результатов. Разные периоды онтогенеза человека характеризуются различной выраженностью ПТ Ia афферентов *m. rectus femoris*. Результаты наших исследований свидетельствуют, что в состоянии относительного мышечного покоя выраженность ПТ Ia волокон больше у подростков 14-15 лет, чем у других возрастных групп. Этот факт, вероятно, объясняется тем, что в подростковом возрасте ещё происходит завершение развития афферентного звена, что взаимосвязано со стабилизацией в подростковом возрасте многих основных параметров движений и двигательных качеств. Следует также отметить, что у детей 9-12 лет продолжаются внутрикорковые структурные преобразования головного мозга [2, 12, 4]. Возможно, различия в модуляции ПТ спинальных мотонейронов у детей 9-12 лет и подростков 14-15 лет могут быть связаны с супраспинальными влияниями и зависят, по-видимому, от степени созревания высших отделов нервной системы.

У юношей 17-18 лет ПТ Ia афферентов *m. rectus femoris* при гетеронимной кондиционирующей стимуляции *n. femoralis* выражено меньше, чем в других

исследуемых группах, что проявилось в большем облегчении Н-рефлекса *m. soleus* у данных обследуемых. Эти изменения, возможно, связаны с гетерохронным развитием супраспинальных структур в ЦНС человека. В группе мужчин 22-27 лет наблюдалось уменьшение гетеронимного облегчения моносинаптического Н-рефлекса *m. soleus*, что свидетельствует о большей выраженности ПТ Ia афферентов *m. rectus femoris* в исследуемой группе. Наши результаты согласовываются с данными, полученные в исследованиях Морита с соавторами [16], что с возрастом уменьшается гетеронимное облегчение Н-рефлекса *m. soleus*, вследствие увеличивается выраженность ПТ Ia афферентов *m. rectus femoris*. Аналогичные результаты, были получены при сравнении гетеронимного облегчения *m. soleus* у лиц зрелого и пожилого возраста в состоянии мышечного покоя и при стоянии в обычных условиях [15].

Заключение. На наш взгляд изменение выраженности ПТ афферентов Ia *m. rectus femoris* при гетеронимной кондиционирующей электростимуляции, связано с совершенствованием рефлекторных функций нейромоторного аппарата, что обусловлено уровнем морфофункционального созревания его звеньев и их анатомическими изменениями в процессе возрастного развития человека.

Литература:

1. Букреева Д. П. Методика изучения возрастных особенностей функционального состояния мотонейронов спинного мозга у детей школьного возраста // Журнал Методы исследования функций организма в онтогенезе. - 1978. - С. 171-173.
2. Васильева В.А. Изменения микроструктуры зрительной коры головного мозга у детей от рождения до 16 лет // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков, 1985. - С. 75.
3. Городничев Р.М., Бендо Д.К., Фомин Р.Н. и др. Электронейромиография как метод оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата юношей // Здоровье, обучение, воспитание детей и

молодежи в XXI веке. Материалы Международного конгресса, Москва, 12-14 мая 2004. – Москва, 2004. - С. 270-272.

4. Гурова Н.И. Структурные преобразования ассоциативной области коры от рождения до 16 лет // Журнал Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. – 1985. - С. 113-114.

5. Команцев В. Н., Заболотных В. А., , Методические основы клинической электронейромиографии. – Санкт-Петербург, 2001. – 350 с.

6. Леонова Л. А., Бабенко Т. Ф., Шлыков В. Ю. Возбудимость мотонейронов спинного мозга и особенности организации простого произвольного движения у детей 7 лет // Журнал Новые исследования по возрастной физиологии. – 1978. - №2(11). - С. 119-122.

7. Розенталь А. Н., Бикмуллина Р. Х. Изменение возбудимости спинального центра камбаловидной мышцы человека при выполнении различных двигательных задач // Рос. физиол. журнал им. И. М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 396.

8. Сологуб М. И., Баранова В. В., Егоров В. Я., Смирнова Т. А. Измерение электрофизиологических свойств возбудимых мембран в ходе онтогенеза // Новые исследования по возрастной физиологии. – М.: Педагогика, 1984. - № 2(23). – С. 62-66

9. Солопова И. А., Денискина, О. В. Казенников и др. Исследование возбудимости спинальных α -мотонейронов при стоянии в обычных и усложненных условиях // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 4. – с. 133-135.

10. Фомин Р. Н. Особенности пресинаптического торможения спинальных мотонейронов у лиц, адаптированных к мышечной работе разной направленности: автореферат диссертации кандидата биологических наук. – Тверь, 2004. - 17 с.

11. Челноков А.А. Возрастные особенности пресинаптического торможения α -мотонейронов спинного мозга человека: автореферат диссертации кандидата биологических наук. – Великие Луки, 2005. - 20 с.

12. Шумейко Н. С. Структурные преобразования соматосенсорной коры мозга человека от рождения до 16 лет // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. – М., 1985. – С. 402-403.

13. Hultborn H., Meunier S., Pierrot-Deseilligny E. et al. Ganges in presynaptic inhibition of Ia fibres at the onset of voluntary contraction in man // Journal of Physiology. – 1987. – V. 389. - pp. 757.

14. Kido A., Tanaka N., Stein R.B. Spinal excitation and inhibition decrease as humans age // Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. 2000. – V. 82(4). - pp. 238-248.

15. Koceja D. M., Minark R. G. Comparison of heteronymous monosynaptic Ia facilitation in young and elderly subjects in supine and standing positions // International Journal Neuroscience. – 2000. – V. 103. – pp. 1-17.

16. Morita H. , Shindo M., Yanagawa S., Yoshida T., Momoi H., Yanagisawa N., 1995, Progressive decrease in heteronymous monosynaptic Ia facilitation with human ageing // Journal of Exp. Brain Res. – 1995. – V. 104. - pp. 167-170.

17. Pierrot-Deseilligny E., Mazevet D. The monosynaptic reflex: a tool to investigate motor control in humans: interest and limits // Journal Neurophysiology Clinic. – 2004. – V. 30. - pp. 67-80.