

УДК 612.833.92

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МЫШЦ ЗАДНЕЙ КОНЕЧНОСТИ КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОЙ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА

Балтина Т.В., Абязова Л.М., Яфарова Г.Г., Хазиева А.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18), e-mail: luika87@rambler.ru

Высокая частота позвоночно-спинальной травмы сочетается со сложностью патогенеза травматической болезни спинного мозга. Отсутствие в настоящее время адекватных методов лечения и реабилитации пациентов с последствиями тяжелых повреждений спинного мозга выносят эту проблему за рамки чисто медицинских аспектов. Целью работы было оценить состояние тонических и фазных мышц голени крысы в условиях травматического повреждения спинного мозга. Электромиографическими методами производили оценку состояния периферической части нервно-мышечного аппарата крыс. Регистрировали моторный ответ (М-ответ) мышцы. Определяли максимальную амплитуду, длительность, порог возникновения и латентный период ответов. Эксперименты выполнены с соблюдением биоэтических норм. В хроническом периоде после травмы спинного мозга наблюдали уменьшение максимальной амплитуды, порога и длительности М-ответа и увеличение латентного периода у всех исследуемых мышц. Через 5 месяцев после спинальной травмы наблюдали восстановление параметров М-ответа, что свидетельствовало о процессах регенерации и перестройки мышечных волокон к этому посттравматическому этапу. Исключением являлась камбаловидная мышца, значительно отличающаяся от остальных по составу мышечных волокон. Сделан вывод, что степень чувствительности к травме спинного мозга различных мышц голени неодинакова: наибольшая глубина изменений отмечается в позно-тоническом флексоре – камбаловидной мышце.

Ключевые слова: хроническая травма спинного мозга, тонические и фазные мышцы, моторный ответ (М-ответ).

THE FUNCTIONAL STATE OF THE HINDLIMB MUSCLES OF CHRONIC SPINAL CORD-INJURED RATS

Baltina T.V., Abyazova L.M., Yafarova G.G., Khazieva A.R.

Kazan (Volga) Federal University. Kazan, Russia, 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 18, e-mail: luika87@rambler.ru

High frequency of spinal cord injury is combined with the complexity of traumatic spinal cord pathogenesis. The absence of adequate treatment and rehabilitation methods of patients with severe consequences of spinal cord injury makes the issue go beyond the purely medical aspects. The aim of the research was to assess the state of tonic and phasic leg muscles of the rat being in condition of traumatic spinal cord injury. The assessment of the peripheral part of the neuromuscular system of rats was being made using electromyography methods. Motor response (M-response) of the muscle was being registered. The maximum amplitude, duration, threshold and latent period of the response were being determined. The experiments were performed in compliance with the bioethical standards. Decrease of the maximum amplitude, threshold and duration of the M-response, increase of the latent period in all studied muscles is observed during the chronic phase after the spinal cord injury. 5 months after the spinal cord injury recovery of M-response parameters is observed. This indicates the processes of regeneration and preparation of muscle fibers to the post-traumatic phase. The exception was the soleus muscle that is significantly different from the rest in terms of muscle fiber composition. It is concluded that the degree of sensitivity to the spinal cord injury of different leg muscles is not the same: maximum depth changes is observed in postural- tonic flexor - soleus muscle.

Keywords: chronic spinal cord injury, the tonic phase and muscle motor response (M-response).

Введение

Высокая частота позвоночно-спинальной травмы сочетается со сложностью патогенеза травматической болезни спинного мозга [1; 7; 9]. Отсутствие в настоящее время адекватных методов лечения и реабилитации пациентов с последствиями тяжелых повреждений спинного мозга выносит эту проблему за рамки чисто медицинских аспектов [4]. Понимание

механизмов адаптационной реакции нервно-мышечного аппарата на травму позволит обоснованно и эффективно восстанавливать утраченные двигательные функции. Целью работы было оценить состояние тонических и фазных мышц голени крысы в условиях травматического повреждения спинного мозга.

Материалы и методы исследования

В ходе экспериментов было обследовано 44 лабораторных крыс массой 160-240 граммов. Все эксперименты были выполнены с соблюдением биоэтических норм.

Электромиографическими методами производили оценку состояния периферической части нервно-мышечного аппарата крыс. Регистрировали моторный ответ (М-ответ) мышцы. Определяли максимальную амплитуду, длительность, порог возникновения и латентный период ответов.

Животному внутримышечно вводили кетамин в дозе 5,5 мг на кг животного. Стандартную спинномозговую травму (перерезка спинного мозга) наносили между позвонками Th3-Th4. С целью профилактики инфекционных осложнений в течение недели животным внутримышечно вводили ампициллин из расчета 50 мг/кг веса. Параметры электрических ответов мышц анализировались в сроки: 1, 2, 3, и 5 месяцев после оперативного вмешательства.

Полученные результаты были обработаны с помощью пакета прикладных программ Origin 5.0 с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Изменения параметров М-ответа большеберцовой мышцы крысы после травмы спинного мозга

После повреждения спинного мозга у крыс амплитуда М-ответа большеберцовой мышцы (ББМ) в послеоперационном периоде снижалась ($p < 0.05$) (рис. 1). Порог возникновения М-ответов ББМ через месяц уменьшился на 38% ($p < 0.05$), к 5 месяцу восстановился до контроля. Величина латентного периода (ЛП) М-ответа ББМ крысы через 1 месяц после травмы спинного мозга увеличилась на 60% ($p < 0.05$), к 5 месяцу величина ЛП М-ответа составляла 122% по отношению к интактным животным ($p < 0.05$). Длительность М-ответа ББМ в послеоперационном периоде к 1 месяцу увеличилась, ее величина составила 118% от контроля ($p < 0.05$). В дальнейшем происходило уменьшение данного показателя, и к 5 месяцу длительность М-ответа ББМ составила 80% ($p < 0.05$) (рис. 1).

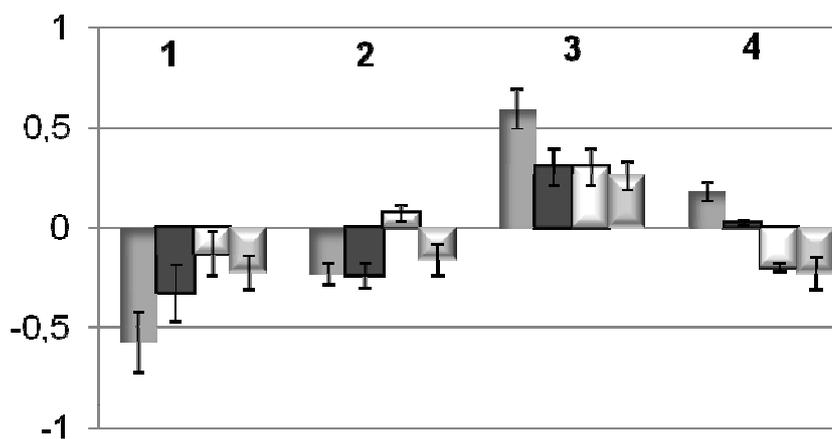


Рисунок 1 - Изменение параметров М-ответа большеберцовой мышцы крыс после травмы спинного мозга

По оси абсцисс отложено время обследования после операции; по оси ординат отложены параметры М-ответа в процентах от контрольных значений, значение контрольных параметров - 0: 1 - амплитуда М-ответа; 2 - порог; 3 - латентность; 4 - длительность; разными оттенками серого показаны сроки после операции – 1, 2, 3 и 5 месяцев соответственно.

Изменение параметров М-ответа медиальной головки икроножной мышцы крысы после травмы спинного мозга

Амплитуда и порог М-ответа МИМ после травмы спинного мозга снижались ($p < 0.05$) (рис. 2). Величина ЛП М-ответа медиальной головки икроножной мышцы крысы на 3 месяце после операции увеличилась до 120% ($p < 0.05$). Через 5 месяцев ЛП М-ответа МИМ восстановился до контрольных значений. Длительность М-ответа МИМ в послеоперационном периоде увеличилась, ее величина к 1 месяцу составила 165% ($p < 0.05$). Через 3 месяца длительность уменьшилась, и к 5 месяцу величина длительности М-ответа МИМ составила 87% ($p < 0.05$) по отношению к интактным животным (рис. 2).

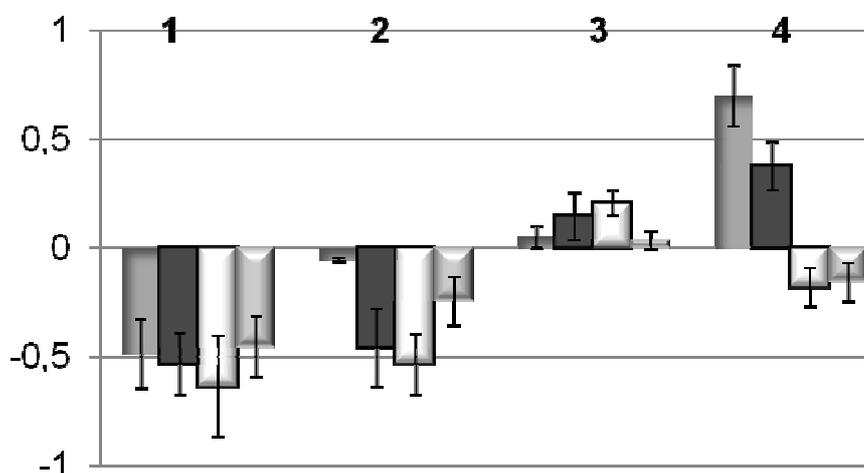


Рисунок 2 - Изменение параметров М-ответа медиальной головки икроножной мышцы крыс после травмы спинного мозга

Обозначения как на рис. 1.

Изменение параметров М-ответа латеральной головки икроножной мышцы крысы

Через 1 месяц после операционного вмешательства *максимальная амплитуда* и порог М-ответа латеральной головки икроножной мышцы (ЛИМ) уменьшилась по-сравнению с контролем ($p < 0.05$) (рис. 3).

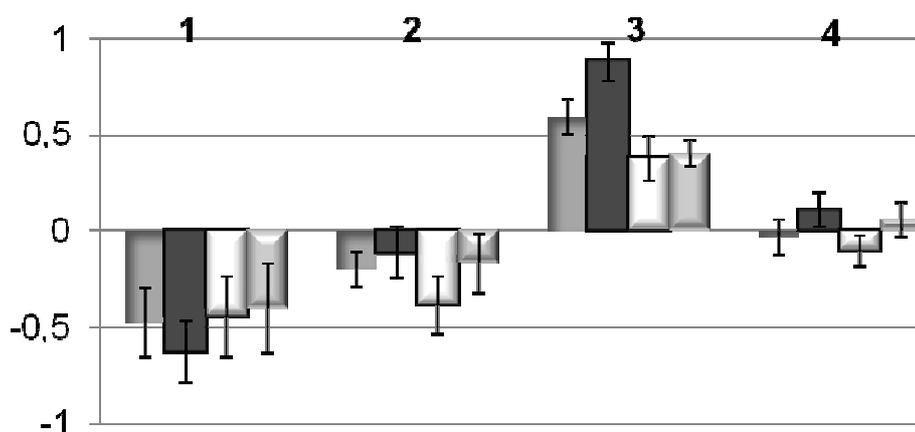


Рисунок 3 - Изменение параметров М-ответа латеральной головки икроножной мышцы крыс после травмы спинного мозга

Обозначения как на рис. 1.

Величина ЛП М-ответа ЛИМ после спинализации увеличивалась, и к 5 месяцу величина латентного периода составила 140% по отношению к интактным животным ($p < 0.05$). *Длительность* М-ответа ЛИМ к 1 месяцу после травмы спинного мозга уменьшилась. В дальнейшем к 5 месяцу происходило увеличение длительности М, но все значения не отличались достоверно от контроля.

Изменение параметров М-ответа камбаловидной мышцы крысы после травмы спинного мозга

Максимальное уменьшение *амплитуды* М-ответа камбаловидной мышцы (КМ) наблюдали на 3 месяце исследования ($p < 0.05$) (рис. 4). *Порог* М-ответа КМ через 1 месяц после оперативного вмешательства уменьшился на 6%, к 5 месяцу послеоперационного периода она составил 42% от контроля ($p < 0.05$). Величина ЛП М-ответа КМ с 1 по 5 месяцы послеоперационного периода увеличивалась ($p < 0.05$). *Длительность* М-ответа КМ увеличивалась в послеоперационном периоде. К 5 месяцам величина длительности М-ответа КМ снизилась и составила 15% по отношению к интактным животным ($p < 0.05$).

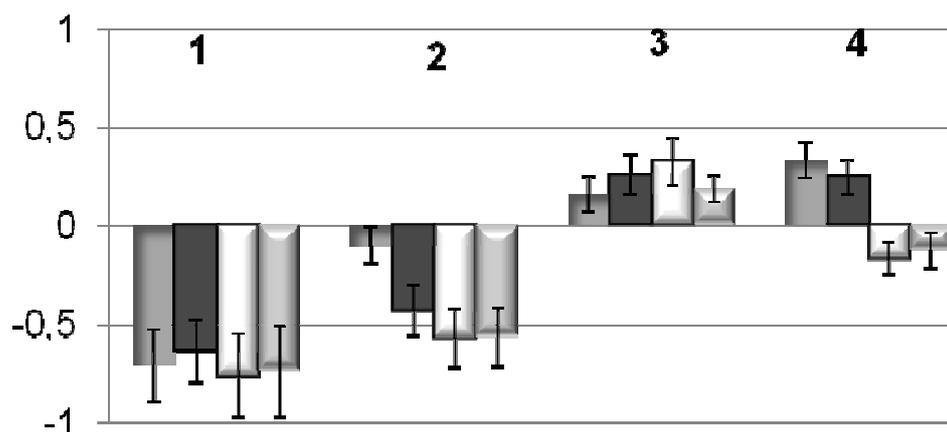


Рисунок 4 - Изменение параметров М-ответа камбаловидной мышцы крыс после травмы спинного мозга

Обозначения как на рис. 1.

Таким образом, в хроническом периоде после травмы спинного мозга мы наблюдали уменьшение максимальной амплитуды, порога и длительности М-ответа и увеличение латентного периода у всех исследуемых мышц.

Поскольку параметры М-ответа зависят от числа и скорости возбуждающихся эфферентных волокон, наши результаты свидетельствуют о выраженном поражении двигательных волокон и определенном снижении количества функционирующих двигательных единиц исследуемых мышц [3]. Отмеченное снижение длительности М-ответа, возможно, является результатом уменьшения дисперсии между ответами различных двигательных единиц. Аналогичное уменьшение длительности М-ответа камбаловидной мышцы после частичного повреждения спинного мозга было показано Бутиновой с соавт., (2004) [2], которые связали это изменение с нарушением нейротрофического контроля мышцы со стороны ЦНС. Во всех мышцах через 5 месяцев после спинальной травмы отмечали восстановление параметров М-ответа, что свидетельствует о процессах регенерации и перестройки мышечных волокон к этому посттравматическому периоду. Исключением являлась камбаловидная мышца, значительно отличающаяся от остальных по составу МВ. Нарастающие регенеративные процессы находят отражение в показателях М-ответа икроножной мышцы уже через 3 месяца после травмы. Как отмечается в литературе, регенерация мышечных волокон может происходить как за счет увеличения электрической активности и гипертрофии сохранившихся мышечных волокон, так и за счет образования новых [6]. Регенерация камбаловидной мышцы, по-видимому, отсрочена по сравнению с икроножной мышцей. Подобную задержку в адаптивных процессах отмечали при

исследовании действия микрогравитации на двигательный аппарат [5]. Так как чувствительность различных мышц голени при уменьшении/устранении опорной нагрузки определяется степенью их гравитационной зависимости, наибольшее снижение сократительных свойств при опорной разгрузке регистрируется в камбаловидной мышце, являющейся тоническим разгибателем, а наименьшее в передней большеберцовой мышце - фазическом сгибателе у человека [8].

Таким образом, степень чувствительности к травме спинного мозга различных мышц голени неодинакова: наибольшая глубина изменений отмечается в позно-тоническом флексоре крысы – камбаловидной мышце.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-04-01746 а). This research was supported by the Russian Foundation for Basic Research № 13-04-01746 а.

Список литературы

1. Белова А.Н. Нейрореабилитация : руководство для врачей. - М. : Антидор, 2000. – 68 с.
2. Бутинова Н.В. Выявление протеинкиназа С – опосредованных эффектов сокращения мышц теплокровных / Н.В. Бутинова, С.Н. Гришин, А.Ю. Теплов, Р.Р. Сафин, В.В. Валиуллин, А.Л. Зефирова // Растущий организм - адаптация к физической и умственной нагрузке : VII Всероссийский симпозиум и школа семинара молодых ученых и учителей. – Казань, 2004. - С. 33-34.
3. Зенков Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней. Руководство для врачей / Л.Р. Зенков, М.А. Ронкин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : МЕДпресс-информ, 2004. – 488 с.
4. Котельников Г.П. Травматология / Г.П. Котельников, В.Ф. Мирошниченко. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 288 с.
5. Шенкман Б.С. Скелетно-мышечные волокна человека после длительного космического полёта / Б.С. Шенкман, Т.Л. Немировская, И.А. Чеглова, И.Н. Белозерова, И.Б. Козловская // Докл. Академии наук. - 1999. - Т. 367. - № 2. - С. 279-281.
6. Шилкин В.В. Возможности структурной перестройки нейро-мышечного синапса / В.В. Шилкин, В.И. Филимонов // Рос. морфол. ведомости. – 1997. - № 1 (6). - С. 153-159.
7. Assaker R. Transpedicular screw placement / R. Assaker, N. Reys, X. Demondion // Spine. - 2001. - V. 26, N 19. - P. 2160-2164.
8. Kozlovskaya I.B. Mechanisms of disorders of the characteristics of fine movements in long-term hypokinesia / I.B. Kozlovskaya, A.V. Kirenskaya // Neurosci. Behav. Physiol. - 2004. - P. 747-754.

9. Pirouzmand F. Epidemiological trends of spine and spinal cord injuries in the largest Canadian adult trauma center from 1986 to 2006 // J. Neurosurg. Spine. - 2010. - V. 12, № 2. - P. 131-140.

Рецензенты:

Гайнутдинов Х.Л., д.б.н., профессор, в.н.с., зав. лабораторией клеточных механизмов формирования памяти КФУ, г. Казань.

Гришин С.Н., д.б.н., профессор НИИ «Прикладной электродинамики, фотоники живых систем» Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань.