



ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА НА ВЫРАЖЕННОСТЬ И ДИНАМИКУ ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯЖЕСТИ СЕНСОМОТОРНЫХ РАССТРОЙСТВ

А.П. Шеин, Г.А. Криворучко

Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган

Цель исследования. Сопоставление электронейромиографических характеристик состояния сенсомоторной иннервации мышц нижних конечностей у пациентов с различным уровнем локализации повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника.

Материал и методы. Проанализированы данные глобальной (максимальное произвольное напряжение) и стимуляционной (М-ответы, Н-рефлексы) электронейромиографии у 48 пациентов 11–55 лет, распределенных по уровню повреждения позвоночника на три группы.

Результаты. Наиболее отчетливые ЭНМГ-признаки функциональной недостаточности в до- и послеоперационном периодах отмечены у больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы на уровне позвонков D₉–D₁₂, что топологически соответствует локализации сегментарных нейронных популяций, формирующих спинальные моторные центры контроля произвольной и рефлекторной активности мышц нижних конечностей.

Заключение. Учет результатов проведенных исследований может оказаться полезным в решении задач прогнозирования функциональных исходов оперативного лечения и реабилитации пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы.

Ключевые слова: спинно-мозговая травма, уровень повреждения спинного мозга, электромиография.

THE EFFECT OF SPINAL CORD INJURY LEVEL ON THE INTENSITY AND DYNAMICS OF ELECTRIC NEUROPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SENSORIMOTOR DISORDER SEVERITY

A.P. Shein, G.A. Krivoruchko

Objective. To compare electroneuromyography (ENMG) characteristics of sensorimotor innervation status of lower limb muscles in patients with different level injuries in the thoracic and lumbar spine.

Material and Methods. Findings of global (maximal voluntary muscle tension) and stimulated (M-response, H-reflexes) ENMG were analyzed in 48 patients aged 11 to 55 years. All patients were divided into three groups depending on the injury level.

Results. The most marked ENMG signs of functional insufficiency in pre- and postoperative periods were registered in patients with spinal cord injuries at the D9 through D12 levels, which topologically correspond to localization of segmental neuronal populations responsible for formation of spinal motor centres controlling voluntary and reflex activity of lower limb muscles.

Conclusion. Consideration of the study results can be useful in predicting functional outcomes of surgical treatment and rehabilitation of patients with consequences of spinal cord injury.

Key Words: spinal cord injury, level of spinal cord injury, electromyography.

Hir. Pozvonoc. 2013;(2):55–61.

Известно, что при всех видах позвоночно-спинномозговой травмы возможны нарушения проводниково-интегративных функций спинного мозга, от легких и обратимых

до тяжелых и необратимых. Возникающие при этом двигательные нарушения, как правило, двухсторонние и в различной степени асимметричные, количественно оцениваются на осно-

ве использования широкого спектра современных нейродиагностических технологий [6–8]. Малоизученной в нейрофизиологическом аспекте остается проблема взаимосвязи тяже-

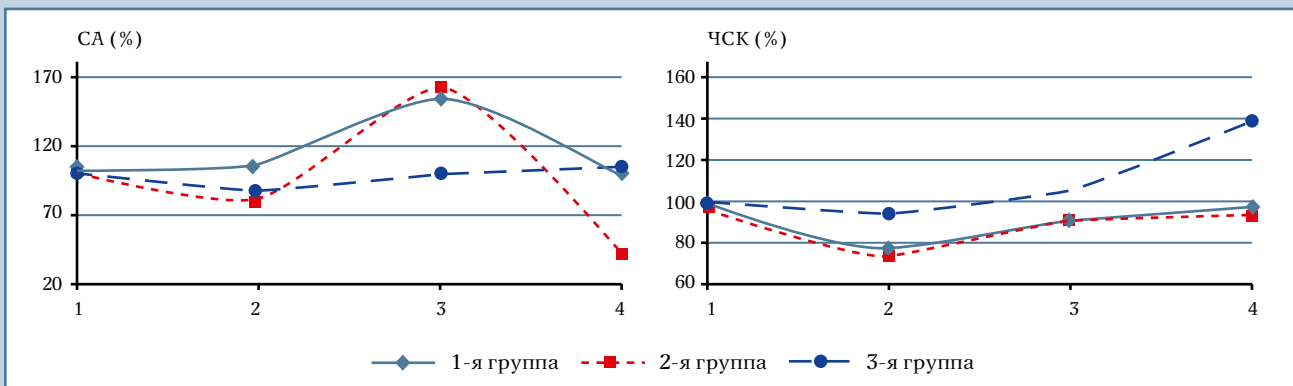


Рис. 1

Динамика усредненных по четырем отведениям (*m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius (c.l.)*, *m. biceps femoris*, *m. rectus femoris*) показателей средней амплитуды (СА) и частоты следования колебаний (ЧСК) у пациентов с различным уровнем локализации травмы грудного и поясничного отделов позвоночника: 1 – до операции; 2 – через 1 мес. после операции; 3 – перед снятием аппарата наружной транспедикулярной фиксации; 4 – через 6 мес. после лечения

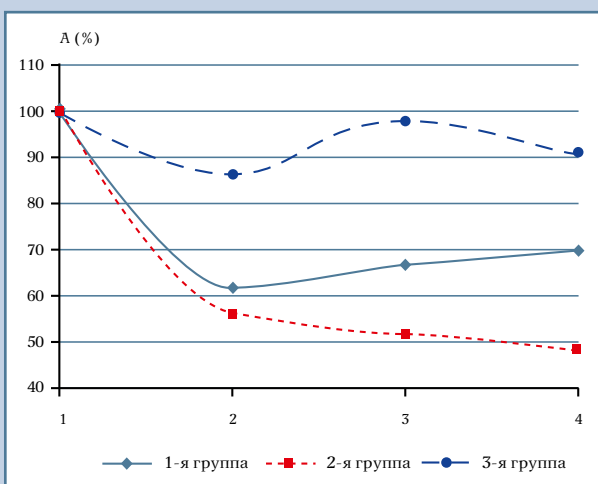


Рис. 2

Динамика усредненных по шести отведениям (*m. rectus femoris*, *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius (c.l.)*, *m. soleus*, *m. extensor digitorum brevis*, *m. flexor digitorum brevis*) амплитуд (А) М-ответов у пациентов с различным уровнем локализации травмы грудного и поясничного отделов позвоночника: 1 – до операции; 2 – через 1 мес. после операции; 3 – перед снятием аппарата наружной транспедикулярной фиксации; 4 – через 6 мес. после лечения

сти повреждения спинного мозга с уровнем повреждения позвоночного столба. В рамках реализации научно-исследовательской программы РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова по созданию новых технологий лечения больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы, основанных

на использовании аппарата наружной транспедикулярной фиксации позвоночника [3], предложена расширенная версия комплекса электронейромиографических (ЭНМГ) методик [2, 4], позволяющая количественно оценить тяжесть сенсомоторного дефицита в системе нижних конечностей, развившегося после травмы спинного мозга, и проследить его динамику на различных этапах лечебно-реабилитационного процесса.

Цель исследования – сопоставление ЭНМГ-характеристик состояния сенсомоторной иннервации мышц нижних конечностей у пациентов с различным уровнем локализации повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника.

Материал и методы

При формировании выборок больных с различной локализацией позвоночно-спинномозговой травмы (закрытые переломы тел позвонков) для последующего сопоставления результатов динамических нейрофизиологических обследований руководствовались следующими ограничениями: количество поврежденных позвонков – не более одного; возраст больных – не старше 55 лет; степень посттравматической деформации позвоночного канала (по данным КТ), влияющая на глубину амиотрофических изменений [5], – не более 60 %.

В 1-ю группу вошли 4 больных мужского пола 19–36 (25 ± 2) лет; уровень повреждения D₄–D₈; интервал времени от травмы до операции – от 6 до 40 (20 ± 4) дней; у всех нижний спастический парапарез. Во 2-ю группу – 10 больных (8 мужского, 2 женского пола) 20–47 (30 ± 4) лет; уровень повреждения D₉–D₁₂; интервал времени от травмы до операции – от 1 до 35 (15 ± 4) дней; у 4 – нижний

Таблица 1

Динамика показателей суммарной электромиограммы мышц бедра и голени в группах пациентов ($M \pm m$)

Показатели	Группы пациентов	До операции $2n_1 = 8$ $2n_2 = 18$ $2n_3 = 68$	Через 1 мес. после операции $2n_1 = 8$ $2n_2 = 20$ $2n_3 = 64$	Перед снятием аппарата $2n_1 = 8$ $2n_2 = 18$ $2n_3 = 60$	Через 6 мес. после лечения $2n_1 = 4$ $2n_2 = 14$ $2n_3 = 56$
<i>m. biceps femoris</i>					
Средняя амплитуда, мВ	1-я	$0,39 \pm 0,23$	$0,43 \pm 0,27$	$0,40 \pm 0,24$	$0,63 \pm 0,63$
	2-я	$0,22 \pm 0,15^k$	$0,17 \pm 0,09^k$	$0,26 \pm 0,14^k$	$0,17 \pm 0,12^k$
	3-я	$0,35 \pm 0,08^k$	$0,42 \pm 0,07^{k, в}$	$0,54 \pm 0,07^k$	$0,51 \pm 0,08^{k, в}$
Частота следования колебаний, к/с	1-я	$135,0 \pm 55,0^k$	$185,0 \pm 10,0^k$	$182,50 \pm 32,50^k$	$240,0 \pm 0,0$
	2-я	$173,33 \pm 39,41^k$	$135,00 \pm 36,11^k$	$163,75 \pm 42,20^k$	$186,67 \pm 62,20$
	3-я	$156,61 \pm 11,63^k$	$154,04 \pm 11,15^{п, к}$	$164,81 \pm 11,10^k$	$162,04 \pm 14,53^{п, к}$
<i>m. rectus femoris</i>					
Средняя амплитуда, мВ	1-я	$0,50 \pm 0,50$	$0,49 \pm 0,30$	$0,56 \pm 0,35$	$0,63 \pm 0,63$
	2-я	$0,16 \pm 0,07^k$	$0,25 \pm 0,11^k$	$0,46 \pm 0,18$	$0,19 \pm 0,12^k$
	3-я	$0,38 \pm 0,07^{k, в}$	$0,40 \pm 0,06^k$	$0,65 \pm 0,12$	$0,58 \pm 0,07^{k, в}$
Частота следования колебаний, к/с	1-я	$165,00 \pm 0,00^k$	$155,0 \pm 10,0^k$	$180,0 \pm 35,0^k$	$240,0 \pm 0,0^k$
	2-я	$221,25 \pm 15,19^п$	$169,0 \pm 27,77^k$	$148,0 \pm 23,96^k$	$180,0 \pm 51,07$
	3-я	$174,62 \pm 12,46^{k, в}$	$141,21 \pm 9,61^k$	$163,89 \pm 8,64^k$	$186,88 \pm 8,12^{п, к}$
<i>m. tibialis anterior</i>					
Средняя амплитуда, мВ	1-я	$0,82 \pm 0,058$	$0,66 \pm 0,39$	$0,63 \pm 0,36$	$0,60 \pm 0,60$
	2-я	$0,30 \pm 0,20^{п, к}$	$0,12 \pm 0,10^k$	$0,28 \pm 0,16^k$	$0,09 \pm 0,08^k$
	3-я	$0,62 \pm 0,11^в$	$0,56 \pm 0,10^{п, в}$	$0,77 \pm 0,12^в$	$0,69 \pm 0,11^в$
Частота следования колебаний, к/с	1-я	$200,0 \pm 15,0^k$	$237,50 \pm 7,50^k$	$267,0 \pm 15,0^k$	$300,0^k$
	2-я	$246,67 \pm 39,41$	$195,00 \pm 61,10^k$	$246,67 \pm 39,41$	$152,50 \pm 47,50^{п, к}$
	3-я	$199,79 \pm 12,05^k$	$190,21 \pm 12,01^{п, к}$	$199,79 \pm 12,05^{п, к}$	$228,0 \pm 13,26^{п, к}$
<i>m. gastrocnemius (c.l.)</i>					
Средняя амплитуда, мВ	1-я	$0,47 \pm 0,33$	$0,23 \pm 0,14$	$0,34 \pm 0,20$	$0,35 \pm 0,35$
	2-я	$0,25 \pm 0,19$	$0,13 \pm 0,08^{п, к}$	$0,25 \pm 0,11$	$0,09 \pm 0,06^k$
	3-я	$0,34 \pm 0,07$	$0,40 \pm 0,09^в$	$0,45 \pm 0,09$	$0,38 \pm 0,07^{п, в}$
Частота следования колебаний, к/с	1-я	$245,0 \pm 50,0$	$235,0 \pm 15,0^k$	$245,0 \pm 45,0$	360^k
	2-я	$171,67 \pm 36,55^k$	$248,33 \pm 3,33^k$	$213,75 \pm 37,77^k$	$235,0 \pm 30,0^{п, к}$
	3-я	$209,38 \pm 13,76^k$	$202,38 \pm 10,63^{k, в}$	$209,13 \pm 15,61^k$	$230,48 \pm 16,11^{п, к}$

$2n_{1,2,3}$ — количество обследованных одноименных мышц в каждой группе; n_1, n_2, n_3 — количество пациентов в группе; $п, в, к$ — показатели, отличие которых от соответствующих значений 1-й и 2-й групп больных, а также контрольной выборки испытуемых было статистически значимым ($P < 0,05$).

спастический парапарез, у 6 — нижний вялый парапарез. В 3-й группе 34 пациента (24 мужского, 10 женского пола) 11–55 (30 ± 3) лет; уровень повреждения L_1-L_5 ; интервал времени от травмы до операции — от 5 до 180 (34 ± 6) дней; у всех выявлен нижний вялый парапарез.

Использованный при обследовании больных комплекс взаимодополняющих ЭНМГ-методик включал регистрацию и анализ М-ответов. Объекты тестирования: *m. tibialis anterior*, *m. extensor digitorum brevis*,

m. gastrocnemius (c.l.), *m. soleus*, *m. flexor digitorum brevis*, *m. rectus femoris*. Форма раздражающих импульсов прямоугольная, длительность — 1 мс, интенсивность супра-максимальная; тип стимулирующего электрода вилочковый (S403); точки стимуляции нервов при регистрации М-ответов мышц стопы дистальные; способ отведения униполярный (belly-tendon); анализируемый показатель — амплитуда от пика до пика. Регистрировали максимальные Н-рефлексы *m. gastrocnemius (c.l.)* и *m. soleus*

(форма и длительность раздражающих стимулов, способ отведения и анализируемые признаки такие же, как и для М-ответов). Анализировали глобальные электромиограммы: функциональная проба — «максимальное произвольное напряжение»; объекты тестирования — *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius (c.l.)*, *m. rectus femoris*, *m. biceps femoris*; тип отведения биполярный; диаметр электродов 8 мм; межэлектродное расстояние 10 мм; анализируемые параметры — средняя амплитуда (СА) и частота следования

Таблица 2

Динамика средней амплитуды М-ответов мышц бедра, голени и стопы в группах пациентов, мВ ($M \pm m$)

Группы пациентов	До операции $2n_1 = 8$ $2n_2 = 18$ $2n_3 = 68$	Через 1 мес. после операции $2n_1 = 8$ $2n_2 = 20$ $2n_3 = 64$	Перед снятием аппарата $2n_1 = 8$ $2n_2 = 18$ $2n_3 = 60$	Через 6 мес. после лечения $2n_1 = 4$ $2n_2 = 14$ $2n_3 = 56$
<i>m. rectus femoris</i>				
1-я	$14,47 \pm 3,38^k$	$14,75 \pm 4,0$	$14,91 \pm 3,67$	$16,17 \pm 3,97$
2-я	$9,81 \pm 2,66^k$	$7,70 \pm 2,25^k$	$10,23 \pm 2,73^k$	$11,61 \pm 3,87^k$
3-я	$10,56 \pm 1,17^k$	$9,32 \pm 1,28^k$	$12,31 \pm 1,40^k$	$13,57 \pm 1,27^k$
<i>m. tibialis anterior</i>				
1-я	$8,58 \pm 1,46$	$8,30 \pm 1,39$	$8,59 \pm 1,00$	$7,38 \pm 2,43$
2-я	$9,53 \pm 2,70$	$4,23 \pm 1,31^{n, k}$	$4,34 \pm 1,44^{n, k}$	$3,44 \pm 0,85^k$
3-я	$6,82 \pm 0,80$	$4,74 \pm 0,75^{n, k}$	$6,67 \pm 0,92$	$5,27 \pm 0,75^{n, k}$
<i>m. extensor digit. brevis</i>				
1-я	$3,62 \pm 0,97^k$	$2,61 \pm 0,45^k$	$5,13 \pm 1,41^k$	$5,46 \pm 2,37^k$
2-я	$5,50 \pm 2,34^k$	$2,02 \pm 0,89^k$	$2,00 \pm 1,30^k$	$1,34 \pm 0,52^k$
3-я	$5,15 \pm 0,80^k$	$3,39 \pm 0,71^k$	$3,83 \pm 0,66^k$	$3,58 \pm 0,67^{n, k}$
<i>m. gastrocn. (c.l.)</i>				
1-я	$23,52 \pm 7,64$	$21,13 \pm 1,80^k$	$19,84 \pm 4,43^k$	$18,18 \pm 5,60^k$
2-я	$19,52 \pm 3,03^k$	$11,96 \pm 3,54^{n, k}$	$11,58 \pm 3,21^k$	$9,24 \pm 1,61^k$
3-я	$16,09 \pm 1,84^k$	$11,64 \pm 1,92^{n, k}$	$13,67 \pm 2,11^k$	$13,60 \pm 2,10^k$
<i>m. soleus</i>				
1-я	$20,75 \pm 3,46$	$17,60 \pm 3,42^k$	$18,23 \pm 4,45$	$15,58 \pm 5,62$
2-я	$18,44 \pm 2,35^k$	$10,44 \pm 2,61^k$	$10,47 \pm 3,07^k$	$8,38 \pm 2,15^k$
3-я	$16,18 \pm 1,97^k$	$10,94 \pm 1,89^k$	$12,77 \pm 2,02^k$	$12,53 \pm 2,01^k$
<i>m. flexor digit. brevis</i>				
1-я	$11,13 \pm 2,62^k$	$15,25 \pm 2,00$	$12,63 \pm 2,35$	$14,38 \pm 4,80$
2-я	$7,98 \pm 1,55^k$	$5,79 \pm 2,10^{n, k}$	$6,43 \pm 1,66^{n, k}$	$7,51 \pm 1,22^k$
3-я	$11,31 \pm 1,31^k$	$7,90 \pm 1,17^{n, k}$	$9,54 \pm 1,58^k$	$9,47 \pm 1,59^k$

$2n_{1,2,3}$ — количество обследованных одноименных мышц в каждой группе; n_1, n_2, n_3 — количество пациентов в группе; n, n, k — показатели, отличие которых от соответствующих значений 1-й и 2-й групп больных, а также контрольной выборки испытуемых было статистически значимым ($P < 0,05$).

колебаний (ЧСК). Во всех случаях тестировали правую и левую конечности. В работе использована цифровая ЭМГ/ВП-система «Viking-IV» (США).

Сроки обследования больных: до операции, через 1 мес. после операции, перед снятием и через 6 мес. после снятия аппарата наружной транспедикулярной фиксации. В качестве контроля использовали данные 32 здоровых испытуемых (17 мужчин и 15 женщин) 15–26 лет.

Статистическую обработку данных производили с помощью пакета анализа данных «Microsoft Excel-2000», дополненного программами непараметрической статистики [1]. Для оценки достоверности различия сопоставляемых выборок показателей

использованы t-критерий Стьюдента и непараметрический критерий Вилкоксона. Принятый уровень статистической значимости выводов 0,05.

Результаты и их обсуждение

При статистической обработке выборки показателей левой и правой конечностей здоровых испытуемых были объединены из-за отсутствия значимых билатеральных асимметрий. Целесообразность объединения выборок ЭНМГ-показателей мышц левой и правой ног у больных трех групп продиктована вовлечением в реакцию на травму невральных структур всего поперечника спинного мозга, а не одной из его сторон. В табл. 1–3

значения $2n_{1,2,3}$ соответствуют количеству обследованных одноименных мышц в каждой из групп пациентов.

Количественные показатели суммарной электромиограммы СА и ЧСК (табл. 1) в среднем по четырем парам отведений до оперативного вмешательства оказались снижены по сравнению с контрольными величинами у больных 1-й группы соответственно на 18,5 и 36,7 %; 2-й – на 64,5 и 30,0 %; 3-й – на 37,4 и 36,7 %. Приведенные данные свидетельствуют о значительно более выраженных посттравматических нарушениях в системе кортикомускулярных связей у больных с сегментарным уровнем поражения (2-я группа) и несколько менее выраженных – у больных 1-й и 3-й групп.

Таблица 3

Динамика амплитуды Н-рефлексов в группах пациентов, мВ ($M \pm m$)

Группы пациентов	До операции $2n_1 = 8$ $2n_2 = 18$ $2n_3 = 68$	Через 1 мес. после операции $2n_1 = 8$ $2n_2 = 20$ $2n_3 = 64$	Перед снятием аппарата $2n_1 = 8$ $2n_2 = 18$ $2n_3 = 60$	Через 6 мес. после лечения $2n_1 = 4$ $2n_2 = 14$ $2n_3 = 56$
<i>m. gastrocnemius (c.l.)</i>				
1-я	$6,02 \pm 0,76$	$6,76 \pm 2,00$	$7,53 \pm 1,68$	$7,28 \pm 3,85$
2-я	$2,26 \pm 0,77^{п, к}$	$1,68 \pm 0,51^{п, к}$	$2,47 \pm 0,59^{п, к}$	$3,45 \pm 0,88^к$
3-я	$2,35 \pm 0,57^{п, к}$	$2,36 \pm 0,66^{п, к}$	$2,70 \pm 0,58^{п, к}$	$2,62 \pm 0,69^к$
<i>m. soleus</i>				
1-я	$7,45 \pm 2,18$	$7,35 \pm 2,77$	$9,54 \pm 2,34$	$7,94 \pm 3,99$
2-я	$3,83 \pm 1,35^к$	$2,28 \pm 0,70^к$	$3,41 \pm 0,98^{п, к}$	$3,41 \pm 0,86^к$
3-я	$3,24 \pm 0,73^к$	$2,87 \pm 0,72^к$	$3,87 \pm 0,88^{п, к}$	$3,71 \pm 0,98^к$

$2n_{1,2,3}$ — количество обследованных одноименных мышц в каждой группе; n_1, n_2, n_3 — количество пациентов в группе; $п, к$ — показатели, отличие которых от соответствующих значений 1-й и 2-й групп больных, а также контрольной выборки испытуемых было статистически значимым ($P < 0,05$).

Спустя 1 мес. после операции СА и ЧСК, выраженные в процентах от дооперационных величин (рис. 1), составили в среднем (по четырем парам отведений) у больных 1-й группы 84,4 и 95,0 %, 2-й – 81,4 и 73,6 %, 3-й – 108,3 и 75,8 %.

Перед снятием аппарата наружной транспедикулярной фиксации соответствующие величины у больных 1-й группы составили 90,9 и 106,9 % от дооперационных величин, 2-й – 149,7 и 90,7 %, 3-й – 145,5 и 90,3 %, что свидетельствует о том, что послеоперационный прирост СА у больных 2-й и 3-й групп, по-видимому, в большей степени связан с эффектом синхронизации разрядов двигательных единиц, нежели с увеличением числа функционирующих двигательных единиц.

Через 6 мес. после снятия аппарата наружной транспедикулярной фиксации зафиксирована следующая картина: СА и ЧСК у больных 1-й группы 98,6 и 141,0 %, 2-й – 42,2 и 93,4 %, 3-й – 98,6 и 97,9 %. Приведенные данные свидетельствуют о том, что реактивные изменения в спинном мозге, связанные с альтерирующими факторами оперативного вмешательства у больных 2-й группы по своей глубине и продолжительности более выражены, чем у больных 1-й и 3-й групп.

Обобщенная динамика усредненных по четырем отведениям (*m. tibialis anterior, m. gastrocnemius (c.l.), m. biceps femoris, m. rectus femoris*) показателей СА и ЧСК у пациентов с различным уровнем локализации травмы в грудном и поясничном отделах позвоночника отражена на рис. 1.

Установлено, что основная количественная характеристика (амплитуда) суммарного вызванного потенциала тестируемой мышцы (М-ответа), используемая в данной работе в качестве интегральной оценки посттравматической сохранности мотонейронных пулов, до и в различные сроки после оперативного вмешательства в определенной степени зависит от уровня повреждения позвоночника (табл. 2).

В частности, у больных 1-й группы средняя (по шести парам отведений) амплитуда М-ответов, выраженная в процентах от контрольных величин, составила 71,9 %, 2-й – 66,6 %, 3-й – 60,8 %, что, на наш взгляд, вполне согласуется с существующими представлениями о характере и последствиях вовлечения в патологический процесс различных структурных элементов кортикоспинального тракта при различных уровнях повреждения позвоночника.

Через 1 мес. после оперативного вмешательства СА М-ответов, выра-

женная в процентах от дооперационных величин (рис. 2), у больных 1-й группы составила 86,6 %, 2-й – 55,5 %, 3-й – 63,0 %, что свидетельствует о более выраженной реактивности сегментарных нейронных структур (2-я группа), составляющих основу системы кортикоспинальных связей, по сравнению с реактивностью периферически-проводниковых (корешки конского хвоста у больных 3-й группы) и центрально-проводниковых (кортикоспинальные тракты у больных 1-й группы) структур.

Перед снятием аппарата наружной транспедикулярной фиксации наблюдается следующая картина, отражающая общую тенденцию в изменении моторной иннервации мышц нижних конечностей: у больных 1-й группы усредненная величина М-ответов (в процентах от дооперационных величин) 98,2 %, 2-й – 52,5 %, 3-й – 65,9 %. Через 6 мес. после снятия аппарата эти же показатели составили у больных трех групп соответственно 91,8, 47,4 и 70,4 %.

Представленные на рис. 2 графические характеристики динамики усредненных величин М-ответов, выраженных в процентах от дооперационных величин,шний раз убеждают в том, что наиболее чувствительными к травматическим воздействиям (включая ятрогенные) являются сегментарные

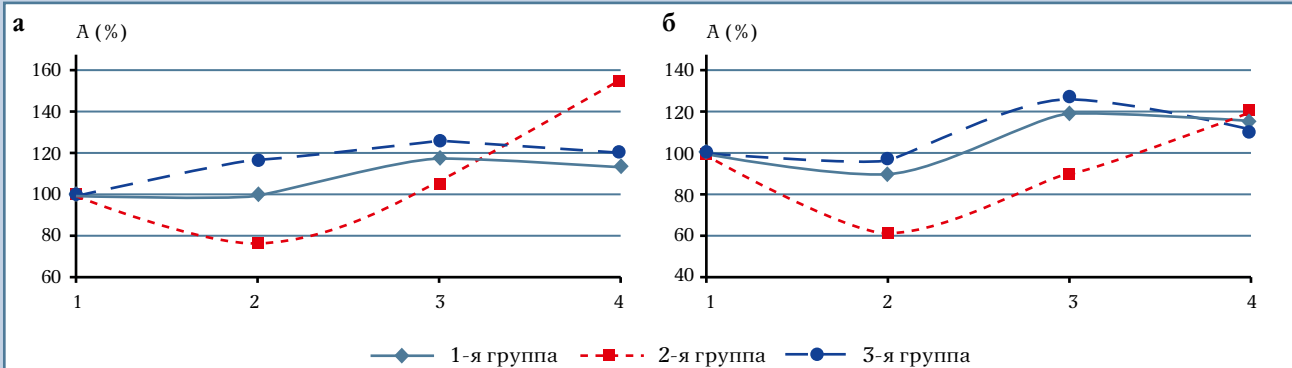


Рис. 3

Динамика усредненных амплитуд (А) Н-рефлексов *m. gastrocnemius* (с.л.) (а), *m. soleus* (б) у пациентов с различным уровнем локализации травмы грудного и поясничного отделов позвоночника: 1 – до операции; 2 – через 1 мес. после операции; 3 – перед снятием аппарата наружной транспедикулярной фиксации; 4 – через 6 мес. после лечения

моторные центры спинного мозга (область локализации мотонейронных ядер); на второе место по глубине и характеру послеоперационных изменений можно поставить проводниковый аппарат, на третье – центральные проводниковые структуры (кортикоспинальные тракты).

Определенную информацию о состоянии проводниково-сегментарных структур спинного мозга содержат данные моносинаптического тестирования *m. gastrocnemius* (с.л.) и *m. soleus* (табл. 3).

До оперативного вмешательства у пациентов 1-й группы амплитуда Н-рефлексов *m. gastrocnemius* (с.л.) и *m. soleus*, выраженная в процентах от контрольных величин, была соответственно 84,1 и 84,3 %, 2-й – 31,6 и 43,3 %, 3-й – 32,8 и 36,6 %.

Через 1 мес. после оперативного вмешательства Н-рефлексы указанных мышц, выраженные в процентах от дооперационных величин (рис. 3), у больных 1-й группы – соответственно 112,3 и 98,6 %, 2-й – 74,3 и 59,5 %, 3-й – 100,4 и 88,6 %.

Перед снятием аппарата наружной транспедикулярной фиксации у больных 1-й группы Н-рефлексы, по сравнению с дооперационными значениями, возросли до 125,1 и 128,1 %, что при некотором пре-

вышении контрольных величин (здоровые испытуемые) может рассматриваться в качестве признака ослабления нисходящего пресинаптического тормозного тонического влияния на 1А-афференты мышечных веретен. У больных 2-й группы Н-рефлексы составили 109,3 и 89,0 %, 3-й – 114,9 и 119,4 %.

Через 6 мес. после снятия аппарата наружной транспедикулярной фиксации у пациентов 1-й группы СА Н-рефлексов – 120,9 и 106,6 % от дооперационных величин, 2-й – 152,6 и 89,0 %, 3-й – 111,5 и 114,5 %, что в сопоставлении с характером послеоперационных трендов амплитуды М-ответов свидетельствует о прогрессировании проявлений мило- и аксонопатии, сопровождаемых ослаблением нисходящих тормозных тонических влияний на сегментарные α -мотонейроны.

Характер представленного на рис. 3 послеоперационного тренда амплитуды Н-рефлексов у пациентов 2-й группы дополнительно подчеркивает высокую чувствительность рефлексообразующих сегментарных нейронных структур к различного рода интраоперационным воздействиям.

Приведенные в работе данные с оговорками и ограничениями, касающимися прежде всего исход-

ной тяжести поражения невралных структур спинного мозга, позволяют заключить, что позвоночно-спинно-мозговая травма с последующим развитием компрессионно-ишемического синдрома, развившегося на уровне локализации мотонейронных ядер (позвонки D₉–D₁₂), оказывает более глубокое и пролонгированное воздействие на функционирование системы кортикомускулярных связей, чем соответствующие альтертирующие воздействия на проводниковые структуры этой системы, как периферические (корешки конского хвоста), так и центральные (кортикоспинальные тракты). Тем не менее отмечено, что в послеоперационном периоде регресс функциональной недостаточности отдельных структурных элементов сенсомоторного аппарата нижних конечностей (миотомов) возможен и при сегментарном уровне поражения спинного мозга, чему, по нашему мнению, в значительной мере способствуют стабильная фиксация поврежденного фрагмента позвоночника аппаратом наружной транспедикулярной фиксации, использование мер, направленных на восстановление гемо- и ликвородинамики в поврежденном участке наружной транспедикулярной фиксации и поддержание высокой мобильности пациентов.

Заключение

Выявленные особенности функциональных изменений в спинном мозге и периферических структурах нейромоторного аппарата у больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы различной локализации нашли дополнительное отражение в послеоперационных трендах выборочных ЭНМГ-характеристик

посттравматического сенсомоторного дефицита. Наиболее отчетливые ЭНМГ-признаки функциональной недостаточности в до- и послеоперационном периодах отмечены у больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы на уровне позвонков D₉–D₁₂, что топологически соответствует локализации сегментарных нейронных популяций, формирующих спинальные мотор-

ные центры контроля произвольной и рефлекторной активности мышц нижних конечностей.

Учет результатов проведенных исследований может оказаться полезным в решении задач прогнозирования функциональных исходов оперативного лечения и реабилитации больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы.

Литература

1. Гайдышев И.П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel, VBA и C/C++. СПб., 2004.
2. Методы диагностики и электростимуляционной терапии в комплексной реабилитации больных со свежей и застарелой травмой позвоночника и спинного мозга / Сост.: А.П. Шейн, Г.А. Криворучко, Н.А. Чухарева. Курган, 2002.
3. Шевцов В.И., Худяев А.Т., Люлин С.В. Наружная транспедикулярная фиксация при лечении больных с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника. Курган, 2003.
4. Шейн А.П., Криворучко Г.А., Чухарева Н.А. и др. Нейрофизиологические и клинические аспекты реактивности и резистентности спинно-мозговых структур у больных с закрытыми повреждениями грудного и поясничного отделов позвоночника // Вестник РАМН. 2000. № 2. С. 35–41.
5. Шейн А.П., Криворучко Г.А., Чухарева Н.А. и др. ЭМГ-характеристики выраженности амиотрофий в системе нижних конечностей у больных с различной степенью посттравматической компрессии спинного мозга // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2007. № 5. С. 37–42.
6. Curt A, Dietz V. Electrophysiological recordings in patients with spinal cord injury: significance for predicting outcome. Spinal Cord. 1999;37:157–165.
7. McKay WB, Lee DC, Lim HK, et al. Neurophysiological examination of the corticospinal system and voluntary motor control in motor-incomplete human spinal cord injury. Exp Brain Res. 2005;163:379–387.
8. Taylor S, Ashby P, Verrier M. Neurophysiological changes following traumatic spinal lesions in man. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1984;47:1102–1108.

References

1. Gaydyshev IP. [Solution of scientific and engineering problems using Excel, VBA, and C++]. St. Petersburg, 2004. In Russian.
2. Shein AP, Krivoruchko GA, Chuhareva NA, eds. [Methods of diagnosis and electric stimulation therapy in complex rehabilitation of patients with fresh and chronic injury of the spine and spinal cord]. Kurgan, 2002. In Russian.
3. Shevtsov VI, Khudyaev AT, Lyulin SV. [External Transpedicular Fixation for the Treatment of Patients with Thoracic and Lumbar Spine Fractures]. Kurgan, 2003. In Russian.
4. Shein AP, Krivoruchko GA, Chuhareva NA, et al. [Responsiveness and resistance of spinal cord structures in patients with closed thoracic and lumbar spinal injuries: neurophysiological and clinical aspects]. Vestn Ross Akad Med Nauk. 2000;(2):35–41. In Russian.
5. Shein AP, Krivoruchko GA, Chuhareva NA, et al. [EMG-characteristics amyotrophy expressiveness in low extremities system in patients with various degree of the posttraumatic spinal cord compression]. Bulletin of Eastern-Siberian Scientific Center. 2007;(5):37–42. In Russian.
6. Curt A, Dietz V. Electrophysiological recordings in patients with spinal cord injury: significance for predicting outcome. Spinal Cord. 1999;37:157–165.

Адрес для переписки:

Шейн Александр Порфирьевич
640014, Курган, отд. св. 14, а/я 1809,
sheinap@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23.08.2012

А.П. Шейн, д-р биол. наук, проф.; Г.А. Криворучко, ст. науч. сотрудник, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, Курган.

A.P. Shein, DSc in Biology, Prof.; G.A. Krivoruchko, senior researcher, Federal State Institution Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics» of the RF Ministry of Healthcare, Kurgan.