Дата публикации: 01.09.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_30
УДК 616-001-3; 616.748

Publication date: 01.09.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_30
UDC 616-001-3; 616.748

ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ МОТОРНОЙ СФЕРЫ ПАЦИЕНТОВ С ОТДАЛЕННЫМИ ПОСЛЕДСТВИЯМИ ТРАВМЫ ГРУДО-ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

А.А. Качесова, Е.Н. Щурова, М.С. Сайфутдинов, О.Г. Прудникова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова», г. Курган, Россия

Аннотация. Изучение состояния моторной сферы у пациентов с отдаленными последствиями травмы грудо-поясничного отдела позвоночника с частичным повреждением спинного мозга типа В и С по шкале ASIA (American Spinal Injury Association). Полученные результаты показали, что при неполном повреждении спинного мозга типа В амплитуда М-ответов мышц нижних конечностей была значительно снижена относительно показателей контрольной группы (на 26-76,1%, $p<0,05$). У пациентов с типом С амплитуда М-ответов достоверно не отличалась от нормы. Сила мышц нижних конечностей в исследуемой группе пациентов выраженно снижена, в сравнении со значениями контрольной группы (на 74-89%, $p<0,05$). Анализ результатов Walk-теста у пациентов с типом С показал достаточно большой диапазон варьирования показателей, по всей видимости обусловленный неоднородностью выборки и различной степенью развития компенсаторных явлений в моторной сфере.

Ключевые слова: позвоночно-спинномозговая травма, грудо-поясничный отдел, отдаленный период, частичное повреждение спинного мозга, М-ответы мышц нижних конечностей, сила мышц, двигательная функция.

MOTOR SYSTEM FEATURES OF PATIENTS WITH LONG-TERM CONSEQUENCES OF THE THORACOLUMBAR SPINE TRAUMA

A.A. Kachesova, E.N. Shchurova, M.S. Sajfutdinov, O.G. Prudnikova
National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia

Annotation. Study of the state of the motor sphere in patients with long-term consequences of the thoracolumbar spine trauma with partial damage to the spinal cord type B and C according to the ASIA (American Spinal Injury Association) scale. The obtained results revealed that in case of incomplete injury of the spinal cord type B, the amplitude of the M-response of the lower extremities' muscles was significantly reduced relative to the parameters of the control group (26-76.1%, $p<0.05$). In patients with type C, the amplitude of M-response did not significantly differ from the standard. The strength of the muscles of the lower extremities in the study group of patients was significantly reduced in comparison with the same indicator in the control group (74-89%, $p<0.05$). Analysis of the Walk-test results in patients with type C showed a fairly large range of variation in indicators, apparently due to the heterogeneity of the sample and the different degree of development of compensatory phenomena in the motor system.

Keywords: spinal cord injury, thoracolumbar spine, long-term period, partial injury to the spinal cord, M-response of the muscles of the lower extremities, muscle strength, motor function.

Введение. Грудо-поясничный отдел позвоночника представляет собой систему, где жесткий грудной отдел, несущий ребра, сочленяется с более подвижным поясничным в грудо-поясничном соединении (Th_{11}-L_2 позвонки) [1]. Вследствие того, что этот отдел позвоночника является основной несущей конструкцией тела, он подвержен воздействию широкого спектра биомеханических сил и имеет высокий риск переломов

[1-3]. Частота травматического повреждения грудо-поясничного отдела позвоночника колеблется от 23 до 67% всех переломов позвоночного столба [4-6].

Повреждение грудо-поясничного перехода может привести к потенциально опасным для жизни последствиям с появлением значительного неврологического дефицита (в 33-65% случаев) [7-9].

На уровне грудо-поясничного отдела позвоночника, в ограниченном пространстве расположены различные структуры спинного мозга: нижнегрудной и поясничный отдел спинного мозга, медуллярный конус, поясничные и крестцовые спинномозговые корешки [10]. При травматизации грудо-пояснинного отдела позвоночника деструктивные факторы могут способствовать обширному повреждению спинного мозга и его структур, усложняя и смешивая неврологические паттерны поражения [11]. Кроме того, известно, что медуллярный конус имеет переменную локализацию между уровнями позвонков Th_{12} и L_2, и при его травматическом повреждении неврологический дефицит может быть различен [12].

Несмотря на большое количество сообщений об оценке и лечении переломов и вывихов грудо-поясничного отдела позвоночника, немногие исследования адекватно оценивали сопутствующие повреждения спинного мозга [13-15].

Цель работы – изучить особенности состояния моторной сферы у пациентов с отдаленными последствиями травмы грудо-поясничных сегментов позвоночника с неполным повреждением спинного мозга типа B и C (по ASIA).

Методы и организация исследования. Дизайн исследования – проспективное контролируемое моноцентровое исследование. Критериями включения являлись: поздний период повреждения спинного мозга, тип B и C неврологических нарушений (по ASIA), уровень повреждения – грудо-поясничный отдел позвоночника. Критерии исключения: острый и промежуточный периоды повреждения спинного мозга, тип A, D (по ASIA), повреждение позвоночника на уровне шейного и грудного отделов (табл. 1).

Всем пациентам ранее было проведено хирургическое лечение (декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства). Пациенты проходили курсы лечебно-реабилитационных мероприятий.

Таблица 1

Клинико-демографическая характеристика обследованных пациентов

Показатели	Грудо-поясничный (n=22)
Возраст (годы)	34,5±2,4 (от 18 до 61 лет)
Гендерный состав	мужчин – 17 женщин – 5
Давность травмы (годы)	4,2±0,8 (от 1,5 года до 16)
Уровень повреждения позвоночника	Позвонки Th_{11} – 5 пациентов, Th_{12} – 10 пациентов, L_1 – 7 пациентов.
Двигательные нарушения	У 11 пациентов была определена нижняя параплегия, у 11 – нижний парапарез.
Чувствительные нарушения	Определено наличие гипестезии с дерматомов: Th_{10} – в 2 случаях, Th_{11} – 3, Th_{12} – 7, L_1 – 3, L_2 – 2, L_3 – 1, L_4 – 2. Анестезия была выявлена с уровня L_1 дерматома в одном случае, L_2 – у 4 больных, L_4 – 2 пациентов, L_5 – в 2 случаях.

Исследования были проведены в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации с последующими дополнениями. Пациенты подписывали информированное добровольное согласие на проведение диагностических исследований и публикацию данных без идентификации личности.

С помощью поверхностной электромиографии (ЭМГ) производили оценку амплитуды моторных ответов (М-ответов) мышц нижних конечностей. ЭМГ-обследования проводились по методике, разработанной А.П. Шеиным с соавт., с использованием цифровой системы Viking EDX (Natus Medical Incorporated, США). В качестве контрольной группы использованы ранее опубликованные результаты обследования 32 здоровых людей в возрасте от 17 до 24 лет [16].

Силу мышц нижних конечностей исследовали с помощью динамометрических стендов для бедра и голени [17-18]. Производили расчёт сначала абсолютного максимального момента силы (Н*м), а потом – относительного (с учетом массы тела) момента силы мышц нижних конечностей (Н*м/кг). Контрольную группу составили 15 обследуемых в возрасте от 25 до 40 лет, у которых отсутствовали клинические признаки неврологического дефицита, травмы и хирургических вмешательства на позвоночнике, спинном мозге, нижних конечностях.

Двигательную функцию (при возможности) и общее качество походки исследовали с помощью 10-метрового Walk-теста [19-20]. Пациенты ходили со вспомогательными средствами опоры (ходунки, трость) с предпочтительной скоростью ходьбы по 10-метровой дорожке без какого-либо перерыва до конечной точки. Определялось время на 6 промежуточных метрах. Рассчитывалась скорость ходьбы (м/с).

Анализ полученных данных производился с помощью программы Microsoft Excel 2010, надстройки AtteStat. Характер распределения исследуемых результатов определялся с помощью критерия Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. При нормальном типе распределений значимость изменений оценивалась с использованием параметрического t-критерий Стьюдента. При отсутствии нормального распределения использовался непараметрический принцип статистической обработки, где данные представлены в виде медианы (Me), первого (Q1) и третьего (Q3) квартилей и использовались непараметрические методы статистического анализа: критерий знаковых рангов Вилкоксона для связанных выборок, U-критерий Манна-Уитни для несвязанных выборок. Критический уровень значимости при проверке статистических результатов принимался равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. При анализе состояния двигательной сферы пациенты были распределены на 2 группы, в зависимости от типа повреждения спинного мозга (по шкале ASIA): 1 группа – пациенты с типом B; 2 группа – тип C. Обследуемые группы пациентов не различались по давности травмы, полу, уровню повреждения позвоночника, возрасту (табл. 2).

В группе пациентов с типом B амплитуда М-ответов мышц нижних конечностей в исследуемых отведениях (табл. 3) достоверно снижена, в сравнении с показателями контрольной группы: справа – на 27,1-72,0% ($p<0,05$); слева – на 32,8-76,1% ($p<0,05$). Коэффициент асимметрии между М-ответами мышц контралатеральных конечностей составлял 13,1-31,2% ($p<0,05$). В норме данный показатель не превышает 18% [16]. Можно сделать вывод, что во всех отведениях, кроме m. tibialis anterior, даже в отсутствии статистически значимых различий между множеством амплитудных значений общая асимметрия М-ответов повышена по сравнению с показателями контрольной группы (табл. 3).

У пациентов с типом C отсутствовали статистически значимые отличия от уровня нормы показателей М-ответов (табл. 4).

Таблица 2

Распределение пациентов с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы грудо-поясничного отдела позвоночника в зависимости от типа повреждения спинного мозга (по шкале ASIA)

Показатели	Тип повреждения спинного мозга (по шкале ASIA)	
	B	C
Давность травмы (годы)	4,3±1,0	4,2±1,3
Возраст (годы)	34,0±1,9	35,6±6,1
Количество пациентов (n)	15	7
Гендерный состав	Мужчины – 13 пациентов Женщины – 2 пациента	Мужчины – 4 пациента Женщины – 3 пациента
Уровень повреждения позвоночника	Th_{11} позвонок - 3 пациента Th_{12} позвонок – 7 пациентов L_1 позвонок – 5 пациентов	Th_{11} позвонок – 2 пациента Th_{12} позвонок – 3 пациента L_1 позвонок – 2 пациента
Чувствительные нарушения (n)	Гипестезия: с Th_{10} – 2; Th_{11} – 3; Th_{12} – 2; L_1 – 3; L_2 – 2; L_4 – 1. Анестезия: с L_1 – 1; L_2 – 4; L_4 – 2; L_5 – 1.	Гипестезия: с Th_{12} – 5; L_4 – 1; L_3-1. Анестезия: с L_5 – 1.
Двигательные нарушения	Нижняя параплегия – 10 пациентов. Нижний парапарез – 5 пациентов.	Нижняя параплегия – 1 пациент. Нижний парапарез – 6 пациентов.

Таблица 3

Результаты статистической характеристики амплитуды М-ответа (мВ) мышц нижних конечностей у пациентов с частичным повреждением грудо-поясничного отдела спинного мозга в отдаленном периоде заболевания (тип В по шкале ASIA)

Мышца (ведущий корешок)	Сторона	Статистические характеристики М-ответа пациентов (n=15)			Показатели контрольной группы (n=32)	
		M ±SD	Me [Q_1; Q_3]	As, %	M±SD	As, %
m.rectus fem. (L_4)	Правая	10,3±3,7*	11,3 [8;1;2,3]	27,5 p=0,11	21,6±3,7	10,9±1,5
	Левая	8,3±3,9*	7,5 [5,7; 9,9]		21,7±3,9	
m.tibialis ant. (L_5)	Правая	5,5±1,0*	5,2 [4,7; 5,8]	13,1 p=0,90	7,9±1,7	13,0±0,7
	Левая	5,3±1,3*	5,3 [3,7; 6,0]		7,6±1,6	
m.ext.dig.br. (L_5)	Правая	3,0±1,8*	2,5 [2,0; 3,2]	21,8 p=0,93	10,4±3,9	10,9±0,6
	Левая	3,0±1,6*	3,2 [1,9; 3,5]		10,9±3,6	
m.gastrocn. (c. lat.) (S_1)	Правая	8,7±7,3*	7,5 [3,8; 9,5]	20,9 p=0,83	31,3±7,8	14,9±0,9
	Левая	7,6±4,6*	8,0 [3,9; 8,5]		31,9±6,0	
m.flex.dig.br. (S_1)	Правая	6,5±4,7*	6,1 [4,4;7,8]	31,25 p=0,96	17,8±6,7	9,2±0,4
	Левая	6,0±3,6*	5,7 [4,7;6,4]		16,1±5,9	

Примечание: * – достоверность отличия от показателей контрольной группы. Значимость различий медиан оценивалась критерием Вилкоксона для парных выборок ввиду малого объёма анализируемого массива данных

Таблица 4

Статистические характеристики амплитуды М-ответа (мВ) мышц нижних конечностей у пациентов с частичным повреждением грудо-поясничного отдела спинного мозга в отдаленном периоде заболевания (тип С по шкале ASIA)

Мышца (ведущий корешок)	Сторона	Статистические характеристики М-ответа пациентов (n=7)			Показатели контрольной группы (n=32)	
		M ± SD	Me [Q_1; Q_3]	As, %	M ± SD	As, %
m.rectus fem. (L_4)	Правая	13,7±3,41	13,5 [11,0; 13,5]	14,9 p=0,79	21,6±3,7	10,9±1,5
	Левая	12,9±5,09	13,6 [11,5; 13,6]		21,7±3,9	
m.tibialis ant. (L_5)	Правая	5,2±3,15	4,6 [3,5; 4,6]	22,8 p=0,84	7,9±1,7	13,0±0,7
	Левая	4,8±1,32	5,0 [3,8; 5,0]		7,6±1,6	
m.ext.dig.br. (L_5)	Правая	3,4±1,13	3,6 [2,0 ; 3,6]	36,0 p=0,33	10,4±3,9	10,9±0,6
	Левая	3,0±1,73	3,2 [1,4; 3,2]		10,9±3,6	
m.gastroc. (c.lat.) (S_1)	Правая	9,2±7,59	8,2 [2,3; 8,2]	20,9 p=0,74	31,3±7,8	14,9±0,9
	Левая	9,4±6,75	9,6 [3,1; 9,6]		31,9±6,0	
m.flex.dig.br. (S_1)	Правая	5,9±6,36	4,3 [2,3; 4,3]	24,44 p=0,27	17,8±6,7	9,2±0,4
	Левая	7,4±6,47	5,3 [4,5; 5,3]		16,1±5,9	

Примечание: значимость различий медиан оценивалась критерием Вилкоксона для парных выборок ввиду высокого уровня вариативности и небольшого объёма анализируемого массива данных

Данный факт может быть обусловлен высокой вариативностью данного параметра в этой группе обследуемых. Асимметрия электрической активности между симметричными отведениями правой и левой конечностей составляла 14,9-36,0% ($p>0,05$). Показатель асимметрии М-ответов в большинстве отведений оказался повышенным, за исключением m. rectus femoris, несмотря на отсутствие статистической значимости (табл. 4).

При проведении сравнительного анализа показателей амплитуды М-ответов в группе с типом В и С было выявлено достоверное отличие только при обследовании m. rectus fem. В группе пациентов с типом С М-ответы были достоверно выше справа на 33% ($p=0,044$), слева на 55% ($p=0,020$) в сравнении с показателями пациентов с В типом. Величины М-ответов других мышц нижних конечностей не имели достоверных отличий в этих двух группах ($p>0,05$).

У пациентов с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в грудо-поясничном отделе позвоночника с типом С проведено исследование мышечной силы нижних конечностей (табл. 5). Величина отличия от показателей контрольной группы варьировала от 74 до 89% ($p<0,05$). Наибольший процент снижения регистрировался при обследовании сгибателей голени (87,5-89%, $p<0,05$). Асимметрия силы мышц сгибателей голени превышала уровень нормы [16], хотя достоверные отличия моментов силы на правой и левой нижней конечности отсутствовали ($p >0,05$) (табл. 6).

Таблица 5

Показатели абсолютного (Н*м) и относительного (Н*м/кг) максимального момента силы мышц нижних конечностей у пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в грудо-поясничном отделе позвоночника тип С (по шкале ASIA) (M±m)

Группы Мышц	Моменты силы	Группы обследуемых		
		Контрольная группа n=15	Обследуемые пациенты, n=7	Отличие от нормы (%)
Разгибатели голени	АМС	186,2±5,6 (2n=30)	42,3±9,7* (2n=14)	- 77
	ОМС	2,4±0,1 (2n=30)	0,53±0,1* (2n=14)	- 78
Сгибатели голени	АМС	152,4±6,8 (2n=30)	17,0±7,2* (2n=14)	- 89
	ОМС	2,0±0,07(2n=30)	0,25±0,1* (2n=14)	- 87,5
Подошвенные сгибатели стопы	АМС	171,0±7,4(2n=30)	44,7±14,8*(2n=4)	-74
	ОМС	2,2±0,1(2n=30)	0,58±0,2*(2n=4)	-74
Тыльные сгибатели стопы	АМС	51,5±1,9 (2n=30)	9,0±2,5*(2n=4)	- 82
	ОМС	0,68±0,06(2n=30)	0,12±0,04*(2n=4)	- 82

Примечание: * – достоверность отличия показателей от уровня нормы, p<0,01; АМС – абсолютный момент силы; ОМС – относительный момент силы; 2n – количество обследованных конечностей

Таблица 6

Асимметрия абсолютного (Н*м) и относительного (Н*м/кг) максимального момента силы мышц сгибателей и разгибателей голени у пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в грудо-поясничном отделе позвоночника типа С (по шкале ASIA) (M±m)

Группы мышц	Моменты силы	Пациенты с травматической болезнью спинного мозга		
		Справа (n=7)	Слева (n=7)	Асимметрия (%)
Разгибатели голени	АМС	37,7±8,8	46,8±18,1 p=0,33	19,5
	ОМС	0,47±0,2	0,58±0,2 p=0,34	19,0
Сгибатели голени	АМС	14,7±9,2	19,4±1,8 p=0,38	24,2
	ОМС	0,21±0,2	0,30±0,2 p=0,36	30,0

Примечание: АМС – абсолютный момент силы; ОМС – относительный момент силы

У пациентов данной группы (тип С) также проводили оценку ходьбы с помощью 10-метрового Walk-теста. Обследуемые перемещались с использованием вспомогательных средств опоры (ходунки, трость) с комфортной, произвольной скоростью (табл. 7).

Анализ результатов Walk-теста в этой группе пациентов показывает достаточно большой диапазон варьирования значений: времени теста – от 12,5 до 40,5 с; скорости ходьбы – от 0,15 до 0,42 м/с. У 4 пациентов время теста было больше, чем в норме (на 23-102%), в двух случаях меньше (на 21,5-37,5%). Аналогичная ситуация наблюдалась и при анализе скорости передвижения (табл. 7). Данный факт может быть обусловлен неоднородностью выборки обследуемых, разной степенью развития компенсаторных явлений в моторной сфере.

В отдаленный период после позвоночно-спинномозговой травмы формируется комплекс грубых неврологических нарушений и ограниченных функциональных возможностей сенсомоторной системы пациентов.

Таблица 7

Результаты 10-метрового Walk-теста у пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в грудо-поясничном отделе позвоночника тип С (по шкале ASIA)

Пациенты	Характер нижнего парапареза	Вспомогательные средства опоры	Время Walk-теста (с)			Скорость ходьбы (м/с)
			1 измерение	2 измерение	3 измерение	
П. № 1	грубый	ходунки	33,2	32,0	31,6	0,19
П. № 2	грубый	ходунки	34,1	35,4	36,5	0,17
П. № 3	умеренный	трость	15,6	15,7	13,5	0,40
П. № 4	умеренный	ходунки	15,7	15,7	12,5	0,42
П. № 5	грубый	ходунки	39,7	40,2	40,5	0,15
П. № 6	легкий	ходунки	23,1	24,7	24,6	0,25

Примечание: время Walk-теста в норме – 20 с; скорость ходьбы – 0,3 м/с

Тем не менее, травма грудо-поясничного отдела позвоночника коррелировала со значительно лучшим прогнозом по сравнению с шейными, грудными и грудопоясничными повреждениями. Вероятно, это связано с наличием в конском хвосте нервных корешков вместо спинного мозга. Нижние двигательные нейроны или периферические нервные корешки, которые, как известно, обладают повышенной способностью к самовосстановлению и прорастанию нервов после травмы. [11-12]. По результатам исследования S.J. Liu и соавт. (2019), при неполном повреждении эпиконуса спинного мозга наблюдалась атипичная неврологическая картина с нарушением сенсорной, двигательной, мочевыделительной функций [14].

Широко используемая стандартная неврологическая оценка (с применением шкал ISNCSCI и ASIA) является приблизительной и неточной, она не дает возможности точно определить изменения при двигательных и чувствительных расстройствах, характерных для данной категории пациентов [21].

В нашей работе, у пациентов с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в грудо-поясничном отделе позвоночника были проведены исследования амплитуды М-ответов мышц нижних конечностей при наличии типа В и С, оценка силы мышц нижних конечностей и двигательной функции (10-метровый Walk-тест) у пациентов с типом С.

При В типе М-ответы мышц нижних конечностей были значительно снижены (на 27-76%). У пациентов с С типом этот показатель статистически достоверно не отличался, в сравнении с контрольной группой (высокая вариабельность), что позволило провести оценку силы мышц нижних конечностей (преимущественно сгибателей и разгибателей голени) и ходьбы со вспомогательными средствами опоры (ходунки, трость).

Анализ литературы показал, что значительная степень восстановления опорно-двигательного аппарата у млекопитающих с травмой спинного мозга может быть объяснена реорганизацией сохраненных нервных путей [22]. Восстановление шаговых движений может происходить даже после тяжелой, неполной травмы спинного мозга у крыс и людей [23]. Было подсчитано, что если пощадить всего 10-15% нисходящих спинномозговых путей, то некоторые двигательные функции могут восстанавливаться [22-23].

Кроме того, восстановление двигательной функций после травмы спинного мозга частично обусловлено нейропластическими изменениями или реорганизацией центральной нервной системы [24].

После травмы спинного мозга нейропластические изменения могут

сформироваться в коре и стволе головного мозга, спинном мозге, периферической нервной системе [26-29]. В отдаленный период после повреждения спинного мозга нейропластичность реализуется, как правило, в виде изменений синаптической эффективности, которая модулируется долгосрочным потенцированием, а также регенерацией и прорастанием аксонов [22].

Тем не менее, функциональное значение нейропластичности после травматического повреждения спинного мозга по-прежнему остается неопределенным. В некоторых ситуациях изменения пластичности могут привести к функциональному улучшению, а в других случаях – иметь дезадаптивный характер [22, 30].

Большинство пациентов с травмой спинного мозга, классифицированных по шкале AISA как A и B типы, демонстрируют феномен быстрого угнетения электромиографии (ЭМГ) [30].

Повреждение грудо-поясничного отдела позвоночника (Th_{12}-L_1 позвонки) характеризуется травматизацией спинного мозга, конуса, эпиконуса и спинномозговых корешков. Отдаленные последствия повреждений с развитием рубцово-спаечного процесса, формированием астроглиально-фиброзного рубца могут способствовать снижению и потере функции спинного мозга и его структур и вследствие этого – значительных моторных нарушений.

В нашей работе объективные инструментальные исследования моторных функций у пациентов с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы с частичным повреждением спинного мозга определили значительный разброс показателей, что обусловлено неоднородностью выборки обследуемых и травматического повреждения, особенностями протекания посттравматических патологических и компенсаторных процессов.

Широкий диапазон нарушений показывает разброс соответствующих ему уровней посттравматической нейропластичности, отражающих реабилитационный потенциал обследуемых пациентов.

Таким образом, представленные в работе данные инструментального, объективного тестирования состояния моторной системы больных с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы позволяют выбирать адекватные для них методы реабилитации и режимы их использования для того, чтобы направлять текущие нейропластические процессы на восстановление моторной функции и минимизировать их дезадаптивные свойства.

Заключение. При травме грудо-поясничного отдела позвоночника в отдаленном периоде тип B (по ASIA) амплитуда М-ответов мышц нижних конечностей была достоверно снижена. У пациентов с типом С М-ответы не имели статистически значимых отличий от нормы. Силовые характеристики были значительно снижены, в сравнении со значениями контрольной группы, особенно сгибателей голени. Анализ результатов исследования двигательной функции с помощью Walk-теста у пациентов с типом С показал достаточно большой диапазон варьирования показателей. Вышеперечисленные результаты могут быть обусловлены неоднородностью выборки, разной степенью развития компенсаторных нейропластических явлений в моторной сфере пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Management of thoracolumbar spine fractures / K. Wood, W. Li, D. Lebl, A. Ploumis // Spine J. – 2014. – Vol. 14. – № 1. – pp. 145-164. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.10.041.

2. Resnick, D. Biomechanics of the thoracolumbar spine / D. Resnick, S. Weller, E. Benzel // Neurosurg Clin N Am. – 1997. – Vol.8. – № 4. – pp. 455-469.

3. Особенности сагиттального баланса пациентов при посттравматических деформациях грудного и поясничного отделов позвоночника / Шульга А. Е., Зарецков В. В., Островский В. В. [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – № 6. – С. 709-716. DOI: https:doi:10.18019/1028-4427-2021-27-6-709-716. [In English] Shul'ga A.E., Zaretskov V.V., Ostrovskij V.V., Bazhanov S.P., Likhachev S.V., Smolkin A.A. Peculiarities of the sagittal balance of patients with post-traumatic deformities of the thoracic and lumbar spine. *Genij Ortopedii*. 2021, vol.27, no 6, pp.709-716. DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-6-709-716.

4. Operative treatment of 733 patients with acute thoracolumbar spinal injuries: comprehensive results from the second, prospective, Internet-based multicenter study of the Spine Study Group of the German Association of Trauma Surgery / Reinhold M., Knop C., Beisse R. [et al] // Eur Spine J. – 2010. – Vol. 19. – № 10. – pp. 1657-1676. DOI: https://doi:10.1007/s00586-010-1451-5.

5. The Conservative Treatment of Traumatic Thoracolumbar Vertebral Fractures / Spiegel U., Fischer K., Schmidt J. [et al] // Dtsch Arztebl Int. – 2018. – Vol. 115. – № 42. – pp. 697-704. DOI: https://doi:10.3238/arztebl.2018.0697.

6. Incidence of adult traumatic spinal cord injury in Saint Petersburg, Russia / Mirzaeva L., Gilhus N., Lobzin S., Rekand T. // Spinal Cord. – 2019. – Vol. 57. – № 8. – pp. 692-699. DOI: https://doi:10.1038/s41393-019-0266-4.

7. Odle, T.G. Computed Tomography of Thoracolumbar Spine Trauma / T.G. Odle // Radiol Technol. – 2017. – Vol. 88. – № 3. – pp. 299-319.

8. Traumatic spinal injury: global epidemiology and worldwide volume / Kumar R., Lim J., Mekary R. [et al] // World Neurosurg. – 2018. – Vol. 113. – pp. 345-363. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.033.

9. Waddell, W. Thoracolumbar Spine Trauma / W. Waddell, R. Gupta, B. Stephens // Orthop Clin North Am. – 2020. – Vol. 52. – № 4. – pp. 481-489. DOI: https://doi:10.1016/j.ocl.2021.05.014.

10.Incidence of traumatic spinal cord injury worldwide: a systematic review / Jazayeri S.B., Beygi S., Shokraneh F. [et al] // Eur Spine J. – 2015. – Vol. 24. – № 5. – pp. 905-918. DOI: https://doi:10.1007/s00586-014-3424-6.

11.Individual resilience in rural people: a Queensland study, Australia. / Hegney D.G., Buikstra E., Baker P. [et al] // Rural Remote Health. – 2007. – Vol. 7. – № 4. – P. 620.

12.Retrospective analysis of thoracolumbar junction injuries using the thoracolumbar injury severity and classification score, american spinal injury association class, injury severity score, age, sex, and length of hospitalization / S. Dodwad, S. Dodwad, R. Wisneski, S. Khan // J Spinal Disord Tech. – 2015. – Vol. 28. – № 7. – pp. 410-416.

13.Heterogeneity among traumatic spinal cord injuries at the thoracolumbar junction: helping select patients for clinical trials / Liu S., Wang Q., Tang H. [et al] // Spinal Cord. – 2019. – Vol. 57. – № 11. – pp. 72-978. DOI: https://doi: 10.1038/s41393-019-0317-x.

14.Результаты применения промежуточных транспедикулярных винтов при повреждениях переходного грудопоясничного отдела позвоночника / Лихачев С.В., Зарецков В.В., Арсениевич В.Б. [и др.] // Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26. – № 4. – С. 548-554. DOI: https://doi:10.18019/1028-4427-2020-26-4-548-554. [In English] Likhachev S.V., Zaretskov V.V., Arsenievich V.B., Ostrovskij V.V., Shulga A.E., Zaretskov A.V. Outcomes with fracture level transpedicular screws used for thoracolumbar junction fractures. *Genij Ortopedii*, 2020, vol. 26, no. 4, pp. 548-554. DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-4-548-554.

15.Шеин, А. П. Локальные и системные реакции сенсомоторных структур на удлинение и ишемию конечностей / А. П. Шеин, М. С. Сайфутдинов, Г. А. Криворучко. – Курган: ДАММИ, 2006. – 284 с. [In English] Shein A.P., Sajfutdinov M.S., Krivoruchko G.A. Local and systemic responses of sensorimotor structures to limb elongation and ischemia. Kurgan: "DAMMI", 2006, 284 p. (In Russ.)

16.Shchurov, V.A. Femoral Muscle Dynamometer / V.A. Shchurov, T.I. Dolganova, D.V. Dolganov //Biomedical Engineering. – 2014. – Vol. 48. – № 1. – pp. 30-32. DOI: https://doi.org/10.1007/s10527-014-9410-9.

17.Shchurov, V.A. Device for Measuring Lower Leg Muscle Strength / V.A. Shchurov, T.I. Dolganova, D.V. Dolganov // Biomedical Engineering. – 2016. – Vol.50. – № 2. – pp. 124-127. DOI: https://doi.org/10.1007/s10527-016-9602-6.

18.Dobkin, B. Short-distance walking speed and timed walking distance: redundant measures for clinical trials? / B. Dobkin // Neurol Rep. – 2006. – № 66. – pp. 584-586.

19.Improvement in usual gait speed predicts better survival in older adults / Hardy S.E., Perera S., Roumani Y.F. [et al] // J Am Geriatr Soc. – 2007. – Vol. 55. – pp. 1727-1734.

20.International standards for neurological classification of spinal cord injury: impact of the revised

worksheet (revision 02/13) on classification performance / Schuld C., Franz S., Brüggemann K. [et al] // J Spinal Cord Med.- 2016. – Vol. 39. – № 5. – pp. 504-512. DOI: https://doi.org/10.1080/10790268.2016.1180831.

21.Dietz, V. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury / V. Dietz, K. Fouad // Brain. – 2014. – Vol. 137. – № 3. – pp. 654-667. DOI: https://doi.org/10.1093/brain/awt262.

22.Validation of the weight-drop contusion model in rats: a comparative study of human spinal cord injury / Metz G. A., Curt A., van de Meent H. [et al] // J Neurotrauma. – 2000. – Vol. 17. – pp. 1-17.

23.Dietz, V. Neuronal plasticity after a human spinal cord injury: positive and negative effects / V. Dietz // Exp Neurol. – 2012. – Vol.235. – № 1. – pp. 110-115. DOI: https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2011.04.007.

24.Гусев, Е. И. Пластичность нервной системы / Е. И. Гусев, П. Р. Камчатнов // Журн. неврол. и психиат. – 2004. – № 3. – С. 73-79. [In English] Gusev E.I., Kamchatnov P.R. Plasticity of the nervous system. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiatrii imeni S.S. Korsakova*, 2004, no. 3, pp. 73-79. (in Russ.)

25.Cortical reorganization after spinal cord injury: always for good? / K. Moxon, A. Oliviero, J. Aguilar, G. Foffani // Neuroscience. – 2014. – Vol. 283. – pp. 78-94. DOI: https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.06.056.

26.Mohammed, H. Cortical Reorganization of Sensorimotor Systems and the Role of Intracortical Circuits After Spinal Cord Injury / H. Mohammed, E. R. Hollis // Neurotherapeutics. – 2018. – Vol.15. – № 3. – pp. 588-603. DOI: https://doi.org/10.1007/s13311-018-0638-z.

27.Electroencephalography as a Biomarker for Functional Recovery in Spinal Cord Injury Patients / Simis M., Camsari D. D., Imamura M. [et al] // Front Hum Neurosci. – 2021. – Vol. 15. – pp. 548558. DOI: https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.548558.eCollection 2021.

28.Ozdemir, R. A. Afferent input and sensory function after human spinal cord injury / R. A. Ozdemir, M. A. Perez // J Neurophysiol. – 2018. – Vol. 119. – № 1. – pp. 134-144. DOI: https://doi.org/10.1152/jn.00354.2017.

29.Undirected compensatory plasticity contributes to neuronal dysfunction after severe spinal cord injury / Beauparlant J., van den Brand R., Barraud Q. [et al] // Brain. – 2013. – Vol. 136. – Pt. 11. – pp. 3347-3361. DOI: https://doi.org/10.1093/brain/awt204.

30.Gassert, R. Rehabilitation robots for the treatment of sensorimotor deficits: a neurophysiological perspective / R. Gassert, V. Dietz // J Neuroeng Rehabil. – 2018. – Vol. 15. – № 1. – pp. 46. DOI: https://doi: 10.1186/s12984-018-0383-x.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Анастасия Анатольевна Качесова – аспирант, врач-невролог ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9065-7388, Scopus Author ID: 57212025292, eLibrary SPIN: 9539-6217, Researcher ID: ABB-6024-2022, e-mail: k-an-an@inbox.ru.

Елена Николаевна Щурова – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник научной лаборатории Клиники патологии позвоночника и редких заболеваний ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0816-1004, Scopus Author ID: 6602428322, eLibrary SPIN: 6919-1265, Researcher ID: B-6692-2018. e-mail: elena.shurova@mail.ru.

Марат Саматович Сайфутдинов – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник научной лаборатории Клиники патологии позвоночника и редких заболеваний ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7477-5250; eLibrary SPIN: 2811-2992, e-mail: maratsaif@yandex.ru

Оксана Германовна Прудникова – доктор медицинских наук, нейрохирург, травматолог-ортопед, старший научный сотрудник, заведующая травматолого-ортопедическим отделением №10 клиники патологии позвоночника и редких заболеваний ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1432-1377, eLibrary SPIN: 1391-9051, Researcher ID: U-2039-2018, e-mail: pog6070@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Anastasia Anatol'evna Kachesova – Post-Graduate Student, Neurologist, National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and Traumatology, Kurgan, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9065-7388, eLibrary SPIN: 9539-6217, Researcher ID: ABB-6024-2022, e-mail: k-an-an@inbox.ru.

Elena Nikolaevna Shchurova – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Clinical Laboratory of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and Traumatology, Kurgan, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0816-1004; Scopus Author ID: 6602428322, eLibrary SPIN: 6919-1265, Researcher ID: B-6692-2018, e-mail: elena.shurova@mail.ru.
Marat Samatovich Sayfutdinov – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Clinical Laboratory of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and Traumatology, Kurgan, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7477-5250, eLibrary SPIN: 2811-2992, e-mail: maratsaif@yandex.ru.
Oksana Germanovna Prudnikova – Doctor of Medical Sciences, Neurosurgeon, Traumatologist-Orthopedist, Senior Researcher, Head of the traumatology and orthopedic department No. 10 Clinical Laboratory of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and Traumatology, Kurgan, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1432-1377, eLibrary SPIN: 1391-9051, Researcher ID: U-2039-2018, e-mail: pog6070@gmail.com.

Для цитирования: Особенности состояния моторной сферы пациентов с отдаленными последствиями травмы грудо-поясничного отдела позвоночника / А.А. Качесова, Е.Н. Щурова, М.С. Сайфутдинов, О.Г. Прудникова // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 3. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_30

For citation: Kachesova A.A., Shchurova E.N., Sajfutdinov M.S., Prudnikova O.G. Motor system features of patients with long-term consequences of the thoracolumbar spine trauma. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 3. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_30