

Е.Н. Щурова, А.А. Качесова, О.Г. Прудникова

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРНО-БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ТРАВМЫ ГРУДО-ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова», г. Курган, Российская Федерация

Резюме. Исследование чувствительной сферы имеет немаловажное значение при определении степени повреждения спинного мозга и его структур, пластичности нервной системы, процессов восстановления после травмы. Однако в литературе уделено мало внимания инструментальной оценке чувствительности у пациентов с последствиями травмы грудно-поясничного отдела позвоночника. **Цель работы.** Изучить особенности состояния температурно-болевой чувствительности у пациентов с отдаленными последствиями травмы грудно-поясничного отдела позвоночника с частичным повреждением спинного мозга и его структур (тип В и С по шкале ASIA). **Материал и методы.** Проведено обследование 22 пациентов с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в грудно-поясничном отделе позвоночника (тип В и С, ASIA). Клинический анализ чувствительных нарушений проводился согласно шкалам ISNCSCI и ASIA. С помощью электрического эстезиометра осуществляли исследование температурно-болевой чувствительности в дерматомах Th₁₀-S₂ справа и слева. **Результаты.** Независимо от типа повреждений (В/С) определялись аналогичные нарушения: гипестезия тепловой и болевой чувствительности; гиперестезия болевой чувствительности; термоанестезия; термоаналгезия. Однако степень и уровень нарушения были различными. В группе пациентов с типом В значительные изменения температурно-болевой чувствительности регистрировались с дерматома L₁, у обследуемых с типом С – с L₄. В группе пациентов с типом С в сравнении с показателями больных с типом В наблюдалось уменьшение количество случаев термоанестезии (на 38%, p=0,033) и термоаналгезии (на 64,3%, p=0,004), увеличение доли дерматомов с нормальными порогоми болевой чувствительности (в 4 раза, p=0,036) и с гипестезией тепловой чувствительности (на 52%, p=0,037). **Заключение.** У пациентов с отдаленными последствиями травмы грудно-поясничного отдела позвоночника уровень значительных нарушений температурно-болевой чувствительности зависит от степени травматизации спинного мозга. В группе пациентов с типом В значительные изменения температурно-болевой чувствительности регистрируются с дерматома L₁, у обследуемых с типом С – с L₄ дерматома.

Ключевые слова: позвоночно-спинномозговая травма, грудно-поясничный отдел, отдаленный период, сенсорные нарушения, температурно-болевая чувствительность

Конфликт интересов отсутствует.

Контактная информация автора, ответственного за переписку:

Щурова Елена Николаевна

elena.shurova@mail.ru

Дата поступления 05.04.2022

Образец цитирования:

Щурова Е.Н., Качесова А.А., Прудникова О.Г. Оценка показателей температурно-болевой чувствительности у пациентов с последствиями травмы грудно-поясничного отдела позвоночника. [Электронный ресурс] Вестник уральской медицинской академической науки. 2023, Том 20, № 1-2, с. 17–30, DOI: 10.22138/2500-0918-2023-20-1-17-30

Введение

Грудо-поясничный отдел рассматривается как одна из переходных зон позвоночника, имеющих свои анатомические и функциональные особенности [1-3]. Частота повреждений грудо-поясничного отдела позвоночника колеблется от 23 до 67% всех переломов позвоночного столба [4-6] и может привести к потенциально опасным для жизни последствиям с появлением значительного неврологического дефицита (в 33–65% случаев) [7-9].

На уровне грудо-поясничного отдела в ограниченном пространстве расположены различные структуры спинного мозга: спиной мозг, конус, поясничные и крестцовые корешки [10]. Повреждение невральных структур грудо-поясничного отдела позвоночника характеризуется полиморфизмом клинических проявлений [11, 12].

Несмотря на большое количество сообщений о результатах лечения, прежде всего хирургического, исследования по объективной оценке сопутствующих повреждений спинного мозга ограничены [13-15].

Нарушения чувствительной сферы являются одним из тяжелых последствий травматического повреждения спинного мозга. Сенсорная дисфункция может проявляться в виде гипестезии, гиперестезии, утраты анестезии, боли [16]. Исследование чувствительности имеет немаловажное значение при определении степени повреждения спинного мозга и его структур, пластичности нервной системы, процессов восстановления после травмы [17].

Анализ литературы показал наличие единичных сообщений инструментальных исследований различных модальностей чувствительности у пациентов с частичным повреждением спинного мозга в отдаленном периоде [16, 18, 19]. Кроме того, в научных публикациях отсутствует распределение пациентов по типу (B, C, D) и уровню (шейный, грудной и т. д.) повреждения спинного мозга. Поэтому исследование чувствительности в отдаленном периоде позвоночно-спинномозговой травмы грудо-поясничного отдела по-прежнему актуальны.

Цель работы – изучить особенности состояния температурно-болевой чувствительности у пациентов с отдаленными последствиями травмы грудо-поясничного отдела позвоночника с частичным повреждением спинного мозга и его структур типа B и C по шкале ASIA.

Материал и методы

Дизайн исследования: проспективное контролируемое моноцентровое исследование.

Критериями включения являлись: поздний период повреждения спинного мозга, тип B и C неврологических нарушений по шкале ASIA, уровень повреждения — грудо-поясничный отдел позвоночника. Критерии исключения: острый и промежуточный период повреждения спинного мозга, тип A, D по шкале ASIA, повреждение позвоночника на уровне шейного и грудного отделов.

Методы исследования: клинический (неврологический статус), эстеziометрия, статистический. Период набора пациентов: с 2019 по 2022 гг.

Исследования были проведены в соответствии с этическими стандартами (Хельсинкская декларация с поправками 2013 года). Пациенты подписывали информированное добровольное согласие на проведение диагностических исследований и публикацию данных без идентификации личности.

В исследовании принимали участие 22 пациента. Возраст пациентов варьировал от 18 до 61 года (в среднем $34,5 \pm 2,4$ лет). Было 17 (77,3%) мужчин и 5 (22,7%) женщин. Срок после позвоночно-спинномозговой травмы колебался от 1,5 года до 16 лет (в среднем – $4,2 \pm 0,8$ лет). Степень повреждения спинного мозга (по шкале ASIA – American Spinal Injury Association) была представлена: типом B (неполное повреждение: двигательные функции отсутствуют ниже уровня повреждения, но сохранены элементы чувствительности в сегментах S_4 - S_5) – 15 (68,2%) пациентов; типом C (неполное повреждение: двигательные функции сохранены ниже уровня повреждения и в большинстве контрольных групп сила менее 3 баллов) – 7 (31,8%) пациентов [20,21].

У 5 (22,7%) пациентов были выявлены последствия перелома Th_{11} , в 10 случаях (45,5%) – Th_{12} позвонка, у 7 (31,8%) пациентов – L1 позвонка.

С использованием шкал ISNCSCI (International Standards for Neurological Classification of Spinal

Cord Injury) и ASIA была проведена оценка чувствительных нарушений [20, 21]. Клинически было определено наличие гипестезии с дерматомов: Th₁₀ – в 2 случаях (9%); Th₁₁ – у 3 пациентов (13,6%); Th₁₂ – в 7 случаях (31,8%); L₁ – у 3 пациентов (13,6%); L₂ – у 2 больных (9%); L₃ – в 1 случае (4,6%); L₄ – у 2 пациентов (9%). Анестезия была выявлена с уровня L1 дерматомов в одном случае, с L₂ – у 4 больных, с L₄ – 2 пациентов, с L₅ – 2 пациента.

Температурно-болевая чувствительность исследовалась с помощью электрического эстеziометра (термистор фирмы “EPCOS Inc.”, Германия). Производили определение температуры кожи, порога тепловой чувствительности и порога болевой чувствительности (в градусах) в области дерматомов Th₁₀–S₂ на правой и левой стороне. Контрольную группу составили 13 обследуемых в возрасте от 25 до 40 лет (8 мужчин и 5 женщин), у которых отсутствовали клинические признаки неврологического дефицита, травмы и хирургических вмешательств на позвоночнике, спинном мозге, нижних конечностях.

У обследованных пациентов в анамнезе было хирургическое лечение (декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства). Больные получали неоднократные курсы лечебно-реабилитационных мероприятий.

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 был использован непараметрический принцип статистической обработки. Критический уровень значимости при проверке статистических результатов принимался равным 0,05.

Результаты исследования

Оценка температурно-болевой чувствительности определила наличие гипестезии тепловой и болевой чувствительности, гиперестезии болевой чувствительности, термоанестезии и термоаналгезии. При анализе показателей температурно-болевой чувствительности пациенты были распределены в зависимости от типа повреждения спинного мозга (по шкале ASIA) на 2 группы: 1 группа – пациенты с типом В (15 человек); 2 группа – тип С (7 пациентов). Данные две группы значительно не различались по возрасту, давности травмы, гендерному составу, уровню повреждения позвоночника (табл. 1).

В первой группе (тип В), температурно-болевая чувствительность прослежена с Th₁₀ по S₁ дерматомов справа и слева. В дерматоме Th₁₀ в 88% случаев тепловая чувствительность была в норме, болевая чувствительность в 63% (табл. 2). В 12% случаев определялась термоанестезия, в 37% гиперестезия болевой чувствительности. В дерматомов Th₁₁ и Th₁₂ наблюдаются однотипные изменения тепловой чувствительности: в 36-38 % - норма; 4-7% – гипестезия; 57-58% – термоанестезия. Негативные изменения болевой чувствительности выражены в большей степени в дерматоме Th₁₂: нормальные пороги регистрируются только в 13% случаев; гипестезия – 53%; появляется термоаналгезия – 17%. В дерматоме L₁ наблюдаются изменения тепловой чувствительности такие же, как и в дерматомов Th₁₁ и Th₁₂. Однако ухудшение болевой чувствительности было более значительно: доля термоаналгезии увеличилась до 43%.

В дерматоме L₂ значительно снижается количество случаев с нормальными порогоми тепловой и болевой чувствительности до 13 и 7% соответственно. Значительно увеличивались доли термоанестезии (до 77%) и термоаналгезии (до 50%).

В дерматоме L₃ изменения тепловой чувствительности были в тех же пропорциях, что и в области дерматомов L₂. Однако болевая чувствительность уже не имела нормальных порогов и была представлена гипестезией (27%) и термоаналгезией (73%).

С уровня L₄ дерматомов и более дистально тепловая чувствительность представлена в виде гипестезии (в 3–10% случаев) и термоанестезии (90-97%). Болевая чувствительность отсутствовала в 80–90% случаев, в 10–20% наблюдались повышенные пороги (табл. 2). Такой характер изменений температурно-болевой чувствительности может быть обусловлен локализацией повреждения (в 80% случаев травма на уровне Th₁₂-L₁ позвонков). Величины порогов температурно-болевой чувствительности в дерматоме Th₁₀ в пределах нормы (табл. 3).

Таблица 1
Клинико-демографическая характеристика обследуемых пациентов
Table 1
Clinical and demographic characteristics of the examined patients

Показатели	Тип повреждения спинного мозга (по шкале ASIA)	
	B	C
Количество	15	7
Возраст (годы)	34,0±1,9	35,6±6,1
Давность травмы (годы)	4,3±1,0	4,2±1,3
Пол	Мужчины – 13 (86,7%) Женщины – 2 (13,3%)	Мужчины – 4 (57%) Женщины – 3 (42,8%)
Уровень повреждения позвоночника	Th11 позвонок – 3 Th12 позвонок – 7 L1 позвонок – 5	Th11 позвонок – 2 Th12 позвонок – 2 L1 позвонок – 2
Двигательные нарушения	Нижняя парапарезия – 10 (66,7%) Нижний парапарез – 5 (33,3%)	Нижняя парапарезия – 1 (14,3%) Нижний парапарез – 6 (85,7%)
Чувствительные нарушения	Гипестезия: C Th10- 2; Th11-3; Th12 -2; L1-3; L2- 2; L4-1. Анестезия: C L1-1; L2 – 4; L4 -2; L5 -1.	Гипестезия: C Th12 -5; L4-1; L3-1. Анестезия: L5 -1.

Таблица 2
Нарушения температурно-болевого чувствительности (в %) у пациентов с отдаленными последствиями травмы грудно-поясничного отдела позвоночника с частичным повреждением спинного мозга (тип B по шкале ASIA) n=15 (226 дерматомов)
Table 2

Temperature and pain sensitivity disorders (in %) in patients with long-term consequences of trauma of the thoracolumbar spine with partial spinal cord injury (type B according to the ASIA scale) n=15

Дерматомы	Тепловая чувствительность			Болевая чувствительность			
	Порог в норме (%)	Гипестезия (%)	Термоанестезия (%)	Порог в норме (%)	Гипестезия (%)	Гиперестезия (%)	Термоаналгезия (%)
Th10 (n=8)	88	0	12	63	0	37	0
Th11 (n=14)	36	7	57	22	64	14	0
Th12 (n=24)	38	4	58	13	53	17	17
L1 (n=30)	33	10	57	17	27	13	43
L2 (n=30)	13	10	77	7	40	3	50
L3 (n=30)	10	13	77	0	27	0	73
L4 (n=30)	0	7	93	0	20	0	80
L5 (n=30)	0	10	90	0	10	0	90
S1 (n=30)	0	3	97	0	13	0	87
M±m	24,2±9,6	7,1±1,4	68,7±8,8	13,6±6,8	28,2±7,0	9,3±4,2	48,9±12,1

В более дистально расположенных дерматомах порог болевой чувствительности был выше нормы на 1,4-8,0 градусов ($p < 0,05$). Пороги тепловой чувствительности в дерматомах Th₁₀-L₂ достоверно не отличались от уровня нормы ($p > 0,05$). В дерматомах L₃-S₁ пороги тепла были больше нормы на 2-8 градусов ($p < 0,05$) (табл. 3).

Во второй группе пациентов (тип C) температурно-болевого чувствительности была исследована в дерматомах с Th₁₂ по S₂ справа и слева. В отличие от первой группы, у этих обследуемых пациентов компенсаторные явления в сенсорной системе температурно-болевого чувствительности выражены в большей степени. Так в дерматоме Th₁₂ в 88% случаев наблюдались нормальные пороги тепловой и болевой чувствительности (табл. 4).

Таблица 3

Показатели температурно-болевого чувствительности (градусы) у пациентов с отдаленными последствиями травмы грудно-поясничного отдела позвоночника с частичным повреждением спинного мозга (тип В по шкале ASIA) (M±m)

Table 3

Temperature and pain sensitivity (degrees) in patients with long-term consequences of trauma of the thoracolumbar spine with partial spinal cord injury (type B according to the ASIA scale) (M±m)

Дерматомы	Контрольная группа (n=13, 234 дерматомов)			Обследуемые пациенты (n=15, 226 дерматомов)		
	Токожи	ПТЧ	ПБЧ	Токожи	ПТЧ	ПБЧ
Th10	33,8±0,1	34,7±0,9	41,2±0,4	33,5±0,2	33,0±1,0 n=7 p=0,31	40,0±0,3 n=8
Th11	33,6±0,2	35,0±0,6	42,0±0,5	33,8±0,2	34,3±1,2 n=6 p=0,419	44,0±1,0* n=14 p=0,001
Th12	33,5±0,1	35,0±0,4	41,5±1,6	34,0±0,2	34,2±2,0 n=10 p=0,32	45,0±1,2* n=20 p=0,001
L1	34,0±0,2	34,5±0,7	42,0±0,4	34,1±0,2	36,3±1,4 n=13 p=0,074	43,4±1,2* n=17 p=0,027
L2	32,8±0,3	34,8±0,3	42,2±0,2	33,3±0,2	36,3±1,8 n=7 p=0,38	45,2±1,1* n=15 p=6,9E-05
L3	32,8±0,1	34,5±0,1	41,5±0,5	31,6±1,4	42,3±2,8* n=7 p=0,005	48,1±1,0* n=8 p=1,3E-11
L4	32,5±0,3	34,5±0,1	41,6±0,2	32,7±0,3	45,1 n=2	50,0±0,6* n=6 p=0,0002
L5	31,3±0,3	33,8±0,3	41,7±0,1	32,7±0,4	46,7±3,3 n=3	50,0±0,6 n=3
S1	30,1±0,3	33,5±0,7	41,4±0,8	31,8±0,5	44,0 n=1	48,0±2,1 n=4

Примечание: * – достоверность отличия показателей от уровня нормы, p<0,05. ПТЧ – порог тепловой чувствительности, ПБЧ – порог болевой чувствительности.

Таблица 4

Нарушения температурно-болевого чувствительности (в %) у пациентов с отдаленными последствиями травмы грудно-поясничного отдела позвоночника с частичным повреждением спинного мозга (тип С по шкале ASIA) n=7 (106 дерматомов)

Table 4

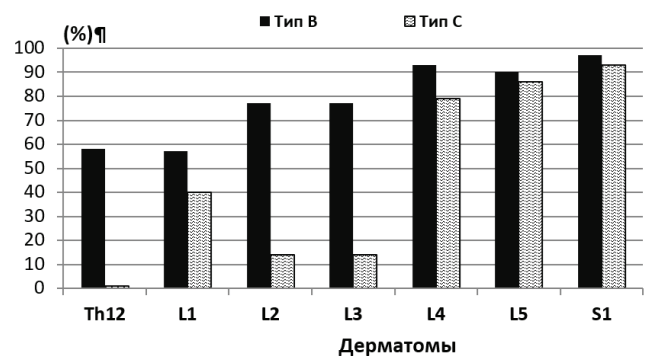
Temperature and pain sensitivity disorders (in %) in patients with long-term consequences of trauma of the thoracolumbar spine with partial spinal cord injury (type C according to the ASIA scale) n=7

Дерматомы	Тепловая чувствительность			Болевая чувствительность			
	Порог в норме (%)	Гипе-стезия (%)	Термо-анестезия (%)	Порог в норме (%)	Гипе-стезия (%)	Гиперестезия (%)	Термо-аналгезия (%)
Th12 (n=8)	88	12	0	88	0	12	0
L1 (n=14)	50	7	43	36	21	43	0
L2 (n=14)	57	29	14	50	36	7	7
L3 (n=14)	57	13	14	36	43	14	7
L4 (n=14)	7	14	79	0	71	0	29
L5 (n=14)	0	14	86	0	57	0	43
S1 (n=14)	0	7	93	0	36	0	64
S2(n=14)	0	40	60	20	50	0	30
M±m	32,4±12,2 p=0,064	17,0±4,1* p=0,037	48,6±12,8* p=0,033	28,8±10,9* p=0,036	39,3±7,7 p=0,12	9,5±5,2 p=0,22	22,5±8,2* p=0,004

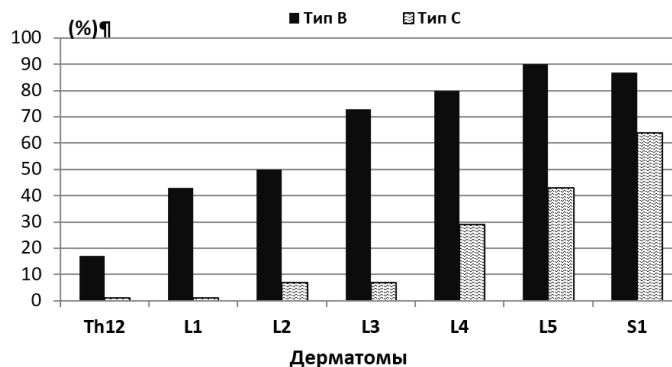
Примечание: * – достоверность отличия от значений в группе пациентов с типом В (по шкале ASIA) в области дерматомов Th₁₂-S₂.

Значительные негативные изменения регистрировались только с уровня дерматома L₄, где термоанестезия (79%) и термоаналгезия (29%) сочетались с гипестезией тепла (14%) и боли (71%). В дерматомах L₅-S₂ доля термоаналгезии была меньше (30-64%), чем в первой группе пациентов (87-90%) (рис. 1). Так же как и в первой группе пациентов, локализация повреждения в 72% случаев располагалась на уровне Th₁₂-L₁ позвонков).

Следует заметить, что в модальности болевой чувствительности компенсаторные процессы выражены в большей степени в группе пациентов с типом С (рис. 1б). Состояние же тепловой чувствительности в дерматомах L₄-S₁ почти равнозначно в группах 1 и 2 (тип В и С) (рис. 1а).



а



б

Рис. 1. Распределение по различным дерматомам термоанестезии (а) и термоаналгезии (б) у пациентов с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в грудно-поясничном отделе позвоночника с неполным повреждением спинного мозга (тип В и С по шкале ASIA).

Fig. 1. Distribution in various dermatomes of thermal anesthesia (a) and thermal analgesia (b) in patients with long-term consequences of spinal cord injury in the thoracolumbar spine with incomplete spinal cord injury (type B and C according to the ASIA scale).

У пациентов второй группы (тип С) величины порогов сохраненной тепловой чувствительности в дерматомах Th₁₂-L₂ достоверно не отличались от показателей контрольной группы. В области дерматомов L₃-S₂ пороги тепла были выше нормы на 3-9 градусов (табл. 5). Величины порогов болевой чувствительности в дерматомах Th₁₂-L₃ не имели статистически значимых отличий от показателей контрольной группы (табл. 5). С уровня дерматома L₄ и дистально регистрируются повышенные пороги болевой чувствительности (на 3-5 градусов, p<0,05) (табл. 5).

При проведении сравнительного анализа распределения нарушений температурно-болевой чувствительности в дерматомах Th12-S2 в группах пациентов с типом В и С были определены достоверные отличия. В группе пациентов с типом С в сравнениях с показателями больных с типом В наблюдалось уменьшение количество случаев термоанестезии (на 38%, p=0,033) и термоаналгезии (на 64,3%, p=0,004), увеличение доли дерматомов с нормальными порогоми болевой чувствительности (в 4 раза, p=0,036) и с гипестезией тепловой чувствительности (на 52%, p=0,037).

Сопоставление уровня гипестезии болевой чувствительности, определяемого клинически по шкалам ISNCSCI и ASIA (механическая болевая чувствительность) и инструментально (болевая

чувствительность от горячего) показало наличие небольшого расхождения - $1,4 \pm 0,3$ дерматома (от 0 до 4 дерматома, $n=20$). Уровень анестезии незначительно отличался. Расхождение составляло в среднем $0,45 \pm 0,08$ дерматома (от 0 до 1 дерматома, $n=9$). Это может быть связано с тем, что на уровне грудно-поясничного отдела в ограниченном пространстве расположены различные структуры спинного мозга: спиной мозг, конус, спинномозговые корешки [10]. Травматизация этого переходного отдела позвоночника приводит к обширному повреждению невральных структур и значительному нарушению чувствительности разных модальностей.

Таблица 5

Показатели температурно-болевого чувствительности (градусы) у пациентов с отдаленными последствиями травмы грудно-поясничного отдела позвоночника с частичным повреждением спинного мозга (тип С по шкале ASIA) ($M \pm m$)

Table 5

Temperature and pain sensitivity (degrees) in patients with long-term consequences of trauma of the thoracolumbar spine with partial spinal cord injury (type C according to the ASIA scale) ($M \pm m$)

Дерматомы	Контрольная группа ($n=13$, 234 дерматома)			Обследуемые пациенты ($n=7$, 106 дерматомов)		
	Токожи	ПТЧ	ПБЧ	Токожи	ПТЧ	ПБЧ
Th12	$33,5 \pm 0,1$	$35,0 \pm 0,4$	$41,5 \pm 1,6$	$33,4 \pm 0,3$	$34,1 \pm 1,0$ $n=8$ $p=0,419$	$40,4 \pm 0,4$ $n=8$
L1	$34,0 \pm 0,2$	$34,5 \pm 0,7$	$42,0 \pm 0,4$	$33,3 \pm 0,3$	$33,0 \pm 1,3$ $n=8$ $p=0,098$	$40,5 \pm 0,5$ $n=14$
L2	$32,8 \pm 0,3$	$34,8 \pm 0,3$	$42,2 \pm 0,2$	$32,6 \pm 0,2$	$35,8 \pm 1,5$ $n=12$ $p=0,138$	$42,1 \pm 0,6$ $n=13$ $p=0,058$
L3	$32,8 \pm 0,1$	$34,5 \pm 0,1$	$41,5 \pm 0,5$	$32,1 \pm 0,3$	$37,9 \pm 1,7^*$ $n=11$ $p=0,013$	$43,0 \pm 1,3$ $n=13$ $p=0,074$
L4	$32,5 \pm 0,3$	$34,5 \pm 0,1$	$41,6 \pm 0,2$	$32,1 \pm 0,4$	$40,3 \pm 4,4$ $n=3$	$45,2 \pm 0,7^*$ $n=10$ $p=9,9E-09$
L5	$31,3 \pm 0,3$	$33,8 \pm 0,3$	$41,7 \pm 0,1$	$32,2 \pm 0,3$	$44,5$ $n=2$	$47,4 \pm 0,9^*$ $n=8$ $p=3,7E-05$
S1	$30,1 \pm 0,3$	$33,5 \pm 0,7$	$41,4 \pm 0,8$	$31,6 \pm 0,3$	46 $n=1$	$45,8 \pm 1,2^*$ $n=5$ $p=0,0006$
S2	$32,7 \pm 0,2$	$34,5 \pm 0,1$	$41,6 \pm 0,3$	$32,5 \pm 0,2$	$37,5 \pm 1,2$ $n=4$	$45,0 \pm 1,6^*$ $n=7$ $p=0,0002$

Примечание: * — достоверность отличия показателей от уровня нормы, $p < 0,05$. ПТЧ — порог тепловой чувствительности, ПБЧ — порог болевой чувствительности.

Обсуждение результатов

При травме грудно-поясничного отдела позвоночника задние столбы спинного мозга являются особенно уязвимыми [17]. Чувствительные нарушения могут быть представлены в виде гипестезии, гиперестезии, потери сенсорной функции, боли [16].

В отдаленном периоде после травмы формируется комплекс пластических изменений нервной системы адаптивного и дезадаптивного характера на различных структурных уровнях, что может приводить к разнонаправленным сдвигам в состоянии чувствительной сферы [22, 23].

Нейропластичность определяется как способность нервных элементов к перестройке функциональных свойств под влиянием длительных внешних воздействий или при очаговых повреждениях нервной ткани [24]. Принято считать, что посттравматическая нейропластичность выполняет компенсаторную (восстановительную) функцию [23]. Однако функциональное значение нейропластичности после травматического повреждения спинного мозга по-прежнему остается неопределенными. В некоторых ситуациях изменения пластичности могут привести к функциональному улучшению, а в других случаях они могут иметь негативный результат [25].

Особенностью грудно-поясничного отдела позвоночника является расположение различных анатомических и функциональных структур: спинной мозг, конус, спинно-мозговые корешки [10]. При повреждении этого отдела позвоночника травмирующие факторы могут привести к обширному повреждению спинного мозга и его структур, усложняя неврологические паттерны поражения [11]. Кроме того, известно, что медуллярный конус имеет переменную локализацию между уровнями позвонков Th₁₂ и L₂ и при его травматическом повреждении неврологический дефицит может быть различен [12].

Несмотря на большое количество сообщений о результатах лечения травм грудно-поясничного отдела позвоночника, немногие исследования объективно оценивали повреждения спинного мозга [4, 13, 14].

По данным S.J. Liu et al. (2019) при неполном повреждении спинного мозга (эпиконуса) наблюдалась атипичная неврологическая картина с нарушением сенсорной, двигательной, мочевыделительной функций со значительной вариабельностью и неопределенностью [14].

Анализ чувствительных нарушений (с использованием шкал ISNCSCI и ASIA) является неточным, поскольку не позволяет выявить субклинические нарушения и не может точно оценить результаты различных способов реабилитации [16, 26]. Анализ тепловой и болевой чувствительности (от горячего), а также проприорецепции являются важными диагностическими маркерами адаптивных функций нервной системы. Отсутствие их оценки влияет на надежность и валидность шкал [27, 28].

Ряд авторов неоднократно высказывали мнение о необходимости применения термического и проприоцептивного сенсорного тестирования при обследовании данной категории пациентов [16, 19, 21].

Объективные инструментальные исследования сенсорных нарушений у больных с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы с частичным повреждением спинного мозга представлены в редких сообщениях [16, 18, 19]. В большинстве публикаций нет четкого распределения по уровню повреждения (шейный, грудной, грудопоясничной) [16, 18, 19], типу повреждения спинного мозга (B, C, D) [18, 19, 29].

В нашей работе было проведено исследование показателей температурно-болевой чувствительности в дерматомах Th₁₀-S₂ у 22 пациентов с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы грудно-поясничного отдела (Th₁₁-L₁ позвонки) с частичным повреждением спинного мозга. Обследуемые были распределены на 2 группы, в зависимости от типа повреждения спинного мозга (тип B и C). Данные две группы не различались по возрасту, давности травмы, гендерному составу, уровню повреждения.

В этих двух группах определялись чувствительные нарушения: гипестезия тепловой и болевой чувствительности; гиперестезия болевой чувствительности; термоанестезия; термоаналгезия. Однако степень и уровень нарушения различаются.

В группе пациентов с типом B значительные нарушения температурно-болевой чувствительности определяются в дерматоме L1 (термоанестезия – 77%, термоаналгезия – 43%). В более дистально расположенных дерматомах эти нарушения значительно усиливаются и достигают максимальных изменений в области дерматомов L₅-S₁ (87-97%).

У обследуемых с типом C выраженные изменения регистрируются гораздо ниже, с уровня L₄ дерматомы (термоанестезия – 79%, термоаналгезия – 29%) и в дерматомах L₅-S₁ достигают максимума (термоанестезия – 86-93%, термоаналгезия – 43-64% соответственно) с большей степенью сохранности болевой чувствительности, чем у пациентов с типом B.

Потеря чувствительности дистальной зоны нормального уровня, определяемого инструментально и клинически, было выявлено и другими исследователями [16, 19, 28]. Данный факт можно объяснить дезадаптивной пластичностью, которая включает изменения функции нейронов ниже уровня поражения [25]. Нейрональные цепи спинного мозга, лишённые надспинального возбуждения, развивают нейрональную дисфункцию, которая проявляется в потере потенциалов действия ниже и удаленных от уровня поражения [30].

Повышение порогов температурной чувствительности может быть обусловлено топографией повреждения – локализацией на уровне перекреста афферентных импульсов от терморепцепторов к латеральному спиноталамическому тракту [16].

Повреждение грудно-поясничного отдела позвоночника (Th₁₂-L₁ позвонки) характеризуется травматизацией спинного мозга, конуса, эпиконуса и спинно-мозговых корешков. Отдаленные последствия повреждений с развитием рубцово-спаечного процесса, формированием фиброзного рубца могут способствовать снижению и потере функции спинного мозга и его структур и вследствие этого нарушению температурно-болевой чувствительности.

Заключение

У пациентов с отдаленными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в грудно-поясничном отделе позвоночника с неполным повреждением спинного мозга тип В/С (по шкале ASIA) регистрировалось наличие гипестезии тепловой и болевой чувствительности, гиперестезии болевой чувствительности, термоанестезии и термоаналгезии. Однако степень и уровень нарушения различаются в зависимости от типа поражения. В группе пациентов с типом В значительные нарушения температурно-болевой чувствительности определяются с дерматома L₁, у пациентов с типом С – с L₄ дерматома. В группе пациентов с типом С в сравнении с показателями больных с типом В наблюдалось уменьшение случаев термоанестезии и термоаналгезии, увеличение доли дерматомов с нормальными порогоми болевой чувствительности и с гипестезией тепловой чувствительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wood K, Li W., Lebl D., Ploumis A. Management of thoracolumbar spine fractures. Spine J. 2014; 14(1):145-164. doi: 10.1016/j.spinee.2012.10.041.
2. Resnick D., Weller S., Benzel E. Biomechanics of the thoracolumbar spine. Neurosurg Clin N Am. 1997;8(4):455-469.
3. Шульга А.Е., Зарецков В.В., Островский В.В., Бажанов С.П., Лихачев С.В., Смолькин А.А. Особенности сагитального баланса пациентов при посттравматических деформациях грудного и поясничного отделов позвоночника. Гений ортопедии. 2021; 27(6):709-716. doi:10.18019/1028-4427-2021-27-6-709-716
4. Reinhold M., Knop C., Beisse R., Audigé L., Kandziora F., Pizanis A., et al. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Pranzl+R&cauthor_id=20499114 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. Eur Spine J. 2010;19(10):1657-1676. doi: 10.1007/s00586-010-1451-5).
5. Spiegl U, Fischer K, Schmidt J, Schnoor J, Delank S, Josten C, et al. The Conservative Treatment of Traumatic Thoracolumbar Vertebral Fractures. DtschArztebl Int. 2018;115(42):697-704. doi: 10.3238/arztebl.2018.0697.
6. Mirzaeva L, Gilhus N, Lobzin S, Rekand T. et al. Incidence of adult traumatic spinal cord injury in Saint Petersburg, Russia. Spinal Cord. 2019;57(8): 692–699. doi:10.1038/s41393-019-0266-4
7. Odle T.G. Computed Tomography of Thoracolumbar Spine Trauma. Radiol Technol. 2017; 88(3): 299-319.
8. Kumar R, Lim J, Mekary R, Rattani A, Dewan M, Sharif S, et al. Traumatic spinal injury: global epidemiology and worldwide volume. World Neurosurg. 2018;113: 345–363. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.033>
9. Waddell W, Gupta R, Stephens B. Thoracolumbar Spine Trauma. OrthopClin North Am. 2021;52(4): 481-489. doi: 10.1016/j.ocl.2021.05.014.
10. Jazayeri SB, Beygi S, Shokraneh F, Hagen EM, Rahimi-Movaghar V. Incidence of traumatic spinal cord injury world wide: a systematic review. Eur Spine J. 2015; 24(5):905–918. doi: 10.1007/s00586-014-3424-6.
11. Dvorak M, Noonan V, Fallah N, Fisher C, Rivers C, Ahn H, et al. Minimizing errors in acute traumatic spinal cord injury trials by acknowledging the heterogeneity of spinal cord anatomy and injury severity: an observational Canadian cohort analysis. J Neurotrauma. 2014; 31(18) :1540–1547. doi: 10.1089/neu.2013.3278
12. Hegney DG, Buikstra E, Baker P, Rogers-Clark C, Pearce S, Ross H, et al. Individual resilience in rural people: a Queensland study, Australia. Rural Remote Health. 2007;7:620.

13. Dodwad SN, Dodwad SJ, Wisneski R, Khan SN. 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. *J Spinal Disord Tech.* 2015;28 (7):410–416.
14. Liu S, Wang Q, Tang H, Bai JZ, Wang FY, Lv Z, et al. Heterogeneity among traumatic spinal cord injuries at the thoracolumbar junction: helping select patients for clinical trials *Spinal Cord.* 2019; 57(11): 972-978. doi: 10.1038/s41393-019-0317-x
15. Лихачев С.В., Зарецков В.В., Арсениевич В.Б., Островский В.В., Шульга А.Е., Зарецков А.В. Результаты применения промежуточных транспедикулярных винтов при повреждениях переходного груднопоясничного отдела позвоночника. *Гений ортопедии.* 2020; 26(4): 548-554. doi:10.18019/1028-4427-2020-26-4-548-554
16. Nicotra A, Ellaway P. Thermal perception thresholds: Assessing the level of human spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2006; 44(10):617-624. doi.org/10.1038/sj.sc.3101877
17. Ozdemir RA, Perez MA. Afferent input and sensory function after human spinal cord injury. *J Neurophysiol.* 2018;119(1):134-144. doi.org/10.1152/jn.00354.2017
18. Krassioukov A, Wolfe D, Hsieh J, Hayes K, Durham C. Quantitative sensory testing in patients with incomplete spinal cord injury. *ArchPhysMedRehabil.* 1999; 80(10): 1258–1263. doi.org/10.1016/s0003-9993(99)90026-6.
19. Savic G, Bergström EMK, Davey NJ, Ellaway PH, Frankel HL, et al. Quantitative sensory tests (perceptual thresholds) in patients with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev.* 2007; 44(1): 77-82. doi.org/10.1682/jrrd.2005.08.0137
20. Ditunno J, Young W, Donovan W, Creasey G. The international standards booklet for neurological and functional classification of spinal cord injury. *Spinal Cord.* 1994; 32(2):70-80.
21. Kirshblum S, Snider B, Eren F, Guest J. Characterizing Natural Recovery after Traumatic Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma.* 2021; 38(9): 1267-1284. doi.org/10.1089/neu.2020.7473
22. Ahuja CS, Nori S, Tetreault L, Wilson J, Kwon B, Harrop J, Choi D, Fehlings M G, Traumatic Spinal Cord Injury - Repair and Regeneration. *Neurosurgery.* 2017;80(3):9–22. doi.org/10.1093/neuros/nyw080
23. Ong B, Wilson J, Henzel M. Management of the patient with chronic spinal cord injury. *Med Clin North Am.* 2020;104(2):263-278. doi.org/10.1016/j.mcna.2019.10.006.
24. Газенко, О.Г. Словарь физиологических терминов / Под ред. О. Г. Газенко. – М.: «Наука»; 1987. – С. 280.
25. Dietz V, Fouad K. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury. *Brain.* 2014; 137(3): 654–667. doi.org/10.1093/brain/awt262
26. Kramer J, Taylor P, Steeves J, Curt A. Dermatomal somatosensory evoked potentials and electrical perception thresholds during recovery from cervical spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair.* 2010; 24(4): 309-317. doi.org/10.1177/1545968309348312.
27. Walsh L, Moseley G, Taylor J, Gandevia S. Proprioceptive signals contribute to the sense of body ownership. *J Physiol.* 2011; 589(12):3009-3021. doi.org/10.1113/jphysiol.2011.204941.
28. Hales M, Biros E, Reznik JE. Reliability and Validity of the Sensory Component of the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI): A Systematic Review. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* Summer 2015; 21(3):241-249. doi: 10.1310/sci2103-241.
29. Macklin R, Brooke V, Calabro F, Ellaway P, Perez M. Discrepancies between clinical assessments of sensory function and electrical perceptual thresholds after incomplete chronic cervical spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2016;54(1):16-23. doi.org/10.1038/sc.2015.104
30. Lin C, Macefield V, Elam M, Wallin B, Engel S, Kiernan M. Axonal changes in spinal cord injured patients distal to the site of injury. *Brain.* 2007; 130(4): 985–994. doi.org/10.1093/brain/awl339

Авторы

Щурова Елена Николаевна

Доктор биологических наук

Ведущий научный сотрудник научной лаборатории Клиники патологии позвоночника и редких заболеваний

elena.shurova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0816-1004>

Качесова Анастасия Анатольевна

Аспирант

Врач-невролог

k-an-an@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9065-7388>

Прудникова Оксана Германовна

Доктор медицинских наук, нейрохирург, травматолог-ортопед

Старший научный сотрудник, заведующая травматолого-ортопедическим отделением №10 клиники патологии позвоночника и редких заболеваний

pog6070@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1432-1377>

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Курган, Российская Федерация

E.N. Shchurova, A.A. Kachesova, O.G. Prudnikova

ASSESSMENT OF THERMAL PAIN SENSITIVITY VALUES IN PATIENTS WITH CONSEQUENCES OF THORACOLUMBAR SPINE INJURY

Federal State Budgetary Institution National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics of the RF Ministry of Health, Kurgan, Russian Federation

Abstract. Studying the sensitive sphere is not unimportant in determining the degree of injuring the spinal cord and its structures, the nervous system plasticity, and the processes of recovering after injury. However, little attention has been paid in the literature to the instrumental assessment of sensitivity in patients with the consequences of the thoracolumbar spine injury.

Purpose of the Work. To study the features of the state of thermal pain sensitivity in patients with long-term consequences of the thoracolumbar spine injury with partial damage to the spinal cord and its structures (type B and C according to ASIA scale). **Material and Methods.** A total of 22 patients with long-term consequences of the spinal cord injury in the thoracolumbar spine (type B and C, ASIA) was examined. Clinical analysis of sensory disorders was carried out according to ISNCSCI and ASIA scales. An electric esthesiometer was used to study thermal pain sensitivity in Th₁₀-S₂ dermatomes on the right and left. **Results.** Regardless of the type of injuries (B/C), the similar disorders were determined: hypoesthesia of thermal pain sensitivity; hyperesthesia of pain sensitivity; thermanesthesia; thermanalgesia. However, the degree and level of disordering varied. In the group of patients with type B, significant changes in thermal pain sensitivity were recorded from L1 dermatome, in patients with type C – from L4. In the group of patients with type C, in comparison with the values of patients with type B, there was a decrease in the number of cases of thermanesthesia (by 38%, p=0.033) and thermanalgesia (by 64.3%, p=0.004), an increase in the proportion of dermatomes with normal pain sensitivity thresholds (by 443%, p =0.036) and with hypoesthesia of thermal sensitivity (by 52%, p=0.037). **Conclusion.** In patients with long-term consequences of the thoracolumbar spine injury the level of significant disorders of thermal pain sensitivity depends on the degree of traumatization of the spinal cord. In the group of patients with type B, significant changes in temperature and pain sensitivity are recorded from the dermatome L₁, in patients with type C - from L₄.

Keywords: spinal cord injury, thoracolumbar spine, far period, sensory disorders, thermal pain sensitivity

There is no conflict of interest.

Contact details of the corresponding author:

Elena N. Shchurova

elena.shurova@mail.ru

Received 05.04.2022г

For citation:

Shchurova E.N., Kachesova A.A., Prudnikova O.G. Assessment of thermal pain sensitivity values in patients with consequences of thoracolumbar spine injury. [Online] Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2023, Vol. 20, no. 1-2, pp. 17–30. DOI: 10.22138/2500-0918-2023-20-1-17-30 (In Russ)

REFERENCES

1. Wood K, Li W., Lebl D, Ploumis A. Management of thoracolumbar spine fractures. *Spine J.* 2014; 14(1):145-164. doi: 10.1016/j.spinee.2012.10.041.
2. Resnick D, Weller S, Benzel E. Biomechanics of the thoracolumbar spine. *Neurosurg Clin N Am.* 1997;8(4): 455-469.
3. Shulga 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; 27(6): 709-716. doi:10.18019/1028-4427-2021-27-6-709-716. (In Russ).
4. Reinhold M, Knop C, Beisse R, Audigé L, Kandziora F, Pizanis A, et al. 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. *Eur Spine J.* 2010;19(10):1657-1676. doi: 10.1007/s00586-010-1451-5).
5. Spiegl U, Fischer K, Schmidt J, Schnoor J, Delank S, Josten C, et al. The Conservative Treatment of Traumatic Thoracolumbar Vertebral Fractures. *Dtsch Arztebl Int.* 2018; 115(42): 697-704. doi: 10.3238/arztebl.2018.0697.
6. Mirzaeva L, Gilhus, N, Lobzin S, Rekand T. et al. Incidence of adult traumatic spinal cord injury in Saint Petersburg, Russia. *Spinal Cord.* 2019;57(8): 692–699. doi:10.1038/s41393-019-0266-4
7. Odle T.G. Computed Tomography of Thoracolumbar Spine Trauma. *Radiol Technol.* 2017; 88(3): 299-319.
8. Kumar R, Lim J, Mekary R, Rattani A, Dewan M, Sharif S, et al. Traumatic spinal injury: global epidemiology and worldwide volume. *World Neurosurg.* 2018;113: 345–363. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.033>
9. Waddell W, Gupta R, Stephens B. Thoracolumbar Spine Trauma. *Orthop Clin North Am.* 2021;52(4): 481-489. doi: 10.1016/j.ocl.2021.05.014.
10. Jazayeri SB, Beygi S, Shokraneh F, Hagen EM, Rahimi-Movaghar V. Incidence of traumatic spinal cord injury world wide: a systematic review. *Eur Spine J.* 2015; 24(5):905–918. doi: 10.1007/s00586-014-3424-6.
11. Dvorak M, Noonan V, Fallah N, Fisher C, Rivers C, Ahn H, et al. Minimizing errors in acute traumatic spinal cord injury trials by acknowledging the heterogeneity of spinal cord anatomy and injury severity: an observational Canadian cohort analysis. *J Neurotrauma.* 2014; 31(18) :1540–1547. doi: 10.1089/neu.2013.3278
12. Hegney DG, Buikstra E, Baker P, Rogers-Clark C, Pearce S, Ross H, et al. Individual resilience in rural people: a Queensland study, Australia. *Rural Remote Health.* 2007; 7:620.
13. Dodwad SN, Dodwad SJ, Wisneski R, Khan SN. 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. *J Spinal Disord Tech.* 2015;28 (7):410–416.
14. Liu S, Wang Q, Tang H, Bai JZ, Wang FY, Lv Z, et al. Heterogeneity among traumatic spinal cord injuries at the thoracolumbar junction: helping select patients for clinical trials *Spinal Cord.* 2019; 57(11): 972-978. doi: 10.1038/s41393-019-0317-x

15. 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. (In Russ).
16. Nicotra A, Ellaway P. Thermal perception thresholds: Assessing the level of human spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2006; 44(10):617-624. doi.org/10.1038/sj.sc.3101877
17. Ozdemir RA, Perez MA. Afferent input and sensory function after human spinal cord injury. *J Neurophysiol*. 2018;119(1):134-144. doi.org/10.1152/jn.00354.2017
18. Krassioukov A, Wolfe D, Hsieh J, Hayes K, Durham C. Quantitative sensory testing in patients with incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999; 80(10): 1258–1263. doi.org/10.1016/s0003-9993(99)90026-6.
19. Savic G, Bergström EMK, Davey NJ, Ellaway PH, Frankel HL, et al. Quantitative sensory tests (perceptual thresholds) in patients with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*. 2007; 44(1): 77-82. doi.org/10.1682/jrrd.2005.08.0137
20. Ditunno J, Young W, Donovan W, Creasey G. The international standards booklet for neurological and functional classification of spinal cord injury. *Spinal Cord*. 1994; 32(2):70-80.
21. Kirshblum S, Snider B, Eren F, Guest J. Characterizing Natural Recovery after Traumatic Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma*. 2021; 38(9): 1267-1284. doi.org/10.1089/neu.2020.7473
22. Ahuja CS, Nori S, Tetreault L, Wilson J, Kwon B, Harrop J, Choi D, Fehlings M G, Traumatic Spinal Cord Injury - Repair and Regeneration. *Neurosurgery*. 2017;80(3):9–22. doi.org/10.1093/neuros/nyw080
23. Ong B, Wilson J, Henzel M. Management of the patient with chronic spinal cord injury. *Med Clin North Am*. 2020;104(2):263-278. doi.org/10.1016/j.mcna.2019.10.006.
24. Gazenko, O.G. Slovar' fiziologicheskikh terminov / Pod red. O. G. Gazenko. – M.: «Nauka»; 1987; 280. (In Russ).
25. Dietz V, Fouad K. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury. *Brain*. 2014; 137(3): 654–667. doi.org/10.1093/brain/awt262
26. Kramer J, Taylor P, Steeves J, Curt A. Dermatomal somatosensory evoked potentials and electrical perception thresholds during recovery from cervical spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010; 24(4): 309-317. doi.org/10.1177/1545968309348312.
27. Walsh L, Moseley G, Taylor J, Gandevia S. Proprioceptive signals contribute to the sense of body ownership. *J Physiol*. 2011; 589(12):3009-3021. doi.org/10.1113/jphysiol.2011.204941.
28. Hales M, Biros E, Reznik JE. Reliability and Validity of the Sensory Component of the International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI): A Systematic Review. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. Summer 2015; 21(3):241-249. doi: 10.1310/sci2103-241.
29. Macklin R, Brooke V, Calabro F, Ellaway P, Perez M. Discrepancies between clinical assessments of sensory function and electrical perceptual thresholds after incomplete chronic cervical spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2016;54(1):16-23. Doi:10.1038/sc.2015.104
30. Lin C, Macefield V, Elam M, Wallin B, Engel S, Kiernan M. Axonal changes in spinal cord injured patients distal to the site of injury. *Brain*. 2007; 130(4): 985–994. doi.org/10.1093/brain/awl339

Authors

Elena N. Shchurova

Doctor of Biology Sciences

Leading researcher, Clinical Laboratory of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases

elena.shurova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0816-1004>

Anastasiia A. Kachesova

Postgraduate

Neurologist

k-an-an@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9065-7388>

Oksana G. 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

pog6070@gmail.com

ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-1432-1377>

Federal State Budgetary Institution National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics of the RF Ministry of Health

Kurgan, Russian Federation