

ВЛИЯНИЕ АКТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СПИННОГО МОЗГА

УДК 612.1+612.8

Бодрова Р.А.¹, Аухадеев Э.И.¹, Якупов Р.А.¹, Мишина И.Е.², Закамырдина А.Д.¹

¹Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации Минздрава России

THE EFFECT OF AN ACTIVE PHYSICAL REHABILITATION ON HEART RATE VARIABILITY IN PATIENTS WITH TRAUMATIC SPINAL CORD INJURY

Bodrova RA¹, Aukhadееv EI¹, Yakupov RA¹, Mishina IE², Zakamyrdina AD¹

¹KSMA – Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia

²FSBEI HPE «ISMA» MOH Russia

Травматическая болезнь спинного мозга (ТБСМ) в последние десятилетия является серьезнейшей медико-социальной и финансово – экономической проблемой [1; 2; 3; 4]. В мире заболеваемость и распространенность травмы спинного мозга за период с 1950 по 2012 гг. выросла более, чем в тридцать раз [5; 6]. В России она занимает третье место по частоте среди других видов травм [7]. Мужчины составляют до 75% пострадавших [8; 9; 10].

Повреждение спинного мозга приводит к множеству неврологических, ортопедических, психологических, трофических и висцеральных нарушений, причем, чем выше уровень и больше степень повреждения, тем более длительной и экономически затратной является реабилитация. У значительной части пациентов с ТБСМ, особенно с шейным и грудным уровнями поражения, развиваются вегетативные нарушения, которые приводят к существенному замедлению процессов восстановления [1; 14; 15].

Применение современных диагностических методов позволяет повысить эффективность медицинской реабилитации. ВРС является наиболее информативным неинвазивным методом количественной оценки вегетативной регуляции сердечного ритма. В оценке ВРС чаще всего используются спектральные характеристики, включающие колебания различной частоты. Спектральная мощность обычно выражается в абсолютных единицах мощности или в нормализованных единицах [11; 12; 13].

Необходимость применения метода ВРС обусловлена многочисленными клиническими исследовани-

ями, свидетельствующими о симптомах вегетативной дисфункции, частичной децентрализации вегетативной нервной системы у пациентов с ТБСМ [1; 14; 15; 16; 17; 18; 19]. Показатели состояния сердечно-сосудистой системы в остром периоде ТБСМ [20] на фоне функциональной электростимуляции и вертикализации, позволяют оценить степень ортостатической толерантности [15]. На основании данных систематического обзора рекомендуют проведение тестирования с помощью ВРС степени повреждения вегетативных центров у пациентов с неполным и полным вариантом острой спинальной травмы [21].

Метод ВРС помимо своей информативности характеризуется и такими методическими преимуществами как легкая переносимость диагностической процедуры, небольшое время обследования и высокая доступность в современных условиях [13]. Это особенно важно для организации наблюдения пациентов с ТБСМ, имеющих существенные ограничения функций мобильности и самообслуживания.

Данные ряда авторов показали, что при ТБСМ назначение манипуляций, влияющих на активность симпатического отдела ВНС, в частности, физических упражнений, приводит к достоверному изменению линейных и нелинейных показателей ВРС [22; 23]. Представляет также интерес сравнение изменений показателей ВРС и перфузии кожи в крестцовом отделе позвоночника в ответ на постуральные изменения у пациентов с повреждением спинного мозга [24]. У пациентов с травмами спинного мозга на уровне шейных и верхних грудных сегментов отме-

чаются различия в состоянии ВНС и поэтому, следует устранять дисбаланс между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС [25; 26]. При острой спинальной травме у пациентов с тетраплегией анализ баланса симпатического и парасимпатического отделов ВНС показал значительное снижение соотношения низкочастотных колебаний к высокочастотным колебаниям, существенное снижение супрасегментарных симпатических влияний [27].

Следовательно, применение данных ВРС для оценки адаптационных возможностей и эффективности медицинской реабилитации пациентов со спинальной травмой является крайне актуальным.

Материалы и методы. Всего было обследовано 173 пациента (средний возраст $32,2 \pm 10,7$ лет) с ТБСМ, из них шейный уровень повреждения имели 79 пациентов, грудной уровень повреждения – 51 пациент, поясничный уровень повреждения – 43 пациента. Пациенты наблюдались в ГАУЗ «Госпиталь для ветеранов войн» г.Казани МЗ Республики Татарстан. Пациенты с ТБСМ поступали на реабилитацию на сроках от 3 до 6 мес. после перенесенной травмы и включались в программу исследования на основании критериев отбора. Было установлено преобладание мужчин среди пациентов с ТБСМ ($p < 0,01$), соотношение женщин и мужчин – 4,5 к 1. Среди обследованных достоверно чаще встречались лица молодого и среднего возраста ($p < 0,01$).

Для изучения результатов реабилитации все пациенты с ТБСМ были случайным образом разделены на основную (91 чел.) и контрольную (82 чел.) группы, которые достоверно не отличались по полу, возрасту и уровню спинального поражения. В основной группе назначались методы активной медицинской реабилитации (АМР) пациентов с ТБСМ с биологической обратной связью (БОС) под контролем электромиографии (ЭМГ): активная лечебная гимнастика, активная механотерапия с БОС под контролем ЭМГ на комплексе «EN – TReeM» (Нидерланды), активно-пассивная электростимуляция мышц с БОС под контролем ЭМГ на аппарате «Endomed – 682id» (Нидерланды), тренировка ходьбы на телескопическом подъемнике «ТРАМ» с электронным доводчиком (Великобритания). В контрольной группе назначение реабилитационных мероприятий осуществлялось на основании общепринятых подходов (стандарт-

ная лечебная гимнастика, электростимуляция мышц верхней и нижней конечности, массаж).

Исследование вегетативных функций проводили на электрокардиографе Поли-Спектр-8/ЕХ («Нейрософт», Россия). Применяли протокол исследования по стандартам Североамериканского общества электростимуляции и электрофизиологии (1996), который предполагал регистрацию ЭКГ продолжительностью по пять минут каждая в покое и при проведении функциональной ортостатической пробы в процессе вертикализации пациента. Математическая обработка ритмограммы проводилась на основе алгоритма «быстрого преобразования Фурье» с построением спектрограммы и выделением характерных диапазонов частотных составляющих волновой структуры сердечного ритма (рис. 1):

- диапазон высоких частот (HF-компонент) 0.15-0.4 Гц характеризует действие парасимпатической составляющей на сердечный ритм;
- диапазон низких частот (LF-компонент) 0.04-0.15 Гц отражает действие симпатической составляющей на сердечный ритм;
- диапазон очень низких частот (VLF-компонент) представлен значениями менее 0.04 Гц и определяется влияниями на ритм сердца гуморально-метаболической составляющей.

Интерпретация ВРС осуществлялась на основе парадигмы о балансе функциональных регулирующих влияний ВНС – состоянии нормотонии и их дисбалансе с развитием симпатикотонии или парасимпатикотонии. Для этого использовали соотношение LF/HF (рис. 2). Если оно находилось в интервале 0,8-1,2, то диагностировали нормотонию, если в диапазоне меньше 0,8 – парасимпатикотонию и больше 1,2 – симпатикотонию.

Результаты и их обсуждение. При анализе данных ВРС было изучено соотношение баланса парасимпатических и симпатических влияний путем определения состояний нормотонии, симпатикотонии и парасимпатикотонии. Особое внимание обращалось на соотношение колебаний LF/HF, а также на мощность колебаний спектра очень низких частот VLF ($p < 0,001$), повышение удельного веса которых, характеризовало неэффективность вегетативной регуляции сердечного ритма, переход с рефлекторного уровня регуляции ритма сердца на более низкий уровень

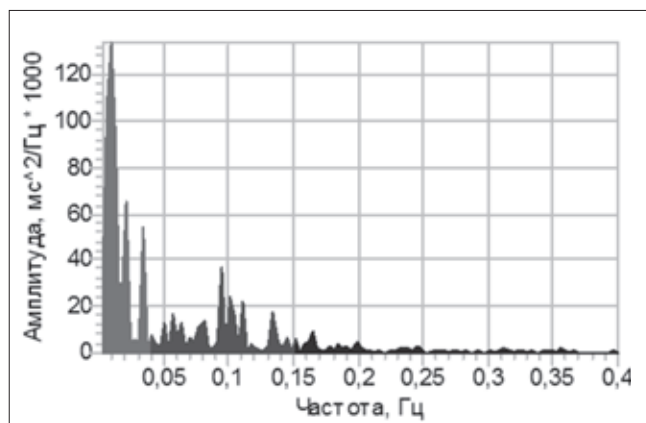


Рис. 1. Спектрограмма волновой структуры сердечного ритма по данным ВРС у пациента М., 23 года с ТБСМ в позднем периоде при шейном уровне повреждения.

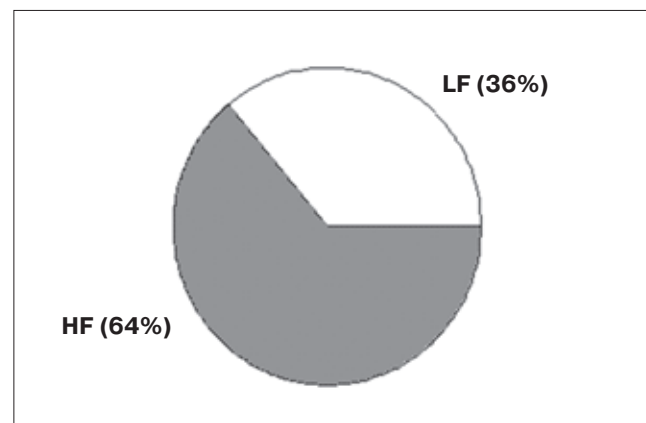


Рис. 2. Диаграмма LF/HF соотношения по данным ВРС у пациента Ч., 36 лет с ТБСМ в позднем периоде при шейном уровне повреждения.

– гуморально-метаболический и свидетельствовало о выраженной дисфункции надсегментарных вегетативных центров (табл. 1).

При анализе ВРС обращало внимание снижение общей мощности спектра TP (до 507 мс²), преобладание спектра низких LF (до 28%) и очень низких частот VLF (до 65%) у пациентов при шейном уровне повреждения, по сравнению со здоровыми лицами ($p < 0,001$). Соотношение LF/HF (0,6-3,4) наиболее было вари-

бельным при травме шейного отдела спинного мозга, что характеризовало наличие выраженной дисфункции надсегментарных вегетативных центров.

В результате проведенных исследований баланс вегетативных функций в той или иной степени был изменен у всех обследованных групп пациентов (табл. 2).

Преобладание симпатикотонии (44,5% обследованных; $p < 0,05$) или ваготонии (32,4% обследованных; $p < 0,05$) характеризовало нарушение вегетативного

Таблица 1. Результаты исследования variability сердечного ритма у пациентов с ТБСМ в позднем периоде спинальной травмы и здоровых лиц (Me, 25-75 перцентили).

Показатели	Уровень повреждения			Здоровые лица (n=31)	p
	Шейный (n=79)	Грудной (n=51)	Поясничный (n=43)		
	1	2	3		
Фооновая запись					
TP (мс ²)	842 (507–1710)	1198 (630–2276)	1447 (705–2884)	2128 (1273–3352)	$p < 0,001$
VLF (мс ²)	590 (314–1131)	651 (354–1240)	607 (298–1172)	751 (495–1263)	$p < 0,001$
LF (мс ²)	178 (143–259)	248 (118–417)	432 (206–751)	539 (317–946)	$p < 0,001$
HF (мс ²)	95 (46 - 193)	129 (52–260)	428 (247–736)	815 (439-1185)	$p < 0,001$
LF/HF	2,3 (0,6–3,4)	1,1 (0,7–2,1)	0,9 (0,8–2,1)	0,8 (0,4–1,1)	$p < 0,001$
% VLF	65 (58 –69,5)	55 (34–56)	42 (40–46)	31 (24–39)	$p_{1-4} = 0,024$
% LF	28 (15-29)	18 (8–19)	27 (23–31)	26 (19–35)	
% HF	10 (8-11)	10 (8–11)	30 (25-39)	35 (23–48)	$p_{1-4, 2-4} < 0,01$
Ортостатическая проба					
K 30/15	1,14 (0,96-1,19)	1,22 (1,17–1,26)	1,26 (1,21–1,37)	1,37 (1,29–1,61)	$p < 0,001$
TP (мс ²)	514 (286-1174)	781 (384–1273)	1176 (415–1928)	1326 (627–2946)	$p < 0,001$
VLF (мс ²)	358 (84-762)	216 (145–671)	529 (338–926)	897 (369–1325)	$p < 0,001$
LF (мс ²)	89 (61-176)	192 (96–272)	337 (118–425)	586 (283–891)	$p < 0,001$
HF (мс ²)	64 (32-128)	96 (41–286)	116 (48–323)	145 (68 –396)	$p < 0,001$
LF/HF	1,4 (0,6 -1,7)	1,9 (0,9–2,3)	2,6 (1,3–3,2)	3,8 (1,6–6,4)	$p < 0,001$
% VLF	69 (29 -85)	46 (36–51)	45 (39–62)	45 (34–58)	$p_{1-4} = 0,005$
% LF	16 (12 -21)	24 (19–27)	28 (21–42)	36 (30 –45)	$p < 0,001$
% HF	14 (9-29)	12 (10–22)	10 (11–16)	12 (8–19)	

Примечание: Статистический анализ проводился с помощью критерия Манна-Уитни.

Таблица 2. Частота нормотонии, симпатикотонии и парасимпатикотонии у пациентов с ТБСМ.

Показатель	Уровень повреждения						Всего	
	Шейный		Грудной		Поясничный			
	абс. число	%	абс. число	%	абс. число	%	абс. число	%
Парасимпатикотония	31	17,9	17	9,8	8	4,7	56	32,4
Нормотония	10	5,8	8	4,6	22	12,7	40	23,1
Симпатикотония	38	22,0	26	15,0	13	7,5	77	44,5
Итого	79	45,7	51	29,5	43	24,8	173	100

Примечание: 1) Статистический анализ проводился с помощью критерия χ^2 , метода углового преобразования Фишера. 2) Результаты статистического анализа представлены в тексте.

тонуса у пациентов с ТБСМ по сравнению со здоровыми лицами.

Выявлена зависимость изменений вегетативного баланса от уровня поражения спинного мозга при ТБСМ. Так, в группе с шейным уровнем поражения доля пациентов с симпатикотонией по отношению к общему количеству обследованных составляла 22,0% (38 чел.), а с парасимпатикотонией – 17,9% (31 чел.), тогда как нормотония была только у 5,8% (10 чел.). У пациентов с грудным уровнем поражения наблюдалась аналогичная картина – симпатикотония 15,0% (26 чел.), парасимпатикотония 9,8% (17 чел.), а нормотония только у 4,6% (8 чел.).

В группе с поясничным уровнем поражения вегетативный баланс характеризовался достоверным увеличением доли нормотонии 12,7% (22 чел.; $p < 0,05$) по сравнению со здоровыми лицами.

Значительная доля вклада в общую мощность спектра у пациентов с ТБСМ пришлось на диапазон VLF ($p = 0,024$). Она превышала 50% от общей величины спектра у 61,3% (107 чел.).

Увеличение мощности спектра в диапазоне VLF и преобладание его над диапазонами LF и HF является

свидетельством неэффективности вегетативной регуляции у пациентов с ТБСМ, что характеризовало переход с рефлекторного уровня регуляции на гуморально-метаболический, который является существенно менее эффективным.

Одна из проблем реабилитации при ТБСМ – это безопасная вертикализация пациентов, особенно с высокими уровнями поражения спинного мозга. Нами исследовалось изменение вегетативной реактивности при изменении горизонтального положения пациентов на вертикальное (ортостатическая проба).

В результате исследования было установлено значительное снижение адаптационных механизмов ВНС практически у всех обследованных пациентов. У пациентов с шейным и грудным уровнями повреждения очень часто отмечалась парадоксальная реакция на вертикализацию (79,4% пациентов; $p < 0,05$) с резким возрастанием активности парасимпатического отдела ВНС, падением общей мощности спектра с относительным увеличением доли спектра VLF (до 69%) и соответственно снижением LF (рис. 3).

Ортостатическая проба обнаружила низкую (в пределах пограничных значений) вегетативную реактив-

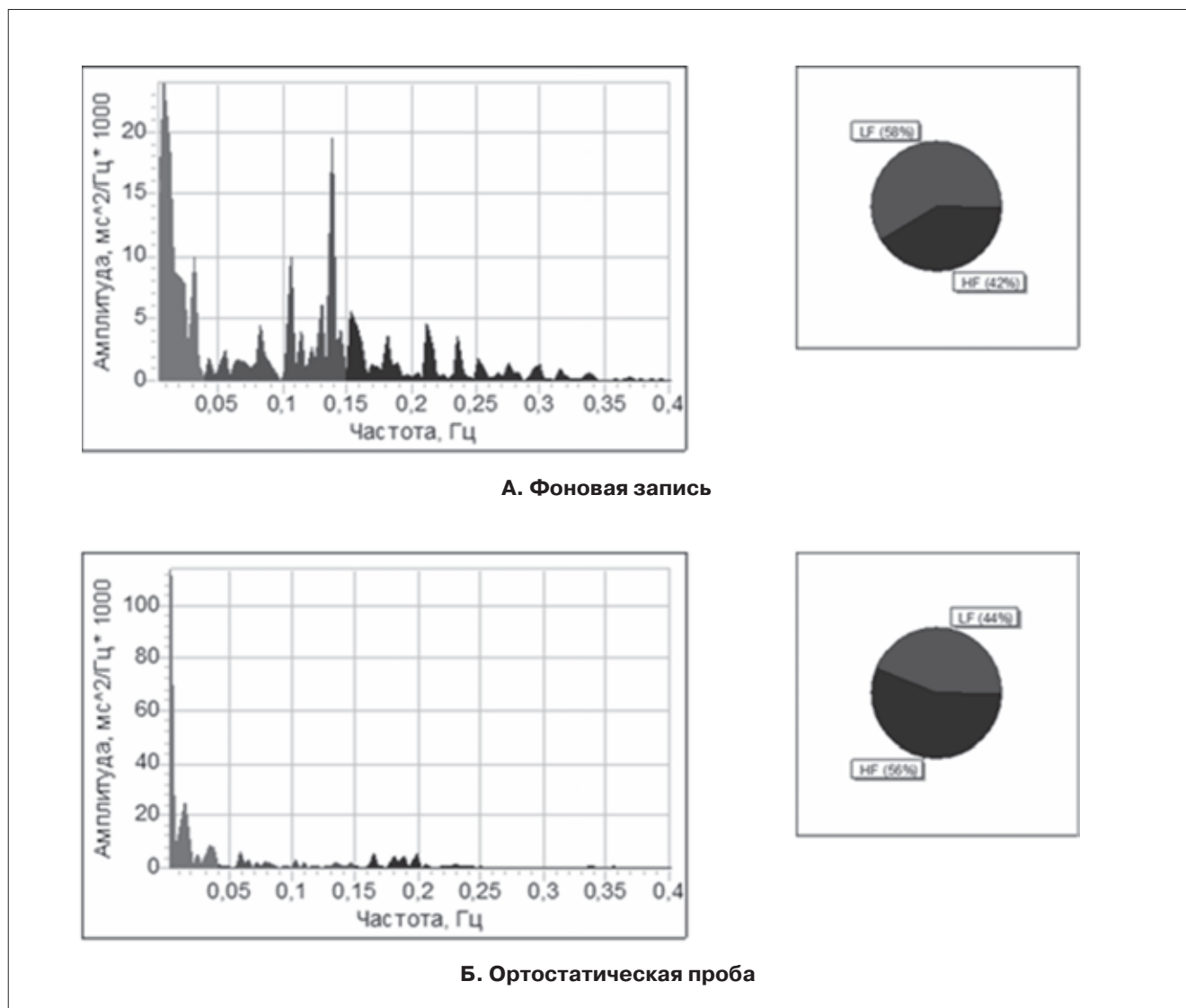


Рис. 3. Протокол ВРС пациента С., 27 лет с ТБСМ, шейный уровень поражения: А. Фоновая запись в покое. Б. Ортостатическая проба.

ность у пациентов с ТБСМ на шейном уровне (коэффициент 30/15 равен 1,14; $p < 0,001$) по сравнению со здоровыми лицами, что свидетельствовало о недостаточной функции п. vagus и могло стать одной из причин развития тахикардии у данных пациентов.

Полученные результаты объективно свидетельствуют о значительном напряжении адаптационных процессов у пациентов с ТБСМ, особенно выраженном, при шейном уровне повреждения спинного мозга.

При оценке ВРС в положении лежа (фоновая запись) пациентов с ТБСМ на шейном уровне повреждения после проведенной активной лечебной гимнастики были получены достоверные различия в повышении общей мощности спектра ТР (до 2175 мс²), спектра низких частот LF (до 296 мс²) и очень низких частот VLF (до 1289 мс²), по сравнению с контрольной группой, которым АМР не проводилась ($p < 0,001$). Снижение соотношения LF/HF после АМР демонстрировало уменьшение дисфункции надсегментарных вегетативных центров ($p < 0,001$), по сравнению с контрольной группой, которым АМР не проводилась (табл. 3).

Ортостатическая проба после проведенной АМР обнаружила улучшение вегетативной реактивности у данных пациентов (коэффициент 30/15 равен 1,33; $p < 0,001$), что свидетельствовало о нормализации парасимпатической регуляции и сердечного ритма. Повышение соотношения LF/HF при ортостатической пробе демонстрировало также включение адекватных механизмов регуляции сердечного ритма за счет симпатического влияния ($p < 0,001$), по сравнению с контрольной группой, которым АМР не проводилась.

Таким образом, у пациентов с ТБСМ на шейном уровне повреждения после проведенной АМР было получено статистически значимое повышение общей мощности волнового спектра ТР и отдельных его составляющих (HF, LF, VLF) ($p < 0,001$). В контрольной группе достоверных различий показателей ВРС до и после стандартной медицинской реабилитации не было установлено.

При оценке ВРС в положении лежа (фоновая запись) пациентов с ТБСМ на грудном уровне повреждения после проведенной активной лечебной гимнастики были получены достоверные различия в повышении общей мощности спектра ТР (до 2921 мс²),

Таблица 3. Динамика показателей variability сердечного ритма до- и после реабилитации у пациентов с ТБСМ на шейном уровне повреждения (Me, 25-75 проц.)

Показатели	Основная группа – активная медицинская реабилитация (АМР) (n=41)			Контрольная группа – стандартная медицинская реабилитация (n=38)		
	до активной медицинской реабилитации (Me, 25-75 проц.)	после активной медицинской реабилитации (Me, 25-75 проц.)	p	до стандартной реабилитации (Me, 25-75 проц.)	после стандартной реабилитации (Me, 25-75 проц.)	p
Фоновая проба						
ТР, мс ²	842 (507–1710)	1128 (642-2175)	<0,001	798 (494–1692)	805 (509–1684)	>0,05
VLF, мс ²	590 (314–1131)	677 (364-1289)	<0,001	594 (302–1144)	603 (307–1161)	>0,05
LF, мс ²	178 (143–259)	201 (163-296)	<0,001	162 (137–234)	165 (141–243)	>0,05
HF, мс ²	95 (46 -193)	108 (49-197)	<0,01	98 (42 -164)	102 (41-167)	>0,05
LF/HF	2,3 (0,6–3,4)	1,8 (1,5-3,2)	<0,01	2,2 (0,7–3,1)	2,3 (0,8–3,2)	>0,05
%VLF	65 (58–69,5)	73 (65-78)	<0,001	62 (51–68)	65 (54–69)	>0,05
% LF	28 (15-29)	32 (18-34)	<0,01	27 (13-31)	25 (14–32)	>0,05
% HF	10 (8-11)	11 (9-12)	<0,01	9 (7-11)	10 (8–11)	>0,05
Ортостатическая проба						
К 30/15	1,14 (0,96-1,19)	1,33 (1,10-1,36)	<0,001	1,12 (0,85-1,19)	1,14 (0,86–1,19)	>0,05
ТР (мс ²)	514 (286-1174)	609 (327-1341)	<0,001	510 (214-1028)	517 (219–1035)	>0,05
VLF (мс ²)	358 (84-762)	421 (94-865)	<0,001	326 (72-695)	331 (79–702)	>0,05
LF (мс ²)	89 (61-176)	112 (72-198)	<0,001	86 (58-172)	91 (62–176)	>0,05
HF (мс ²)	64 (32-128)	78 (36-149)	<0,001	69 (38-136)	71 (39–142)	>0,05
LF/HF	1,4 (0,6 -1,7)	1,8 (0,8-2,0)	<0,01	1,3 (0,8 -1,6)	1,4 (0,9–1,5)	>0,05
% VLF	69 (29 -85)	82 (33-97)	<0,001	62 (24 -87)	63 (25–86)	>0,05
% LF	16 (12 -21)	19 (14-28)	<0,001	15 (10 -19)	16 (9–19)	>0,05
% HF	14 (9-29)	17 (11-32)	<0,001	13 (9-27)	12 (8–24)	>0,05

Примечание: Статистический анализ проводился с помощью критерия Вилкоксона.

спектра низких частот LF (до 470 мс²), очень низких частот VLF (до 1419 мс²), высоких частот HF (до 286 мс²), по сравнению с контрольной группой ($p < 0,001$), что демонстрировало нормализацию симпатического и парасимпатического отделов ВНС. Снижение соотношения LF/HF после АМР с 1,3 до 1,1 демонстрировало уменьшение дисфункции надсегментарных вегетативных центров ($p < 0,01$), по сравнению с контрольной группой, которым АМР не проводилась (табл. 4).

Ортоstaticкая проба после проведенной АМР у пациентов с ТБСМ при грудном уровне повреждения выявила улучшение вегетативной реактивности (коэффициент 30/15 равен 1,62; $p < 0,001$), что свидетельствовало о нормализации парасимпатической регуляции и сердечного ритма.

Повышение соотношения LF/HF до 2,2 при ортоstaticкой пробе демонстрировало также включение адекватных механизмов регуляции сердечного ритма за счет симпатического влияния ($p < 0,001$), по сравнению с контрольной группой, которым АМР не проводилась.

При оценке ВРС в положении лежа (фоновая запись) пациентов с ТБСМ на поясничном уровне повреждения после проведенной активной лечебной гимнастики были получены достоверные различия в повышении общей мощности спектра TP (до 3695 мс²), спектра низких частот LF (до 846 мс²), очень низких частот VLF (до 1354 мс²), высоких частот HF (до 824 мс²), по сравнению с контрольной группой ($p < 0,001$), которым АМР не проводилась.

Таблица 4. Динамика показателей variability сердечного ритма до – и после реабилитации у пациентов с ТБСМ на грудном уровне повреждения (Me, 25-75 процентиля).

Показатели	Основная группа – активная медицинская реабилитация (АМР) (n=27)			Контрольная группа – стандартная медицинская реабилитация (n=24)		
	до активной медицинской реабилитации (Me, 25-75 проц.)	после активной медицинской реабилитации (Me, 25-75 проц.)	p	до стандартной реабилитации (Me, 25-75 проц.)	после стандартной реабилитации (Me, 25-75 проц.)	p
Фоновая проба						
TP, мс ²	1198 (630–2276)	1539 (813-2921)	<0,001	1112(614–2163)	1126 (619–2149)	>0,05
VLF, мс ²	651 (354–1240)	749 (402-1419)	<0,001	643 (318–1267)	651 (391–1264)	>0,05
LF, мс ²	248(118–417)	281 (128-470)	<0,01	252(105–423)	248 (108–419)	>0,05
HF, мс ²	129 (52–260)	145 (60-286)	<0,001	138 (61–274)	137 (59-278)	>0,05
LF/HF	1,3 (0,7–2,1)	1,1 (0,9-1,8)	<0,01	1,2 (0,8–2,3)	1,2 (0,9–2,1)	>0,05
%VLF	55 (34–59)	51 (30-54)	<0,001	57 (38–66)	56 (35–64)	>0,05
% LF	18 (8–21)	21 (13-26)	<0,01	17 (6–19)	18 (8–21)	>0,05
% HF	10 (8–14)	12 (9-17)	<0,001	10 (8–13)	11 (7–14)	>0,05
Ортоstaticкая проба						
К 30/15	1,22 (1,17–1,26)	1,62 (1,53-1,67)	<0,001	1,24 (1,19–1,28)	1,26 (1,18–1,32)	>0,05
TP (мс ²)	781 (384–1273)	899 (438-1466)	<0,001	763 (363–1179)	772 (360–1151)	>0,05
VLF(мс ²)	216 (145–671)	257 (163-751)	<0,001	207 (112–649)	209 (118–620)	>0,05
LF (мс ²)	192 (96–272)	225 (108-303)	<0,01	186 (94–281)	190 (98–285)	>0,05
HF (мс ²)	96 (41–286)	118 (46-326)	<0,01	94 (44–227)	96 (47 –234)	>0,05
LF/HF	1,9 (0,9–2,3)	2,2 (1,0-2,6)	<0,001	1,8 (0,9–2,5)	1,9 (1,1–2,3)	>0,05
% VLF	45 (36–51)	49(39-57)	<0,01	44 (31–52)	56 (32–60)	<0,001
% LF	24 (19–27)	28 (21-31)	<0,001	24 (15–29)	35 (18 –46)	<0,001
% HF	12 (10–22)	14 (11-26)	<0,001	12 (8–23)	12 (9–21)	>0,05

Примечание: Статистический анализ проводился с помощью критерия Вилкоксона.

Ортостатическая проба после проведенной АМР выявила улучшение вегетативной реактивности у пациентов с ТБСМ при поясничном уровне повреждения (коэффициент 30/15 равен 1,45; $p < 0,001$), что свидетельствовало о нормализации парасимпатической регуляции и сердечного ритма. Снижение соотношения LF/HF при ортостатической пробе демонстрировало уменьшение церебральных эрготропных и гуморально-метаболических влияний по сравнению с контрольной группой, которым АМР не проводилась ($p < 0,001$) (табл. 5).

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что баланс вегетативных функций в той или иной степени был изменен у всех обследованных групп пациентов. Была выявлена зависимость изменений вегетативного баланса от уровня поражения спинного мозга.

Для пациентов с ТБСМ в позднем периоде спинальной травмы были выявлены преобладание симпатикотонии ($p < 0,05$) или ваготонии ($p < 0,05$), парадоксальная реакция на вертикализацию, преимущественно при шейном уровне поражения ($p < 0,001$); увеличение доли спектра диапазона очень низких частот (VLF) ($p = 0,024$), и переход с рефлекторного уровня вегетативной регуляции на гуморально-метаболический, свидетельствующий о значительном снижении адаптационных механизмов вегетативной нервной системы и супраспинальных нарушениях. Применение технологий активной медицинской реабилитации приводит к уменьшению церебральных эрготропных и гуморально-метаболических влияний по сравнению с контрольной группой, которым АМР не проводилась.

Таблица 4. Динамика показателей variability сердечного ритма до- и после реабилитации у пациентов с ТБСМ на поясничном уровне повреждения (Me, 25-75 проц.).

Показатели	Основная группа – активная медицинская реабилитация (АМР) (n=23)			Контрольная группа – стандартная медицинская реабилитация (n=20)		
	до активной медицинской реабилитации (Me, 25-75 проц.)	после активной медицинской реабилитации (Me, 25-75 проц.)	p	до стандартной реабилитации (Me, 25-75 проц.)	после стандартной реабилитации (Me, 25-75 проц.)	p
Фоновая проба						
TP, мс ²	1447 (705–2884)	1852 (897-3695)	<0,001	1398(693–2692)	1402(716–2653)	>0,05
VLF, мс ²	607 (298–1172)	704 (346-1354)	<0,001	611 (302–1180)	615 (306–1187)	>0,05
LF, мс ²	432 (206–751)	484 (231-846)	<0,01	427 (214–749)	430 (213–751)	>0,05
HF, мс ²	428 (247–736)	480 (277-824)	<0,01	419 (228–695)	417 (235-683)	>0,05
LF/HF	0,9 (0,8–2,1)	1,1 (0,9-2,4)	<0,01	0,9 (0,7–2,4)	0,8 (0,5–2,3)	>0,05
%VLF	46 (38–59)	41 (32-51)	<0,001	47 (41–56)	48 (42–57)	>0,05
% LF	27 (23–31)	30 (27-38)	<0,001	26 (22–34)	25 (21–36)	>0,05
% HF	30 (25-39)	34 (29-46)	<0,001	31 (24-38)	32 (22–39)	>0,05
Ортостатическая проба						
К 30/15	1,26 (1,21–1,37)	1,45 (1,33-1,56)	<0,001	1,24 (1,19–1,34)	1,25 (1,21–1,39)	>0,05
TP (мс ²)	1176 (415–1928)	1505 (531-2465)	<0,001	1194(423–1832)	1203 (411–1837)	>0,05
VLF (мс ²)	529 (338–926)	667 (426-1167)	<0,001	518 (312–904)	541 (355–943)	<0,01
LF (мс ²)	337 (118–425)	435 (152-548)	<0,001	329 (106–447)	390 (175–490)	<0,01
HF (мс ²)	116 (48–323)	145 (60-407)	<0,001	112 (46–318)	118 (51 –323)	>0,05
LF/HF	3,4 (1,7-4,0)	2,6 (1,3–3,2)	<0,001	3,6 (1,3–3,2)	3,7 (1,8–3,2)	>0,05
% VLF	49 (44-58)	44 (39–52)	<0,001	47 (38–59)	54 (43–67)	<0,01
% LF	28 (21–42)	36 (27-53)	<0,001	26 (22–47)	34 (31 –54)	<0,001
% HF	10 (9–16)	13 (11-19)	<0,01	10 (8–12)	11 (9–12)	>0,05

Примечание: Статистический анализ проводился с помощью критерия Вилкоксона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Реабилитация больных с травматической болезнью спинного мозга / под общ. ред. Г.Е. Ивановой, В.В. Крылова, М.Б. Цыкунова, Б.А. Поляева. – М.: Московские учебники и картолитография, 2010. – 640 с.
2. Pattern of spine and spinal cord injuries in tikuranbessa hospital, ethiopia / H. Biluts, M. Abebe, T. Laeke et al. // *Ethiop. Med. J.* – 2015. – Vol. 53 (2). – P. 75-82.
3. Dobran, M. Surgical treatment of cervical spine trauma: Our experience and results / M. Dobran, M. Iacoangeli, N. Nocchi // *Asian. J. Neurosurg.* – 2015. – Vol. 10 (3). – P. 207-211.
4. Spinal Cord Injuries in Wave-Riding Sports: The Influence of Environmental and Sport-Specific Factors / A. Falconi, D. Flick, J. Ferguson, J.E. Glorioso // *Curr. Sports. Med. Rep.* – 2016. – Vol. 15 (2). – P. 116-120.
5. Global incidence and prevalence of traumatic spinal cord injury / J.C. Furlan, B.M. Sakakibara, W.C. Miller, A.V. Krassioukov // *Can. J. Neurol. Sci.* – 2013. – Vol. 40 (4). – P.456-464.
6. Xiangbing, Wu. Rho A / Rho kinase in spinal cord injury / Wu.Xiangbing, Xu. Xiao-ming // *Neural. Regen. Res.* – 2016. – Vol. 11 (1). – P. 23-27.
7. Лебедев, В.В. Компьютерная томография внеотложной нейрохирургии / В.В. Лебедев, В.В. Крылов, В.М. Халчевский. – М.: Медицина, 2005. – 360 с.
8. Миронов, Е.М. Анализ первичной инвалидности среди больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы / Е.М. Миронов // *Мед.-социальная экспертиза и реабилитация.* – 2004. – №1. – С. 33-34.
9. Морозов, И.Н. Позвоночно-спинномозговая травма: восстановительное лечение в промежуточном и позднем периодах: дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.11, 14.01.15 / Морозов Иван Николаевич. – Н.Новгород, 2011. – 338 с.
10. Морозов, И.Н. Позвоночно-спинномозговая травма / И.Н. Морозов // *Руководство по реабилитации больных с двигательными нарушениями под ред. А.Н. Беловой, О.Н. Щелетовой.* – Москва, МБН, 1999. – Т. 2. – С. 217-246.
11. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования. Рабочая группа Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии // *Вестник аритмологии.* – 1999. – №11. – С. 53-78.
12. Вертикализация пациентов в процессе реабилитации. Клинические рекомендации Национальной ассоциации по борьбе с инсультом, «Союза реабилитологов России», «Объединения нейроанестезиологов и нейрореаниматологов» / А.М. Алашеев, Л.Н. Анисимова, А.А. Белкин и др.. – М., 2014. – 59 с.
13. Михайлов, В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения / В.М. Михайлов. – Иваново: Изд-во Ивановской гос. мед. академии, 2000. – 200 с.
14. Особенности регуляции сердечной деятельности у больных гипертонической болезнью в остром периоде ишемического инсульта / Кудряшова М.В., Мишина И.Е., Забродина А.А., Теснотова О.А., Халикова Н.А., Михайловская Т.В // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* – 2015. – Т. 14, спец. вып. – С. 120.
15. Acute Management Of Autonomic Dysreflexia: Individuals with Spinal Cord Injury Presenting to health-Care Facilities // *Clinical practice Guidelines Spinal Cord Medicine, 2001.* – 39 p.
16. Cheatwood, J.L. Neuronal plasticity and functional recovery after ischemic stroke / J.L. Cheatwood, A.J. Emerick, G.L. Kartje // *Topics in stroke rehabilitation.* – 2008. – Vol. 15. – P.42-50.
17. Chi L. Cardiovascular response to functional electrical stimulation and dynamic tilt table therapy to improve orthostatic tolerance / L. Chi, K. Masani // *J. of electromyography and kinesiology.* – 2008. – Vol. 18. – P. 900-907.
18. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke / A. Mirelman, B.L. Patritti, P. Bonato, J.E. Deutsch // *Gait & Posture.* – 2010. – Vol. 31, Issue 4. – P. 433-437.
19. Health behaviour of persons with spinal cord injury / J. Bloemen-Vrencken, L.P. De Witte, M.W. Post, W.J. Van Den Heuvel // *Spinal. Cord.* – 2007. – Vol. 45 (3). – P. 243-249.
20. Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment (Review) / M. Angevaren, G. Aufdemkampe, H.J.J. Verhaar et al. // *Cochrane Database of Systematic Reviews.* – 2008. – Issue 2. – Art. No.: CD005381. DOI:005310.001002/14651858. CD14005381.pub14651852.
21. Efficacy of a fitness centre-based exercise programme compared with a home-based exercise programme in traumatic brain injury: A randomized controlled trial / L.M. Hassett, A.M. Moseley, R.L. Tate et al. // *Rehabil. Med.* – 2009. – Vol. 41 (4). – P. 247-255. [PMID: 19247544]
22. Waters, R.L. Motor and sensory recovery following complete tetraplegia / R.L. Waters // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 1993. – Vol. 74. – P. 242-247.
23. Assessing complexity of heart rate variability in people with spinal cord injury using local scale exponents / F. Liao, I. Brooks, C.W. Hsieh et al. // *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* – 2014. – P. 6381-6384.
24. Nollet, F. Strength assessment in postpolio syndrome: validity of a hand-held dynamometer in detecting change / F. Nollet, A. Beelen // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 1999. / Vol. 80, №10. // P.1316-1323.
25. Claus-Walker, J. Metabolic and endocrine changes in spinal cord injury. II: Partial decentralization of the autonomic nervous system / J. Claus-Walker, L.S. Halstead // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 1982. – Vol. 63. – P. 576.
26. Assessment of autonomic function after acute spinal cord injury using heart rate variability analyses / L. Malmqvist, T. Biering-Sørensen, K. Bartholdy et al. // *Spinal. Cord.* – 2015. – Vol. 53 (1). – P. 54-58.
27. Heart rate variability / C.A. Van Ravenswaaij-Arts, L.A. Kolle, J.C. Hopman, G.B. Stoeltinga // *Ann. of intern. Med.* – 1993. – V. 118. – P. 436-447.
28. Kloosterman, M.G. Systematic review of the effects of exercise therapy on the upper extremity of patients with spinal-cord injury / M.G. Kloosterman, G.J. Snoek, M.J. Jannink // *Spinal. Cord.* – 2009. – Vol. 47 (3). – P.196-203.

REFERENCES:

1. Rehabilitation of patients with traumatic spinal cord disease / ed. by G. E. Ivanova, V. V. Krylov, M. B. Tikunova, B. A. Polyayev. – Moscow: Moscow textbooks and kartolitografiya, 2010. – 640 p.
2. Pattern of spine and spinal cord injuries in tikuranbessa hospital, ethiopia / H. Biluts, M. Abebe, T. Laeke et al. // *Ethiop. Med. J.* – 2015. – Vol. 53 (2). – P. 75-82.
3. Dobran, M. Surgical treatment of cervical spine trauma: Our experience and results / M. Dobran, M. Iacoangeli, N. Nocchi // *Asian. J. Neurosurg.* – 2015. – Vol. 10 (3). – P. 207-211.
4. Spinal Cord Injuries in Wave-Riding Sports: The Influence of Environmental and Sport-Specific Factors / A. Falconi, D. Flick, J. Ferguson, J.E. Glorioso // *Curr. Sports. Med. Rep.* – 2016. – Vol. 15 (2). – P. 116-120.
5. Global incidence and prevalence of traumatic spinal cord injury / J.C. Furlan, B.M. Sakakibara, W.C. Miller, A.V. Krassioukov // *Can. J. Neurol. Sci.* – 2013. – Vol. 40 (4). – P.456-464.
6. Xiangbing, Wu. Rho A / Rho kinase in spinal cord injury / Wu.Xiangbing, Xu. Xiao-ming // *Neural. Regen. Res.* – 2016. – Vol. 11 (1). – P. 23-27.
7. Lebedev, V. V. computed tomography in emergency neurosurgery / V. V. Lebedev, V. V. Krylov, V. M. Halchevsky. – М.: Medicine, 2005. – 360 С.
8. Mironov, E. M. Analysis of primary disability among patients with consequences of spinal cord injury / Y. Mironov // *Med.-social examination and rehabilitation.* – 2004. – No. 1.– Pp. 33-34.
9. Morozov, I. N. Spinal cord injury: rehabilitation treatment in the intermediate and late periods: dis. ... d-RA med. Sciences: 14.01.11, 14.01.15 / Morozov, Ivan Nikolayevich. – N. Novgorod, 2011. – 338 p.
10. Morozov, I. N. Spinal cord injury / I. N. Morozov // *Manual of rehabilitation of patients with movement disorders ed. Belovoy, O. N. Shepetovki.* – Moscow, MBN, 1999. – Т. 2. – P. 217-246.
11. The heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Working group of the European society of Cardiology and North American society of pacing and electrophysiology // *Bulletin of Arrhythmology.* – 1999. – No. 11. – S. 53-78.
12. The verticalization of patients in the rehabilitation process. Clinical guidelines of the National Association for combating stroke, «Union of therapists of Russia», «Association of neuroanesthesiology and neuro-resuscitators» / A. M. Alashaev, L. N. Anisimov, A. A. Belkin, and others. – М., 2014. – 59 S.
13. Mikhaylov, V. M. heart rate Variability. Practical experience / V. M. Mikhaylov. – Ivanovo: Publishing house Ivanovo state med. Academy, 2000. – 200 p.

14. Features of regulation of cardiac activity in patients with hypertensive disease in acute period of ischemic stroke / Kudryashova, M. V., Mishina I. E., Zabrodin A. A., Cesnocova O. A., Khalikova N. A., Mikhailovskaya T. // cardiovascular therapy and prevention. – 2015. – Vol. 14, special. vol. – P. 120.
15. Acute Management Of Autonomic Dysreflexia: Individuals with Spinal Cord Injury Presenting to health-Care Facilities // Clinical practice Guidelines Spinal Cord Medicine, 2001. – 39 p.
16. Cheatwood, J.L. Neuronal plasticity and functional recovery after ischemic stroke / J.L. Cheatwood, A.J. Emerick, G.L. Kartje // Topics in stroke rehabilitation. – 2008. – Vol. 15. – P.42-50.
17. Chi L. Cardiovascular response to functional electrical stimulation and dynamic tilt table therapy to improve orthostatic tolerance / L. Chi, K. Masani // J. of electromyography and kinesiology. – 2008. – Vol. 18. – P. 900-907.
18. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke / A. Mirelman, B.L. Prittiti, P. Bonato, J.E. Deutsch // Gait & Posture. – 2010. – Vol. 31, Issue 4. – P. 433-437.
19. Health behaviour of persons with spinal cord injury / J. Bloemen-Vrencken, L.P. De Witte, M.W. Post, W.J. Van Den Heuvel // Spinal. Cord. – 2007. – Vol. 45 (3). – P. 243–249.
20. Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment (Review) / M. Angevaren, G. Aufdemkampe, H.J.J. Verhaar et al. // Cochrane Database of Systematic Reviews. – 2008. – Issue 2. – Art. No.: CD005381. DOI:005310.001002/14651858. CD14005381.pub14651852.
21. Efficacy of a fitness centre-based exercise programme compared with a home-based exercise programme in traumatic brain injury: A randomized controlled trial / L.M. Hassett, A.M. Moseley, R.L. Tate et al. // Rehabil. Med. – 2009. – Vol. 41 (4). – P. 247–255. [PMID: 19247544]
22. Waters, R.L. Motor and sensory recovery following complete tetraplegia / R.L. Waters // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1993. – Vol. 74. – P. 242-247.
23. Assessing complexity of heart rate variability in people with spinal cord injury using local scale exponents / F. Liao, I. Brooks, C.W. Hsieh et al. // Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. – 2014. – P. 6381-6384.
24. Nollet, F. Strength assessment in postpolio syndrome: validity of a hand-held dynamometer in detecting change / F. Nollet, A. Beelen // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1999. // Vol. 80, № 10. // P.1316-1323.
25. Claus-Walker, J. Metabolic and endocrine changes in spinal cord injury. II: Partial decentralization of the autonomic nervous system / J. Claus-Walker, L.S. Halstead // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1982. – Vol. 63. – P. 576.
26. Assessment of autonomic function after acute spinal cord injury using heart rate variability analyses / L. Malmqvist, T. Biering-Sørensen, K. Bartholdy et al. // Spinal. Cord. – 2015. – Vol. 53 (1). – P. 54-58.
27. Heart rate variability / C.A. Van Ravenswaaij-Arts, L.A. Kolle, J.C. Hopman, G.B. Stoeltinga // Ann. of intern. Med. – 1993. – V. 118. – P. 436-447.
28. Kloosterman, M.G. Systematic review of the effects of exercise therapy on the upper extremity of patients with spinal-cord injury / M.G. Kloosterman, G.J. Snoek, M.J. Jannink // Spinal. Cord. – 2009. – Vol. 47 (3). – P.196–203

РЕЗЮМЕ

Травматическая болезнь спинного мозга (ТБСМ) включает неврологические, ортопедические и висцеральные нарушения, развивающиеся вследствие позвоночно-спинномозговой травмы. В настоящее время метод определения ВРС (вариабельность сердечного ритма) является одним из наиболее информативных неинвазивных способов количественной оценки вегетативной регуляции сердечного ритма. Обследованы 173 пациента с ТБСМ с различным уровнем поражения спинного мозга. По результатам исследования выявлено нарушение адаптационных ресурсов вегетативной нервной системы у всех обследованных групп пациентов с ТБСМ.

Ключевые слова: травматическая болезнь спинного мозга, вариабельность сердечного ритма, ортостатическая проба, медицинская реабилитация.

ABSTRACT

Traumatic spinal cord injury (TSCI) includes neurological, orthopedic and visceral disorders, which develop as a result of spinal cord injury. Currently, the method of HRV is recognized as the most informative non-invasive method for quantitative assessment of vegetative regulation of heart rhythm. 173 patients with TSCI with different levels of spinal cord lesions were surveyed. According to the results of the study revealed a disturbance of the adaptation resources of the autonomic nervous system in all examined groups of patients with TSCI.

Keywords: spinal cord injury, heart rate variability, orthostatic sign, medical rehabilitation.

Контакты:

Бодрова Р.А. E-mail: bodrov7@yandex.ru