

ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ХРОНИЧЕСКОЙ ШЕЙНОЙ МИЕЛОПАТИЕЙ

УДК 616.01

Бушков Ф.А., Иванова Г.Е.

Реабилитационный центр «Преодоление», Москва

HEART RATE VARIABILITY IN SPINAL CHRONIC TETRAPLEGIC PATIENTS

Bushkov F.A., Ivanova G.E.

Rehabilitation center «Overcoming», Moscow

Введение

Частота встречаемости спинномозговой травмы составляет 10,4–83,0 случаев на миллион мирового населения в год. Одна треть пострадавших имеют шейный уровень повреждения, а из них около половины – полное повреждение спинного мозга. При этом наблюдается тенденция к увеличению пациентов с шейным уровнем и полным повреждением спинного мозга, средний возраст пострадавших – 33 года, соотношение мужчин и женщин составляет 3,8/1,0 соответственно [22].

В результате спинальной травмы на шейном уровне (СТШУ) происходит повреждения соответствующих нисходящих спинальных путей, что приводит к снижению супраспинальной симпатической активности и денервации симпатических преганглионарных нейронов на уровне C8–L2 [20], с развитием артериальной гипотензии, брадикардии и ортостатической гипотензии [15], а постденервационная гиперчувствительность преганглионарных нейронов и периферических α -адренорецепторов приводит к появлению синдрома вегетативной дизрефлексии [12].

Оценка вариабельности ритма сердца (ВРС) с помощью спектрального анализа является высоко информативным инструментом оценки функционального состояния человека и сбалансированности работы вегетативной нервной системы [2, 3]. Широко известно, что в основе формирования высокочастотной колебательной составляющей ВРС лежит преимущественно вагальная активность [14, 17], в то время как низкочастотная составляющая имеет более гетерогенную природу, и обусловлена вагальными осцилляциями, моделируе-

мыми барорефлекторным рефлексом и симпатической активностью [6, 8]. Глубокое дыхание с частотой 5–6 дыхательных движений в минуту, также в максимальной степени стимулирует вагальный стволовой центр [18]. В остром периоде СТШУ (1 месяц) низкочастотная колебательная составляющая ВРС вообще может не выявляться [5, 10] или иметь более низкую частоту, амплитуду [11].

Целью работы является изучить ВРС у пациентов с СТШУ в позднем периоде, и зависимость от уровня и полноты повреждения спинного мозга.

Материалы и методы:

В исследовании приняло участие 52 пациентов с СТШУ (8 женщин, 44 мужчин); медиана возраста составила 27,0 (22,50; 37,00) лет; давность повреждения составила – 3,5 (2,0; 5,0) года, которые были госпитализированы в «Реабилитационный центр для инвалидов «Преодоление» (Москва) в период 20014–2016 года. Отбор пациентов производился методом случайной выборки. Все пациенты давали письменно информированное согласие на обследование.

Оценка неврологического статуса выполнялась в соответствии с международным стандартом неврологической классификации травмы спинного мозга (International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury, ISCSCI) Американской Ассоциации Спинальной Травмы (American Spinal Cord Injury Association, ASIA) [13]. Согласно которому, под неврологическим уровнем понимался самый каудальный сегмент спинного мозга с сохранной чувстви-

ной и двигательной функцией, а неполным повреждение (НП) спинного мозга считалось в случае наличия тактильной и/или болевой чувствительности в перинальной области (S₄₋₅ сегменты спинного мозга [7],

Полное повреждение (ПП) спинного мозга было – у 46 (77%), неполное у 14 (23%) пациентов. По уровню повреждения спинного мозга пациенты распределились следующим образом: 16 (27%) пациентов имели неврологический уровень (НУ) C5 сегмент спинного мозга (ССМ), 16 (27%) пациентов – C₆ ССМ, 16 (27%) пациентов – C₇ ССМ, 12 (20%) пациентов – C₈ ССМ. Контрольную группу составили 17 относительно здоровых испытуемых (медиана возраста 29,0 (26,0; 35,50) лет), из них – 3 пациента были женского пола. Обе группы были сопоставимы по половому (критерий Персона χ^2 – P=0,83), и возрастному составу (критерий Манн-Уитни – P=0,72).

При применении метода ВРС основывались на клинико-экспериментальном подходе. Сущность, которого состоит в функционально-динамическом исследовании вегетативного тонуса, реактивности и обеспечения деятельности.



Рис. 1. Вид испытуемого в пассивной ортостатической пробе.

Методика оценки вариабельности ритма сердца включала в себя спектральный анализ ВРС на коротких участках в покое (5 минутная запись), и пассивной ортостатической пробе (проба с одномоментным изменением положения тела с помощью поворотного стола на 70°) (Tilt table test, ТТТ, см. рис. 1) (6 минутная запись), оценку синусовой аритмии в пробе с глубоким управляемым дыханием (1 минутная запись, 6 дыхательных движений в минуту) с расчетом дыхательного коэффициента, и выполнялась с помощью электрокардиографа «Поли-Спектр 8-ЕХ» (ООО «Нейрософт», Россия). (см. ниже, рис. 2),

Нами учитывались индивидуальные особенности паттерна дыхания каждого пациента. В тех случаях, когда частота дыхания была менее 9 дыхательных движений в минуту (0,15 Гц), мы производили уточнение границы между диапазонами высокочастотных и низкочастотных колебаний ВРС [3]. Обследование проводили после катетеризации или рефлексорного мочеиспускания, на следующие сутки после дефекации. В

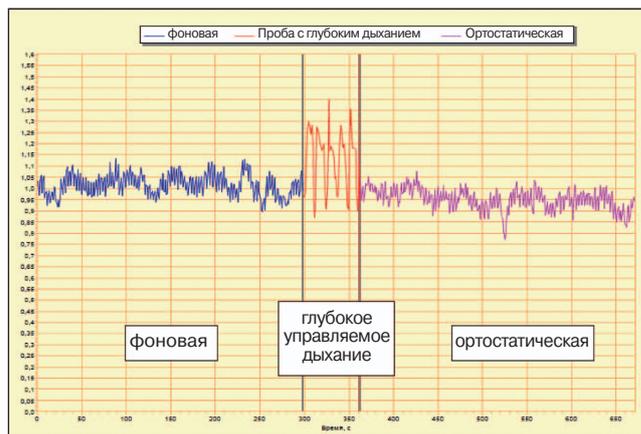


Рис. 2. Ритмограмма комплексного исследования ВРС (три пробы).

середине менструального цикла (для женщин), утром, не ранее одного часа после легкого завтрака, с отменой сердечно-сосудистых лекарств за 24 часа; кофеина, курения, алкоголя за 12 часов до обследования. Оценку проб проводили в соответствии с рекомендациями А.Б. Данилова с соавт. [2]. В исследование не включались пациенты с пролежнями, острыми и обострением хронических заболеваний, выраженными контрактурами нижних конечностей, нарушениями ритма сердца, тяжелыми заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Обязательным являлось соблюдение условий стационарности при проведении записи ВРС. В помещении, где проводилось исследование, поддерживалась температура воздуха 22°C, влажность 70%.

Динамических изменений количественных данных оценивали по отношению их прироста к исходному уровню (dA%). При этом использовали следующую формулу: $[(A1-A0)/A0] \times 100\%$, где A0 – исходное значение параметра, A1 – последующее его значение.

Результаты исследования обрабатывались общепринятыми методами статистического анализа при помощи статистического пакета Statistica 7,0. В большинстве наблюдений распределение вариантов было ненормальным (критерий Колмогорова–Смирнова), что заставило нас использовать непараметрические статистические критерии Манн-Уитни и Крускал-Уоллиса. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха в виде 25% и 75% перцентилей. Уровень значимости принятия нулевой гипотезы < 5%.

Результаты:

При сравнительной оценке ВРС в основной и в контрольной группах (см. табл.1) отмечались статистически значимые различия по всем показателям, за исключением: суммарной мощности в покое ($TP_{a,rest} \text{ мС}^2$), доли очень низкочастотных колебаний в покое ($VLF_{rest} \%$), прироста нормализованного симпато-вагального индекса в ортопробе (ТТТ) ($dLF_n/HF_n \%$).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что у пациентов основной группы наблюдается выраженные изменения ВРС. Общая мощность спектра нейрогуморальной модуляции умеренная. Состояние нейрогуморальной регуляции характеризуется низким уровнем симпатической и парасимпатических влияний с преобладанием последних, и относительно сохранным вегетативным балансом; погранично низкой

Таблица 1. Комплексная оценка состояния вегетативной нервной системы*.

Параметр	Опытная группа (N=60)	Контрольная группа (N=17)	P
¹ TP _{a rest} мс ²	2873,5 (1553,50; 4196,50)	2326,0 (1765,0; 5235,50)	0,97
² LF _n /HF _{n rest}	0,7 (0,44; 1,14)	1,2 (0,68; 1,75)	0,02
³ VLF _{rest} %	28,3 (17,25; 39,15)	25,5 (22,20; 30,50)	0,47
⁴ RR _{max/min} ед.	1,17 (1,125; 1,240)	1,34 (1,27; 1,46)	0,00
⁵ dTP %	94,97 (28,55; 220,36)	33,6 (28,34; 96,53)	0,05
⁶ dLF _n /HF _n %	208,2 (90,10; 505,23)	260,0 (137,94; 774,32)	0,38
⁷ TP _{a tilt} мс ²	6056,0 (2800,0; 9144,50)	3133,5 (2280,0; 4484,50)	0,01
⁸ VLF _{tilt} %	73,9 (58,30; 86,05)	55,6 (44,1; 61,3)	0,00
⁹ LF _n /HF _{n tilt}	2,22 (1,18; 3,73)	4,1 (2,76; 5,91)	0,00

Примечание: 1 – абсолютная мощность ВРС в покое; 2 – нормализованный симпатовагальный индекс в покое, 3 – доля очень низкочастотных колебаний ВРС в покое; 4 – дыхательный коэффициент в пробе с ГУД; 5 – прирост абсолютной мощности ВРС в ТТТ; 6 – прирост симпатовагального индекса в ТТТ; 7 – абсолютная мощность ВРС в ТТТ, 8 – доля очень низкочастотных колебаний ВРС в ТТТ; 9 – нормализованный симпатовагальный индекс в ортопробе.

симпатической и парасимпатической реактивностью; удовлетворительным вегетативным обеспечением с избыточностью церебральных эрготропных и/или гуморально-метаболических влияний.

Таким образом, у пациентов с СТШУ отмечаются статистически значимо выраженные различия с контрольной группой по показателям функционирования сегментарного отдела (вегетативный тонус и реактив-

ность), и стертые отличия в супрасегментарном отделе ВНС (вегетативное обеспечение деятельности) с учетом закона «исходного уровня».

Для анализа результатов показателей ВРС в подгруппах с разным уровнем повреждением шейного отдела спинного мозга использовались непараметрический дисперсионный анализ (критерий Kruskal-Wallis) (см. таб. 2).

Таблица 2. Показатели ВРС в зависимости от неврологического уровня.

Параметры	C5	C6	C7	P
¹ TP _{a rest} мс ²	3318 (1225,0; 4565,5)	3101 (2148,5; 4161,5)	2259 (1679,5; 3991,5)	0,47
³ LF _n /HF _{n rest} ед.	0,6 (0,38; 0,93)	0,7 (0,49; 1,19)	0,8 (0,44; 1,49)	0,78
⁴ VLF _{rest} %	30,9 (16,20; 40,10)	25,0 (18,20; 45,40)	28,3 (17,45; 34,00)	0,79
⁵ RR _{max/min} ед.	1,17 (1,09; 1,23)	1,16 (1,15; 1,23)	1,16 (1,13; 1,23)	0,92
⁶ dTP %	86,9 (26,08; 194,92)	127,9 (18,12; 264,32)	131,2 (34,23; 195,81)	0,79
⁷ dLF _n /HF _n %	260,1 (72,73; 546,76)	187,4 (101,76; 434,19)	178,5 (72,17; 333,33)	1,00
⁸ TP _{a tilt} мс ²	5071 (2031,5; 8505,5)	7468 (4053,0; 9535,5)	6574 (3699,5; 8867,5)	0,47
⁹ VLF _{tilt} %	70,3 (57,10; 84,85)	79,0 (72,15; 87,20)	71,4 (59,40; 78,50)	0,12
¹⁰ LF _n /HF _{n tilt} ед.	2,7 (1,27; 4,18)	2,4 (1,46; 3,94)	1,5 (0,91; 2,46)	0,26

Примечание: см. обозначения табл. 1; P – непараметрический дисперсионный анализ (Kruskal-Wallis Anova by Ranks), Me (25%; 75%).

Приведенные результаты показывают на отсутствие статистически значимых отличий состояния ВНС пациентов в зависимости от неврологического уровня.

Для анализа результатов непрерывных переменных пациентов с полным и неполным повреждением спинного мозга и контрольной группой использовались критерии непараметрического множественного сравнения Kruskal-Wallis, для их сравнения с контрольной группой критерий Манн-Уитни.

Значения показатели ВРС у пациентов с НП наиболее близко приближались к значениям контрольной группы (см. табл. 2.9)

Так, нормализованный симпатовагальный индекс LF_n/HF_n статистически значимо различается между контрольной группой (1,2 (0,68; 1,75) и пациентами только с ПП (0,6 (0,36; 0,93), дыхательный коэффициент (RR_{max/min}) не имеет статистически значимого различия в подгруппах с полным 1,18 (1,11; 1,25) и неполным повреждением (1,16 (1,14; 1,20), и значительно выше в контрольной группе 1,34 (1,27; 1,46). Характер вегетативного обеспечения деятельности недостаточен в обеих подгруппах основной группы, с более выраженной активацией в виде увеличения общей мощности спектра нейрогуморальной модуляции $TP_{\text{tit}} = 6056$ (4053,0; 9325,5), избыточным участием гуморально-метаболических влияний $VLF_{\text{tit}} = 76,3$ (64,45; 86,35)% в подгруппе с ПП.

Таким образом состояние ВНС у пациентов с ПП характеризуется умеренной общей мощностью спектра нейрогуморальной модуляции. Состояние нейрогуморальной регуляции характеризуется низким уровнем симпатической и парасимпатических влияний с преобладанием парасимпатического отдела и относительно сохраненным вегетативным балансом; патологическим снижением симпатической и пограничным снижением парасимпатической реактивности, вегетативное обеспечение недостаточное с дефицитом симпатической

активации и избыточностью церебральных эрготропных и/или гуморально-метаболических влияний.

Состояние ВНС у пациентов с НП характеризуется умеренной общей мощностью спектра нейрогуморальной модуляции. Состояние нейрогуморальной регуляции характеризуется сбалансированным типом регуляции с преобладанием парасимпатического отдела, симпатическая реактивность нормальная, пограничное снижение парасимпатической реактивности, вегетативное обеспечение удовлетворительное с умеренным дефицитом симпатической активации.

Обсуждение

Состояние вегетативной нервной системы (ВНС) у пациентов с нижегрудным и поясничным с одной стороны и шейным уровнем повреждения с другой стороны имеет выраженные различия [16]. Наши результаты, указывают на отсутствия сегментарного различия в пределах C_5-C_8 сегментов спинного мозга в состоянии ВНС. Это отражает патогенетическую концепцию о ведущем влиянии топографии спинального сердечнососудистого центра (D_1-D_5) (уровень повреждения спинного мозга), и степени его денервации (полнота повреждения спинного мозга) на выраженности вегетативной дисфункции в сердечнососудистой системе у пациентов с повреждением спинного мозга.

Следует отметить, что регуляция ритма сердца у пациентов ТШМ с полным повреждением спинного мозга осуществляется преимущественно парасимпатическим отделом ВНС [14]. Так, S.C. Aslan, D.C. Randall et al. [4] нашли дефицит парасимпатической регуляции у пациентов с ТПШУ во время ортостатического стресса, В.В. Бутуханов также обнаружил ее дефицит в виде уменьшения дыхательной аритмии [1], а M. Takahashi et al. обнаружили отсутствие ее дефицита при выполнении статической работы до отказа [19].

Таблица 3. Показатели ВРС в зависимости от полноты повреждения спинного мозга.

Параметры	НП (N=12)	ПП (N=40)	контроль (N=17)	P*	P**		
					НП/кон- троль	ПП/кон- троль	НП/ПП
¹ TP _{a rest} мс ²	3803 (2873,5; 4776,0)	3218 (1449,5; 3991,5)	2326,0 (1765,0; 5235,50)	0,14	>0,05	>0,05	>0,05
³ LF _n /HF _{n rest} ед.	0,7 (0,56; 1,24)	0,6 (0,36; 0,93)	1,2 (0,68; 1,75)	0,04	1,00	0,04	0,78
⁴ VLF _{rest} %	17,9 (16,20; 26,95)	29,8 (19,0; 41,20)	25,5 (22,20; 30,50)	0,08	>0,05	>0,05	>0,05
⁵ RR _{max/min} ед.	1,16 (1,14; 1,20)	1,18 (1,11; 1,25)	1,34 (1,27; 1,46)	0,00	0,00	0,00	1,0
⁶ dTP %	60,3 (-10,94; 115,20)	146,0 (34,23; 270,35)	33,6 (28,34; 96,53)	0,03	1,00	0,06	0,22
⁷ dLF _n /HF _n %	127,9 (16,44; 327,75)	241,5 (100,39; 527,84)	260,0 (137,94; 774,32)	0,29	>0,05	>0,05	>0,05
⁸ TP _{a tilt} мс ²	6397 (2183,5; 8836,5)	6056 (4053,0; 9325,5)	3133,5 (2280,0; 4484,50)	0,03	0,52	0,02	1,00
⁹ VLF _{tilt} %	63,5 (46,10; 71,90)	76,3 (64,45; 86,35)	55,6 (44,1; 61,3)	0,00	1,00	0,00	0,02
¹⁰ LF _n /HF _{n tilt}	1,9 (0,81; 3,53)	2,3 (1,18; 3,30)	4,1 (2,76; 5,91)	0,01	0,02	0,01	1,00

Примечание: обозначения см. табл., непараметрический дисперсионный анализ* (Kruskal-Wallis Anova by Ranks), непараметрическое множественное сравнение (Манн-Уитни)**, Me (25%; 75%).

В состоянии покоя у пациентов ТПШУ с ПП вегетативный тонус в позднем периоде не отличается от здоровых субъектов [21] и пациентов с неполным повреждением спинного мозга (НП) [9], а вегетативная реактивность: рефлексорная (синокаротидная), фармакологическая – выше у пациентов с ПП [14].

У пациентов с ТШМ и ПП определяется дефицит реактивности и обеспечения деятельности в ортопробе [21], а также в пробах с физической нагрузкой [19] по сравнению со здоровыми испытуемыми, и пациентами с НП.

Следует отметить один важный факт. Дефиниция «полное повреждение спинного мозга» у пациентов с ТПШУ несет в себе информацию о состоянии спинальных проводников соматической нервной системы и не всегда сопровождается полным повреждением симпатических проводников спинного мозга. Применение методики вызванных кожных симпатических потенциалов и ВРС на коротких участках является достоверными

методами оценки полноты повреждения симпатических спинальных волокон [7].

Обращает на себя внимание умеренное нарушение парасимпатической реактивности у пациентов с ТШМ вне зависимости от полноты повреждения спинного мозга, что заставляет пересмотреть роль стволовых структур у этих пациентов в общей системе вегетативной дисфункции.

Выводы:

При комплексной оценке состояния ВНС у пациентов с ТПШУ в хроническом периоде с помощью оценки ВРС сохраняется грубое нарушение вегетативной регуляции в сердечно-сосудистой системе на сегментарном уровне, и минимальное – на супрасегментарном уровнях. Выраженность указанной вегетативной дисфункции более выражена при полном повреждении спинного мозга и не зависит от уровня повреждения шейного отдела спинного мозга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бутуханов В.В. Особенности регуляции сердечнососудистой и дыхательной систем у больных с травмой спинного мозга. Ортопедия травматология и протезирование, Изд. Медицина. М., 1983, – №7, – с. 21–24.
2. Данилов А.Б., Окнин В.Ю., Садеков Р.К. Кардиоваскулярные пробы при некоторых формах патологии // Журн. Невропатол. и психиатр. – 1991, – № 5, – с. 22–25
3. Михайлов В.М. «Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода» Иваново, 2000. – 200 с.
4. Aslan S. C., Randall D. C., Donohue K. D., Knapp C. F., Patwardhan A. R., McDowell S. M., Taylor R. F., Evans J. M.. Blood pressure regulation in neurally intact human vs. acutely injured paraplegic and tetraplegic patients during passive tilt. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2007, – №292, – P: 1146–1157.
5. Bunten DC, Warner AL, Brunnemann SR, Segal JL. Heart rate variability is altered following spinal cord injury. *Clin. Auton. Res.* 1998; Vol. 8, №6, P: 329–334.
6. Cevese A., Gulli G., Polati E., Gottin L., Grasso R. Baroreflex and oscillation of heart period at 0,1 Hz studies by α -blockage and cross-spectral analysis in healthy humans. *J. Physiol.*, 2001; Vol.531, P: 235–244.
7. Claydon V. E., Krassioukov A. V. Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury. // *American Journal of Physiology* – 2007, – Vol. 294. – P. 668–678.
8. Grasso R., Schemm F., Gulli G., Cevese A. Does low-frequency variability of heart period reflect a specific parasympathetic mechanism? *J. Auton. Nerv. Syst.* 1997; Vol.63, P: 30–38.
9. Grimm D.R., DeMeersman R.E., Almenoff P.L., Spungen A.M., Bauman W.A. Sympathovagal balance of the heart in subjects with spinal cord injury. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* – 1997, – Vol. 272, – P:835–842.
10. Inoue K., Miyake S., Kumashiro M., Ogata H., Yoshimura O. Power spectral analysis of heart rate variability in traumatic quadriplegic humans. *Am. J. Physiol.* 1990; Vol.258, №6, P: 1722–1726. (16).
11. Inoue K., Ogata H., Hayano J., Miyake S., Kamada T., Kuno M., Kumashiro M. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegic patients by spectral analysis of heart rate variability. *J. Auton. Nerv. Syst.* 1995; Vol.5, №3, P: 225–234. (17).
12. Karlsson A.K., Friberg P., Lönnroth P., Sullivan L., Elam M. Regional sympathetic function in high spinal cord injury during mental stress and autonomic dysreflexia. *Brain.* – 1998, – Vol. 121, – №9. – P: 1711–1719.
13. Kirshblum S. C., Burns S.P., Biering-Sorensen F., Donovan W., Graves D.E., Jha A., Johansen M., Jones L., Krassioukov A., Mulcahey M.J., Schmidt-Read M., Waring W. International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011) *J Spinal Cord Med.* 2011 Nov; 34 (6): 535–546.
14. Koh J., Brown T.E., Beightol L.A., Ha C.Y., Eckberg D.L., Eckberg D.L. Human autonomic rhythms: vagal cardiac mechanisms in tetraplegic subjects. *J. Physiol.* – 1994, – №3, – Vol. 474, – P: 483–495.
15. Mathias C.J. Orthostatic hypotension: causes, mechanisms, and influencing factors. *Neurology.* – 1995, – №5, – Vol. 45, – P: 6–11.
16. Merati G, Di Rienzo M, Parati G, Veicsteinas A, Castiglioni P. Assessment of the autonomic control of heart rate variability in healthy and spinal-cord injured subjects: contribution of different complexity-based estimators. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* – 2006, – №1, – Vol. 53, – P: 43–52.
17. Pomeranz B., Macaulay R.J., Caudill M.A., Kutz I., Adam D., Gordon D., Kilborn K.M., Barger A.C., Shannon D.C., Cohen R.J. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 1985; Vol.248, P: 151–153.
18. Saul J.P., Berger R.D., Chen M.N., Cohen R.J. Transfer function analysis of autonomic regulation II. Respiratory sinus arrhythmia *Amer. J. Physiol.* 1989; V.256, P: 153–161.
19. Takahashi M, Matsukawa K, Nakamoto T, Tsuchimochi H, Sakaguchi A, Kawaguchi K, Onari K. Control of heart rate variability by cardiac parasympathetic nerve activity during voluntary static exercise in humans with tetraplegia. *J. Appl. Physiol.* – 2007, -№5, – Vol.103, – P: 1669–1677.
20. Teasell R.W., Malcolm O.A., Krassioukov A., Delaney G.A. Cardiovascular consequences of loss of supraspinal control of the sympathetic nervous system after spinal cord injury. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 2000, – Vol. 81, – P: 506–516.
21. Wecht J.M., Weir J.P., Bauman W.A. Blunted heart rate response to vagal withdrawal in persons with tetraplegia. *Clin. Auton. Res.* – 2006, – №6, – Vol. 16, – P: 378–383.
22. Wyndaele M., Wyndaele J.J. Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey? *Spinal Cord.* – 2006, – №9, – Vol. 44, – P: 523–529.
23. Иванова Г.Е., Ишутин Д.В., Герцик Ю.Г., Ишутин Р.Ш., Герцик Г.Я. К вопросу оценки состояния и перспектив применения принципов биомеханики движений в разработке импортозамещающих изделий и технологий медицинской реабилитации // Вестник восстановительной медицины. 2017. Т. 78. № 2. С. 36–42.

REFERENCES:

1. Butukhanov V.V. Features of regulation of cardiovascular and respiratory systems in patients with spinal cord trauma. *Orthopedics traumatology and prosthetics, Izd. Medicine. M.*, 1983, – No. 7, – p. 21–24.
2. Danilov A.B., Oknin V.Yu., Sadekov R.K. Cardiovascular tests with some forms of pathology // *Zhurn. Neuropathol. and a psychiatrist.* - 1991, - No. 5, - with. 22–25.
3. Mikhailov V.M. "The variability of the rhythm of the heart. Experience of practical application of the method". Ivanovo, 2000. - 200 p.
4. Aslan S. C., Randall D. C., Donohue K. D., Knapp C. F., Patwardhan A. R., McDowell S. M., Taylor R. F., Evans J. M.. Blood pressure regulation in neurally intact human vs. acutely injured paraplegic and tetraplegic patients during passive tilt. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2007, – №292, – P: 1146–1157.
5. Bunten DC, Warner AL, Brunnemann SR, Segal JL. Heart rate variability is altered following spinal cord injury. *Clin. Auton. Res.* 1998; Vol. 8, №6, P: 329–334.
6. Cevese A., Gulli G., Polati E., Gottin L., Grasso R. Baroreflex and oscillation of heart period at 0,1 Hz studies by α -blockage and cross-spectral analysis in healthy humans. *J. Physiol.*, 2001; Vol.531, P: 235–244.

7. Claydon V. E., Krassioukov A. V. Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury. // American Journal of Physiology. – 2007, – Vol. 294. – P. 668–678.
8. Grasso R., Schena F., Gulli G., Cevese A. Does low-frequency variability of heart period reflect a specific parasympathetic mechanism? J. Auton. Nerv. Syst. 1997; Vol.63, P: 30–38.
9. Grimm D.R., DeMeersman R.E., Almenoff P.L., Spungen A.M., Bauman W.A. Sympathovagal balance of the heart in subjects with spinal cord injury. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. – 1997, – Vol. 272, – P: 835–842.
10. Inoue K., Miyake S., Kumashiro M., Ogata H., Yoshimura O. Power spectral analysis of heart rate variability in traumatic quadriplegic humans. Am. J. Physiol. 1990; Vol.258, №6, P: 1722–1726. (16).
11. Inoue K., Ogata H., Hayano J., Miyake S., Kamada T., Kuno M., Kumashiro M. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegic patients by spectral analysis of heart rate variability. J. Auton. Nerv. Syst. 1995; Vol.5, №3, P: 225–234. (17).
12. Karlsson A.K., Friberg P., Lönnroth P., Sullivan L., Elam M. Regional sympathetic function in high spinal cord injury during mental stress and autonomic dysreflexia. Brain. – 1998, – Vol. 121, – №9. – P: 1711–1719.
13. Kirshblum S. C., Burns S.P., Biering-Sorensen F., Donovan W., Graves D.E., Jha A., Johansen M., Jones L., Krassioukov A., Mulcahey M.J., Schmidt-Read M, Waring W. International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011) J Spinal Cord Med. 2011 Nov; 34 (6): 535–546.
14. Koh J., Brown T.E., Beightol L.A., Ha C.Y., Eckberg D.L., Eckberg D.L. Human autonomic rhythms: vagal cardiac mechanisms in tetraplegic subjects. J. Physiol. – 1994, – №3, – Vol. 474, – P: 483–495.
15. Mathias C.J. Orthostatic hypotension: causes, mechanisms, and influencing factors. Neurology. – 1995, – №5, – Vol. 45, – P: 6–11.
16. Merati G, Di Rienzo M, Parati G, Veicsteinas A, Castiglioni P. Assessment of the autonomic control of heart rate variability in healthy and spinal-cord injured subjects: contribution of different complexity-based estimators. IEEE Trans. Biomed. Eng. – 2006, – №1, – Vol. 53, – P: 43–52.
17. Pomeranz B., Macaulay R.J., Caudill M.A., Kutz I., Adam D., Gordon D., Kilborn K.M., Barger A.C., Shannon D.C., Cohen R.J. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 1985; Vol.248, P: 151–153.
18. Saul J.P., Berger R.D., Chen M.N., Cohen R.J. Transfer function analysis of autonomic regulation II. Respiratory sinus arrhythmia Amer. J. Physiol. 1989; V.256, P: 153–161.
19. Takahashi M, Matsukawa K, Nakamoto T, Tsuchimochi H, Sakaguchi A, Kawaguchi K, Onari K. Control of heart rate variability by cardiac parasympathetic nerve activity during voluntary static exercise in humans with tetraplegia. J. Appl. Physiol. – 2007, -№5, – Vol. 103, – P: 1669–1677.
20. Teasell R.W., Malcolm O.A., Krassioukov A., Delaney G.A. Cardiovascular consequences of loss of supraspinal control of the sympathetic nervous system after spinal cord injury. Arch. Phys. Med. Rehabil. – 2000, – Vol. 81, – P: 506–516.
21. Wecht J.M., Weir J.P., Bauman W.A. Blunted heart rate response to vagal withdrawal in persons with tetraplegia. Clin. Auton. Res. – 2006, – №6, – Vol. 16, – P: 378–383.
22. Wyndaele M., Wyndaele J.J. Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey? Spinal Cord. – 2006, – №9, – Vol. 44, – P: 523–529.
23. Ivanova G.E., Ishutin D.V., Gertsik Yu.G., Ishutina R.Sh., Gercik G.Ya. To the question of assessing the state and prospects of applying the principles of movements biomechanics in the development of import substituting products and technologies for medical rehabilitation // Journal of restorative medicine. 2017. P. 78. № 2. P. 36–42.

РЕЗЮМЕ

Целью данной работы явилось оценить вариабельности ритма сердца у пациентов с хронической тяжелой шейной миелопатией (ТШМ). В исследовании приняло участие 60 пациентов (тетраплегия) и 17 практически здоровых лиц (контрольная группа). Оценивались вариабельность ритма сердца (ВРС) в покое, пробе с глубоким дыханием, пассивной ортопробе на поворотном столе. В результате было показано влияние полноты повреждения спинного мозга, и отсутствие влияние уровня поражения на ВРС у пациентов с тяжелой шейной миелопатией в позднем периоде. Вывод: пациенты с полным повреждением спинного мозга имеют грубые нарушения ВРС.

Ключевые слова: травматическая шейная миелопатия, вегетативная дисфункция, вариабельность ритма сердца.

ABSTRACT

Purpose of this work is to define the dysfunction of autonomic regulation in patients with chronic cervical spinal cord injury. The study was included 60 patients with traumatic cervical myelopathy (tetraplegia) and 17 healthy individuals (control). It was assessed changes in autonomic nervous systems (HRV) using heart rate variability analysis in a rest, depth breathing and tilt tests. The results revealed corresponding within completeness, not corresponding within level of spinal cord injury and autonomic dysfunction (HRV).

Keywords: chronic spinal tetraplegia, autonomic dysfunction, heart rate variability.

Контакты:

Бушков Ф.А. E-mail: bushkovfedor@mail.ru