

М.А. Лебедева<sup>1</sup>, В.Ю. Богачев<sup>2</sup>, К.С. Терновой<sup>2</sup>, Н.Е. Никушкина<sup>3</sup>, М.Ю. Карганов<sup>1</sup>

## **Сердечная патология и вегетативные нарушения у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой**

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии» РАМН, 125315, Москва, ул. Балтийская, 8

<sup>2</sup> Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова», 119992, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

<sup>3</sup> Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова», 117997, Москва, ул. Островитянова, 1

*Функции сердечно-сосудистой системы были исследованы у 103 пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой. Оценивали функцию проводимости миокарда и регуляцию ритма сердца методом спиреоартериокардиографии. Спектральный и временной анализы вариабельности сердечного ритма были использованы для сравнения показателей вариабельности у пациентов с травмой позвоночника и здоровых испытуемых. Дисфункции, обнаруженные в работе автономной нервной системы у больных с травмами позвоночника, могут быть причиной тяжелых сердечно-сосудистых осложнений и патологии миокарда.*

**Ключевые слова:** автономная дисфункция, вариабельность сердечного ритма, сердечно-сосудистые осложнения, травма позвоночника

М.А. Lebedeva<sup>1</sup>, V.Yu. Bogachov<sup>2</sup>, K.S. Ternovoy<sup>2</sup>, N.E. Nikushkina<sup>3</sup>, M.Yu. Karganov<sup>1</sup>

## **Cardiac pathology and autonomic dysfunction in patients with vertebral and spinal cord injury**

<sup>1</sup> The Institute of General Pathology and Pathophysiology RAMS, 8, Baltiyskaya str., Moscow, 125315, Russia

<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8-2, Trubetskaya street, Moscow, 119992, Russia

<sup>3</sup> N.I. Pirogov Russian National Research University, 1, Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia

*The disturbances of cardiovascular function were examined in 103 patients with vertebral and spinal cord injury. To evaluate myocardial conduction time and regulation of heart rate we used the method of spiroarteriocardiorhythmography. Comparative power spectral and time domain analyses of heart rate variability were carried out in patient and healthy individuals. The autonomic nervous system dysfunction revealed in patients result in severe cardiovascular complications and is associated with high risk of heart diseases.*

**Key words:** autonomic dysfunction, heart rate variability, cardiovascular disturbances, a backbone trauma

Сердечно-сосудистые осложнения являются распространенными последствиями позвоночно-спинномозговой травмы [10]. Кроме того, переломы позвоночника с повреждением сегментарных спинномозговых структур или нисходящих путей из высших вегетативных центров сопровождаются грубыми нарушениями автономных функций организма [8]. Нарушения вегетативной регуляции могут влиять на функцию проводящей системы сердца и на модуляцию активности синусового узла [1, 2]. Дизрегуляция в работе сердечно-сосудистой системы, а также проявления автономной дизрефлексии часто приводят к гибели пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой [14]. Негативные

патологические реакции в системе кровообращения могут возникать у них при проведении реабилитационных мероприятий. Поэтому необходимо проводить диагностику адекватности механизмов регуляции сердечного ритма и оценивать резервы сердечно-сосудистой системы таких пациентов.

*Цель исследования* — выявление функциональной кардиальной патологии и вегетативных дисфункций у больных с переломами позвоночника различной степени тяжести.

### **Методика**

Исследование состояния сердечно-сосудистой системы проведено на приборе спиреоартериокардиографии, производитель — ООО «ИНТОКС», г. Санкт-Петербург [6]. В обследовании приняли участие 103 пациента обоего пола (средний возраст

**Для корреспонденции:** Лебедева Марина Андреевна, канд. биол. наук, вед. научн. сотр. лаб. полисистемных исследований ФГБУ «НИИОПП» РАМН. E-mail: ma\_lebedeva@mail.ru.

39,0±2,8 года) с травмами шейного и/или грудного отделов позвоночника. У всех пациентов проводили одно-временную регистрацию электрокардиограммы в I-м стандартном отведении, периферического артериального давления (пАД) в пальцевой артерии по методу Пеназа и показателей дыхания. При обработке 2-минутных записей анализировали сердечный ритм, длительность R-R интервалов, проводимость миокарда, морфологию и динамику зубцов, интервалов и сегментов ЭКГ. Оценивали некоторые показатели гемодинамики: частоту сердечных сокращений — (ЧСС), показатели неинвазивного систолического и диастолического пАД.

Для анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) как интегрального показателя состояния сердечно-сосудистой системы использовали временной и спектральный анализ ВСР. Оценивали следующие временные показатели ВСР, рассчитываемые по массиву кардиоинтервалов: SDNN (мс) — стандартное отклонение величин нормальных RR интервалов за весь рассматриваемый период; PNN50 (%) — процент пар последовательных интервалов, различающихся более чем на 50 мс, от общего количества последовательных пар нормальных RR интервалов; RMSSD (мс) — квадратный корень из суммы квадратов разностей величин последовательных пар нормальных RR интервалов. Кроме того, с помощью геометрических методов вычисляли индекс напряжения регуляторных систем (ИН), отражающий степень преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными. Из спектральных показателей вариабельности сердечного ритма оценивали: Tr — общая мощность спектра; HF — мощность спектра высокочастотного диапазона ВСР; LF — мощность спектра низкочастотного диапазона вариабельности; и VLF — мощность спектра в диапазоне очень низких частот [12].

Для клинической оценки состояния парасимпатического эфферентного пути использовали функциональную пробу с глубоким медленным дыханием

(6 циклов в 1 мин), и определяли изменения ЧСС и длительности R-R интервалов. Вычисляли коэффициент дыхательной аритмии (K<sub>дых</sub>): отношение наибольшего кардиоинтервала во время выдоха к наиболее короткому во время вдоха. При проведении данного кардиоваскулярного теста в контрольную группу вошли здоровые испытуемые обоего пола (n=51, средний возраст 31,8±1,0 год).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Statistika 6.0. В зависимости от типа распределения достоверность различий между группами определяли с использованием критериев Манна—Уитни, Стьюдента, дисперсионного анализа ANOVA. Различия считали статистически значимыми при уровне  $p < 0,05$ . Некоторые параметры, кроме абсолютных значений оценивали непараметрическим центильным методом.

### Результаты и обсуждение

У пациентов с различными травмами шейного и грудного отделов позвоночника наблюдали выраженные отклонения в работе сердечно-сосудистой системы. Их клиническая картина и выраженность зависели от локализации и степени повреждения спинного мозга и костных структур. У 46 пациентов (44,7%) было выявлено нарушение сердечного ритма по типу брадикардии, которое было наиболее выражено при осложненном переломе шейного отдела позвоночника (табл. 1). В четырех наблюдениях были диагностированы суправентрикулярная (n=2) и желудочковая экстрасистолии (n=2).

Нарушение функции проводимости миокарда по типу внутрипредсердной блокады было обнаружено у 19,4% пациентов, атриовентрикулярные блокады наблюдали в 24,3% случаев. Внутрижелудочковые блокады были выявлены только в группе с осложненными травмами позвоночника и составили 2,8% (n=2). Сочетание различных видов блокад также было выявлено только в этой группе пациентов (n=3).

Таблица 1

Центильное распределение (%) показателей ЧСС и интервалометрии ЭКГ у группы пациентов с осложненной травмой позвоночника

Показатель	Осложнённая травма позвоночника									
	Шейный отдел					Грудной отдел				
	<5	5–25	25–75	75–95	>95	<5	5–25	25–75	75–95	>95
ЧСС, 1/мин	31,5	27,0	28,0	4,5	9,0	17,1	20,9	41,1	15,2	5,7
P, с	9,0	9,0	28,0	36,0	18,0	1,9	7,6	37,3	30,4	22,8
PQ, с	4,5	0	41,5	31,5	22,5	0	0	41,1	30,4	28,5
QR, с	36,0	22,5	32,5	9,0	0	13,3	32,3	37,3	15,2	1,9
QRS, с	18,0	4,5	64,0	9,0	4,5	7,6	17,1	52,5	20,9	1,9
QT, с	4,5	13,5	23,5	18,0	40,5	1,9	5,7	43,0	22,8	26,6
ST, у.е.	0	4,5	14,5	40,5	40,5	3,8	15,2	29,7	24,7	26,6

Увеличение длительности интервала QT, отражающего уровень кровоснабжения миокарда, чаще отмечается у пациентов с осложнённой травмой позвоночника. Важность своевременной диагностики данного нарушения проводимости связана с риском развития желудочковых аритмий [7]. Причинами удлинения интервала QT являются снижение симпатических влияний на сердечную деятельность и дисбаланс вегетативной регуляции [4]. Опосредованным механизмом, по мнению этих авторов, может служить нарушение электролитного баланса, которое также возникает вследствие нарушения вегетативной регуляции. Также у пациентов с травмой позвоночника были обнаружены подъем или депрессия сегмента ST. При осложнённой травме шейного отдела позвоночника отмечалось более выраженное нарушение реполяризации желудочков. По данным клинических наблюдений элевация сегмента ST чаще наблюдается у пациентов с высоким уровнем травмы, и происходит из-за ослабления симпатической активности, повышения вагусного тонуса или ишемии миокарда [13]. В ряде случаев изменения на ЭКГ носили сочетанный характер. Из представленных данных, очевидно, что чем тяжелее травма позвоночника, тем чаще выявляются серьезные нарушения проводимости миокарда.

При анализе ВСР (табл. 2) обнаружено, что у пациентов с травмами позвоночника снижена суммарная мощность спектра variability сердечного ритма TP, эта особенность была более выражена при локализации травмы в шейном отделе. При этом

уменьшался вклад как низкочастотной, так и очень низкочастотной составляющей спектра variability, а уровень высокочастотной компоненты спектра мощности более чем у половины пациентов имел нормальные значения (51,8% при травме шейного, 57,4% при травме грудного отдела позвоночника). Уменьшение симпатических влияний в группе с шейной локализацией травмы связывают с утратой нисходящих супраспинальных влияний, а в группе с грудной локализацией травмы — с повреждением сегментарных симпатических центров. Снижение мощности спектра ВСР в очень низкочастотном диапазоне свидетельствовало об ослаблении влияний на сердечный ритм надсегментарных вегетативных центров, гуморально-метаболических факторов, ренин-ангиотензиновой системы, эндотелиальных факторов [8, 11]. При этом показатель симпато-вагального баланса (отношение LF/HF), по нашим данным, поддерживался на оптимальном уровне [3]. Это согласуется с данными литературы. Однако симпато-парасимпатический баланс, вычисленный, как отношение LF/HF, не всегда адекватно отражает функциональную достаточность регуляторных механизмов ВНС. У пациентов с травмами позвоночника и нарушением целостности спинномозговых структур для выявления и предупреждения угрожающих состояний со стороны сердечно-сосудистой системы требуется проводить анализ ВСР различными методами. Поэтому в данной работе кроме спектрального анализа, мы использовали также временной и геометрический методы обработки массива кардиоинтервалов.

Таблица 2

Центильное распределение (%) спектральных показателей variability сердечного ритма у обследованной группы пациентов

Показатель	Травма позвоночника									
	Шейный отдел					Грудной отдел				
	<5	5–25	25–75	75–95	>95	<5	5–25	25–75	75–95	>95
TP, мс	20,1	37,8	25,4	11,9	4,8	19,3	29,8	32,2	14,1	4,6
VLF, мс	17,2	29,3	47	2,4	4,1	29,7	16,7	35,3	15,1	3,2
LF, мс	31,6	7,6	47,1	13,7	0	22,4	17,3	29,8	27,3	3,2
HF, мс	21,8	14,3	51,8	8,7	3,4	23	10,1	57,4	4,1	5,4

Таблица 3

Значения временных показателей variability сердечного ритма при различной локализации травмы позвоночника

Параметры	I группа. Шейный отдел, n=38	II группа. Грудной отдел, n=65	Контроль. Здоровые, n=30
SDNN, мс	33,47±3,44 p<0,01	40,01±3,51 p<0,01	68±6,1
RMSSD, мс	35,62±5,52 p<0,01	58,37±11,44	66±7,6
pNN50, %	8,81±0,92 p<0,01	13,13±4,61 p<0,05	28±3,9

Количество пациентов (%) с различным типом вегетативного тонуса и опасным превышением значений ИН

Вид травмы	Отклонение индекса			
	Пониженный (ваготоники)	Нормальный (эйтионики)	Повышенный (симпатотоники)	Критический высокий
Травма шейного отдела позвоночника	21%	12,9%	42,1%	24%
Травма грудного отдела позвоночника	23%	13,8%	36,9%	26,3%
Суммарно по всей выборке	22,3%	13,6%	38,8%	25,3%

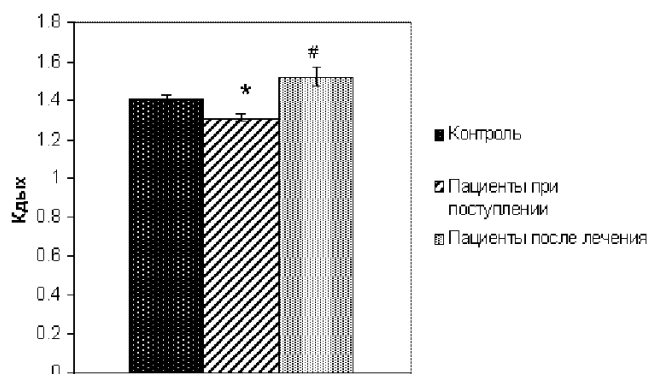
Показатель временного анализа SDNN, характеризующий вариабельность ритма сердца, в целом (табл. 3), будучи математическим эквивалентом общей мощности спектра, также был снижен у пациентов с переломами шейного и грудного отделов по сравнению с группой здоровых обследованных [9]. Ряд авторов связывает низкую ВСР с последующей возможностью возникновения сердечных аритмий [5]. В литературе имеются экспериментальные и клинические подтверждения тому, что при уменьшении значений Тр и SDNN, отражающих общий тонус вегетативной нервной системы (ВНС), возрастает риск смерти от сердечно-сосудистой патологии [11, 15].

Активность парасимпатического звена вегетативной регуляции оценивалась по показателям RMSSD и PNN50 (%). Значения параметра RMSSD в группе пациентов с переломами в грудном отделе не выходили за пределы контрольных значений и свидетельствовали об адекватной активности парасимпатического звена регуляции. Эти параметры были достоверно ниже в группе больных с шейной локализацией травмы, по сравнению с контролем и группой с грудной локализацией травмы, что указывает на уменьшение преобладания парасимпатического отдела ВНС над симпатическим у этих пациентов.

Кроме того, определяли реактивность парасимпатического отдела ВНС по коэффициенту  $K_{\text{дых}}$  в пробе с глубоким медленным дыханием. Считается, что этот параметр является менее зависимым от симпатической компоненты. При обработке всего массива данных мы не выявили различий в значении  $K_{\text{дых}}$  для контрольной группы ( $1,41 \pm 0,02$ ) и между группами с локализацией травмы в шейном ( $1,42 \pm 0,03$ ) и грудном ( $1,49 \pm 0,04$ ) отделах позвоночника. Однако при анализе данных, полученных при динамических обследованиях, был обнаружен достоверно сниженный уровень  $K_{\text{дых}}$  ( $1,31 \pm 0,02$ ,  $p < 0,05$  по сравнению с контролем) у 23 пациентов (15 — осложненный грудной перелом, 2 — неосложненный; 5 — осложненный шейный перелом, 1 — неосложненный) при их поступлении в стационар (рисунок). Такой срыв вегетативного контроля сердечной деятельности ведет к нарушению симпатико-парасимпатического баланса и формированию патологических вегетативных реакций. Недостаточная компенсаторная парасимпатическая активация может быть предпосылкой для проявления нежелательных симпатических эффектов: приступов внезап-

ной тахикардии, тахипноэ и повышения АД. Положительная динамика показателя  $K_{\text{дых}}$  наблюдалась у пациентов этой группы после проведенного лечения ( $1,52 \pm 0,05$ ,  $p < 0,01$ ; repeated measures of ANOVA).

Индекс напряжения, отражающий уровень централизации управления сердечным ритмом высшими вегетативными центрами, имел наибольшие отклонения от нормальных значений у пациентов при травмах позвоночника. В табл. 4 представлено распределение пациентов с учетом их вегетативного тонуса. ИН характеризует мобилизацию функциональных резервов организма при воздействиях, связанных с повышением активности симпатического отдела ВНС. Независимо от локализации повреждения позвоночных и спинномозговых структур ИН имел функционально адекватные показатели лишь в 13% случаев, чуть более 20% наблюдений демонстрировали снижение этого показателя, около 40% — повышение. Четверть всех пациентов имела критически высокий уровень напряжения систем регуляции. Столь высокие значения ИН выявляют преобладание влияния симпатического отдела ВНС на ритм сердца, что может привести к формированию неадекватных реакций со стороны системы кровообращения, нарушениям электрической стабильности миокарда. В целом, такое распределение ИН свидетельствует о значительном напряжении регуляторных механизмов и нарушении вегетативного контроля сердечной деятель-



Значение коэффициента дыхательной аритмии ( $K_{\text{дых}}$ ) у пациентов до и после лечения, а также в группе здоровых испытуемых:

\* —  $p < 0,05$  — достоверные отличия от контроля; # —  $p < 0,05$  — достоверные различия между группами

ности. Ослабление автономного контура регуляции может быть плохим прогностическим фактором для пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой.

В проведенном исследовании у пациентов с переломами шейного и грудного отделов позвоночника были выявлены нарушения ритма по типу брадикардии и нарушения проводимости миокарда, которые проявлялись внутрипредсердной и атриовентрикулярной блокадами, удлинением интервала QT и элевацией сегмента ST. Их выраженность зависела от степени тяжести травмы. Анализ ВСР, проведенный с использованием нескольких методов, позволил оценить характер сдвигов в нейровегетативной регуляции сердечного ритма. Была выявлена недостаточность вагусной регуляции кардиоритма, при этом у части пациентов наблюдалось ослабление симпатических влияний на сердце. Обнаружено снижение показателей общей мощности спектра variability ритма сердца  $T_p$  и SDNN и значительное превышение значений индекса напряжения ИН, что может свидетельствовать об истощении регуляторных механизмов у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой.

Таким образом, данное исследование подтверждает необходимость оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой. При этом важно применять комплексный подход, использовать различные методы ритмографического анализа для раннего выявления потенциально опасных посттравматических осложнений, их своевременной коррекции и улучшения прогноза проводимого лечения. Это поможет врачам-травматологам адресно и адекватно подобрать для пациентов оперативное пособие и реабилитационные мероприятия, которые активируют компенсаторные механизмы и помогут повысить функциональные резервы основных жизнеобеспечивающих систем организма.

### Список литературы

1. *Баевский Р.М., Иванов Г.Г.* Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. — М.: Медицина, 2000. — 295 с.
2. *Жданов А.М., Пономаренко В.Б., Первова Е.В.* Variability сердечного ритма у больных синдромом

слабости синусового узла // Вестник аритмологии. — 2006. — №43. — С. 28—33.

3. *Кавалерский Г.М., Терновой К.С., Богачёв В.Ю.* и др. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем при вертебро-висцеральном синдроме // Вестник восстановительной медицины. — 2011. — №5. — С. 28—33.

4. *Нагорная Н.В., Конопко Н.Н., Четверик Н.А.* Синдром удлинённого интервала QT как причина синкопальных и жизнеугрожающих состояний // Здоровье ребёнка. — Донецк. — 2007. — №2(5). — С. 8—22.

5. *Рябыкина Т.В., Соболев А.В.* Variability ритма сердца. — М.: «Стар Ко», 1998. — 265 с.

6. *Пуговаров В.В.* Спираартериокардитомограф. — Санкт-Петербург: Медицинская техника. — 2006. — Ч. 1. — 623 с.

7. *Шулов А.М., Мельник М.В., Санодзе И.Д.* Диагностика, профилактика и лечение синдрома удлинения QT интервала: Методические рекомендации. — М., 2001. — 28 с.

8. *Claydon V.E., Krassioukov A.V.* Clinical correlates of frequency analyses of cardiovascular control after spinal cord injury // Am J. Physiol. — 2008. — Feb. — 294(2). — P. 668—678.

9. *Dantas E.M., Goncalves C.P., Silva A.B.* et al. Reproducibility of heart rate variability parameters measured in healthy subjects at rest and after a postural change maneuver // J. Med. Biol. Res. — 2010. — Vol. 43. — P. 982—988.

10. *Grigorean V.T., Sandu A.M., Popescu M.* et al. Cardiac dysfunctions following spinal cord injury // J. Med. Life. — 2009. — April 15;2(2). — P. 133—145.

11. *Inskip J.A., Ramer L.M., Ramer M.S.* et al. Spectral analyses of cardiovascular control in rodents with spinal cord injury // J. Neurotrauma. — 2012. — Vol. 29(8). — P. 1638—1649.

12. Heart rate variability. Standart of measurement, physiological, and clinical use. Task Force of European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology // Europ. Heart J. — 1996. — Vol. 17. — P. 354—381.

13. *Marcus R.R., Kalisetti D., Raxwal V.* et al. Early repolarization in patient with spinal cord injury, prevalence and clinical significance // J. Spinal Cord. Med. — 2002. — Spring, 25(1). — discussion — 39. — P. 33—38.

14. *Myers J., Lee M., Kiratli J.* Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management // Am J. Phys. Med. Rehabil. — 2007. — Feb. — Vol. 86(2). — P. 142—152.

15. *Pumprla J., Howorka K., Groves D.* et al. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications // J. Cardiol. — 2002. — Vol. 84. — P. 1—14.

Поступила 15.05.12

### Сведения об авторах:

*Богачёв Владимир Юрьевич*, аспирант каф. травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ПМГМУ им. И.М. Сеченова

*Терновой Константин Сергеевич*, канд. мед. наук, доц. каф. травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ПМГМУ им. И.М. Сеченова

*Никушкина Нина Евгеньевна*, студент VI курса Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова

*Карганов Михаил Юрьевич*, проф., д-р биол. наук, зав. лаб. полисистемных исследований ФГБУ «НИОПП» РАМН