

# ВЕГЕТАТИВНЫЕ КОРРЕЛЯТЫ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СТРЕССА

УДК 616.839–08–008.19

Поступила 19.08.2013 г.

© **Е.В. Рунова**, к.б.н., научный сотрудник отдела нейрофизиологии и экспериментального моделирования НИИ ПФМ<sup>1</sup>;  
**В.Н. Григорьева**, д.м.н., зав. кафедрой неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики<sup>1</sup>;  
**А.В. Бахчина**, аспирант кафедры психофизиологии<sup>2</sup>;  
**С.Б. Парин**, д.б.н., зав. лабораторией психофизиологии<sup>2</sup>;  
**И.С. Шिशалов**, инженер лаборатории когнитивной психофизиологии<sup>2</sup>;  
**В.В. Кожевников**, инженер лаборатории когнитивной психофизиологии<sup>2</sup>;  
**М.М. Некрасова**, к.б.н., ассистент кафедры гигиены труда и коммунальной гигиены<sup>1</sup>;  
**Д.И. Каратушина**, аспирант кафедры психофизиологии<sup>2</sup>;  
**К.А. Григорьева**, аспирант кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики<sup>1</sup>;  
**С.А. Полевая**, д.б.н., зав. отделом нейрофизиологии и экспериментального моделирования НИИ ПФМ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Нижегородская государственная медицинская академия, Н. Новгород, 603000, пл. Минина и Пожарского, 10/1;

<sup>2</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского — Национальный исследовательский университет, Н. Новгород, 603950, проспект Гагарина, 23

**Цель исследования** — поиск вегетативных коррелятов субъективного уровня эмоциональной дезадаптации при исследовании вариабельности сердечного ритма в сочетании с проективно-вербальной методикой мониторинга субъективного уровня эмоционального напряжения.

**Материалы и методы.** Обследованы 60 человек в возрасте от 19 до 23 лет. Были использованы метод определения субъективного уровня эмоциональной дезадаптации и метод телеметрической регистрации кардиоритмографии. Измерения проводили в условиях естественной деятельности 4 раза в день. Результаты обработаны с применением методов параметрической статистики, кластерного анализа. Исследовали вариабельность сердечного ритма с использованием методов спектрального анализа — периодограммного и непрерывного вейвлет-преобразования. В результате анализа получены спектральные показатели второго порядка, которые характеризуют модулирующее воздействие высших надсегментарных уровней регуляции сердечного ритма.

**Результаты.** Установлено, что при отсутствии эмоционального стресса (низком уровне эмоциональной дезадаптации) статистически значимо выше ( $p < 0,05$ ) общая мощность спектра вариабельности сердечного ритма и мощность частотных диапазонов LF и HF, а также модуляция активности симпатической и парасимпатической нервной системы. Отрицательные оценки собственного эмоционального состояния связаны с понижением надсегментарного модулирующего воздействия на вегетативную регуляцию сердечного ритма. Данные персонализированного мониторинга указывают на необходимость исследования индивидуальных и типологических особенностей связи между динамикой эмоционального статуса и динамикой вегетативной регуляции в норме и при патологии.

**Ключевые слова:** эмоциональный стресс; вариабельность сердечного ритма; вейвлет-анализ.

## English

## Vegetative Correlates of Conscious Representation of Emotional Stress

**E.V. Runova**, PhD, Research Worker of Neurophysiology and Experimental Simulation Department of Scientific Research Institute of Applied and Fundamental Medicine<sup>1</sup>;  
**V.N. Grigoreva**, D.Med.Sc., Head of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics<sup>1</sup>;  
**A.V. Bakhchina**, Postgraduate, the Department of Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**S.B. Parin**, D.Bio.Sc., Head of the Laboratory of Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**I.S. Shishalov**, Engineer, the Laboratory of Cognitive Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**V.V. Kozhevnikov**, Engineer, the Laboratory of Cognitive Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**M.M. Nekrasova**, PhD, Tutor, the Department of Occupational Hygiene and Comunal Hygiene<sup>1</sup>;  
**D.I. Karatushina**, Postgraduate, the Department of Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**K.A. Grigoreva**, Postgraduate, the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics<sup>1</sup>;  
**S.A. Polevaya**, D.Bio.Sc., Head of Neurophysiology and Experimental Simulation Department of Scientific Research Institute of Applied and Fundamental Medicine<sup>1</sup>

Nizhny Novgorod State Medical Academy, Minin and Pozharsky Square, 10/1, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603000;

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, National Research University, Gagarin Avenue, 23, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950

Для контактов: Полевая Софья Александровна, тел. моб. +7 905-668-16-07; e-mail: s453383@mail.ru

**The aim of the work** is the investigation of vegetative correlates of the conscious representation of emotional stress.

**Materials and Methods.** The study included 60 people aged from 19 to 23 years. We used the method of determining a subjective level of emotional disadaptation and telemetric recording of cardiorythmography. The measurements were performed under natural activity 4 times a day. The results were processed using the methods of parametric statistics, cluster analysis. HRV was examined using the methods of spectral analysis — the periodogram and the continuous wavelet transform. The analysis results enabled to obtain spectral parameters of the second order, which characterize a modulating effect of higher suprasedgmental levels of heart rate regulation.

**Results.** The total power of the HRV spectrum and the power of LF and HF frequency bands, as well as the modulation of sympathetic and parasympathetic nervous system activity were found to be statistically significantly higher ( $p < 0.05$ ) in the absence of emotional stress (low emotional maladjustment). Negative estimate of their own emotional states were associated with the decrease in suprasedgmental modulating effects on autonomic regulation of the heart rate. Personalized monitoring data indicate the necessity of studying individual and typological features of the relationship between emotional status change and the dynamics of autonomic regulation in health and disease.

**Key words:** emotional stress; heart rate variability; wavelet analysis.

Психический стресс играет ключевую роль в развитии множества соматических и неврологических заболеваний. Термином «стресс» принято обозначать как сильные неблагоприятные физические и/или психогенные внешнесредовые воздействия, так и развивающееся под их влиянием состояние психофизиологического напряжения, исходно служащее для приспособления человека к новым условиям среды. Стресс как хроническое психофизиологическое перенапряжение может провоцировать манифестацию или обострение симптомов болезни, служить одним из факторов риска или усугублять тяжесть ее течения. Эмоциональное перенапряжение снижает продуктивность и качество выполняемых человеком работ. Клиническими коррелятами хронического эмоционального стресса являются и пограничные нервно-психические тревожные, и депрессивные расстройства, резко снижающие качество жизни людей [1].

Негативное влияние на здоровье оказывает прежде всего хронический эмоциональный стресс, и это влияние опосредуется сопряженными с ним неблагоприятными эндокринными, нервно-мышечными и вегетативными изменениями [2]. Повседневный психический стресс служит причиной множества широко распространенных серьезных заболеваний, включая гипертоническую болезнь, инсульты, инфаркты, онкопатологию и др.

Если происхождение острого психического стресса связано прежде всего с неожиданными негативными внешними воздействиями и жизненными переменами, то развитие хронического стресса в большей степени определяется личностными особенностями человека и недостаточностью функционирования его психологических адаптационных механизмов.

Первым шагом на пути преодоления хронического эмоционального стресса является осознание самим человеком факта пребывания в состоянии психического перенапряжения. Эмоции являются субъективным феноменом, и диагностика зависит от способности человека адекватно осознавать и выражать их словами. Между тем способность к осознанию эмоций и выражению их словами развита не у всех людей в одинаковой степени [3]. Важное значение имеет определение тех индивидуальных, регистрируемых в условиях обычной жизнедеятельности физиологических маркеров, кото-

рые могли бы служить индикаторами эмоциональной дезадаптации, т.е. эмоционального перенапряжения и эмоционального истощения. Знание этих маркеров позволит своевременно предоставлять человеку обратную связь, демонстрирующую уровень его психического напряжения, используя которую он может временно снизить это напряжение путем переключения на физическую активность или иную деятельность. Особенно важно предоставление подобного рода обратной связи для лиц, плохо осознающих особенности своего эмоционального состояния.

**Цель исследования** — поиск вегетативных коррелятов субъективного уровня эмоциональной дезадаптации при исследовании вариабельности сердечного ритма в сочетании с проективно-вербальным методом мониторинга субъективного уровня эмоционального напряжения.

**Материалы и методы.** При измерениях динамики психофизиологической системы реализована схема параллельного контроля параметров вегетативной регуляции по показателям вариабельности сердечного ритма (BCP) и тестирования по методике определения уровня эмоциональной дезадаптации (УЭД) [4]. Измерения проводили четыре раза в день в 8:00, 12:00, 16:00 и 20:00 в условиях обычной рабочей деятельности. В исследовании участвовали 60 человек (гендерные различия не оценивались) в возрасте от 19 до 23 лет.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия)) и одобрено Этическим комитетом НижГМА. От каждого пациента получено информированное согласие.

**Мониторинг уровня эмоциональной дезадаптации.** Для оценки УЭД участнику тестирования предлагается указать зону своего текущего состояния в круговом пространстве состояний (рис. 1, а). Границы пространства определены в четырех точках пересечения диагоналей с окружностью. В качестве границ заданы наборы синонимичных прилагательных, описывающих эмоции в соответствии с модальностью (положительные/отрицательные) и уровнем активности (напряжение/расслабление) по отношению к четырем базисным личностным потребностям: а) в безопасности; б) в независимости; в) в достижении; г) в единении (близос-

ти). В зависимости от положения указанной зоны определяется количество набранных человеком баллов для каждой потребности (рис. 1, б). По среднему баллу судят о степени эмоциональной дезадаптации следующим образом:

0 баллов — отсутствие эмоциональной дезадаптации (физиологическая релаксация);

1 балл — слабо выраженная эмоциональная дезадаптация (физиологическое напряжение);

2 — умеренно выраженная эмоциональная дезадаптация (патологическое напряжение);

3 — резко выраженная эмоциональная дезадаптация (патологическая релаксация).

**Мониторинг variability сердечного ритма.** Телеметрические измерения ВСР выполняли с использованием разработанного программно-аппаратного комплекса, состоящего из миниатюрного беспроводного датчика ЭКГ (HxM; Zephyr Technology, США) и смартфона со специализированным программным обеспечением. Конструкция датчика ЭКГ обеспечивает надежную фиксацию его на теле человека, электроды располагаются в I и II грудных отведениях.

Пакетная передача данных от датчика к мобильному устройству производится по беспроводному протоколу Bluetooth. Реализация связи, передачи и сохранения данных осуществляется на мобильном устройстве с помощью оригинального программного обеспечения HR-Reader. Программная среда HR-Reader обеспечивает онлайн-визуализацию регистрируемой динамики R-R-интервалов для контроля записи.

**Анализ спектральных показателей variability сердечного ритма.** Расчет и анализ спектральных показателей ВСР проводили с использованием программного комплекса RhythmService 1.2 («Фотон-тест», Н. Новгород, Россия).

Методы спектрального анализа ВСР позволяют выделить из сложного колебательного процесса, каковым является кардиоинтервалограмма (ритмограмма), составляющие его исходные, более простые колебания, установить их частоту, интенсивность и в некоторых случаях проследить эволюцию выявленных частотных ритмов во времени. В данной работе использовали два метода спектрального анализа ритмограмм:

периодограммный метод (преобразование Фурье и периодограмма Уэлча);

метод непрерывного вейвлет-преобразования.

При использовании периодограммного метода согласно существующим методическим рекомендациям [5] оценивали следующие характеристики ВСР:

TP, мс<sup>2</sup> — суммарная мощность спектра ВСР;

VLF, мс<sup>2</sup> — мощность спектра в области очень низких частот;

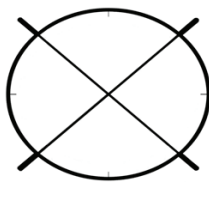
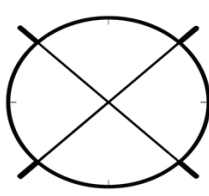
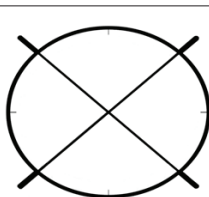
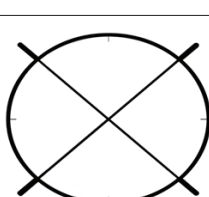
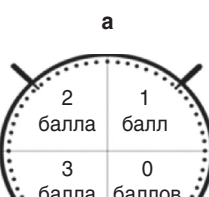
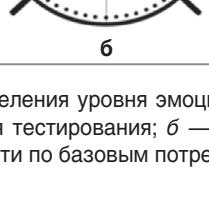



LF, мс<sup>2</sup> — мощность спектра в области низких частот;

HF, мс<sup>2</sup> — мощность спектра в области высоких частот;

LF/HF — отношение мощностей спектра в области низких и высоких частот (индекс вегетативного баланса).

Метод непрерывного вейвлет-преобразования применяют для анализа амплитудных модуляций спектральных компонентов ритмограмм. Этот метод позволяет выделить и оценить участие высших надсегментарных регуляторных компонентов в управлении сердечным ритмом (рис. 2).

Явление модулирования парасимпатической и симпатической активности со стороны надсегментарных структур описано в литературе [6, 7]. Регуляторное воз-

растревоженный (ая) напуганный (ая) устрашенный (ая)		настороженный (ая) обеспокоенный (ая) взволнованный (ая)
замученный (ая) истерзанный (ая) отчаявшийся (ая)		успокоенный (ая) умиротворенный (ая) безмятежный (ая)
озабоченный (ая) перегруженный (ая) перенапряженный (ая)		разгоряченный (ая) возмущенный (ая) рассерженный (ая)
подавленный (ая) угнетенный (ая) скованный (ая)		облегченный (ая) освобожденный (ая) раскрепощенный (ая)
перевозбужденный (ая) исступленный (ая) взвинченный (ая)		настроенный (ая) вдохновленный (ая) воодушевленный (ая)
истощенный (ая) опустошенный (ая) безразличный (ая)		довольный (ая) радостный (ая) гордый (ая)
расстроенный (ая) уязвленный (ая) разочарованный (ая)		заинтересованный (ая) увлеченный (ая) восхищенный (ая)
покинутый (ая) одинокий (ая) тоскующий (ая)		услажденный (ая) ублаженный (ая) благополучный (ая)
<p><b>а</b></p>  <p><b>б</b></p> 		

**Рис. 1.** Методика определения уровня эмоциональной дезадаптации [4]: а — вид бланка для тестирования; б — круговая шкала оценки уровня удовлетворенности по базовым потребностям



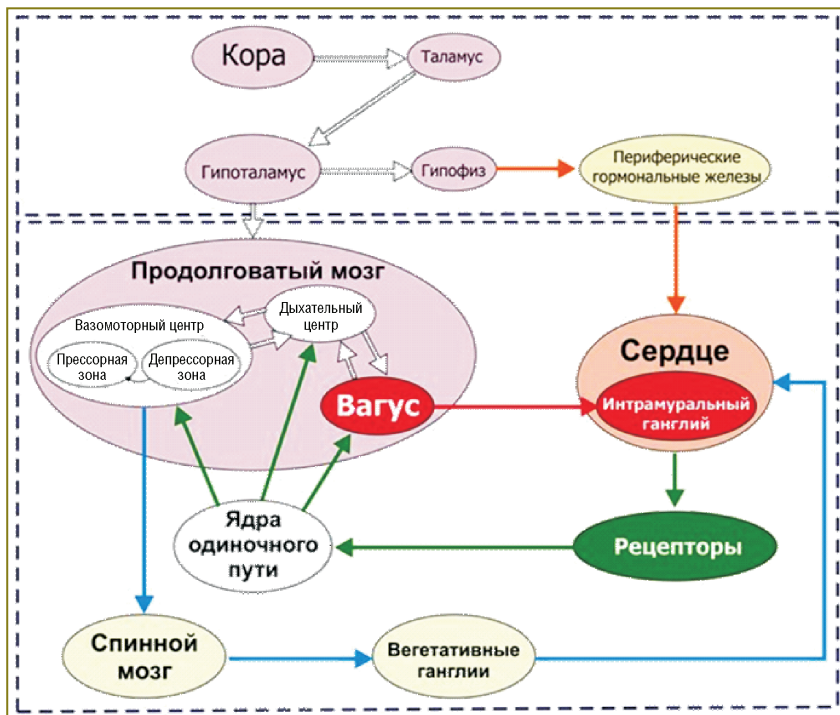


Рис. 2. Схема регуляции системы кровообращения

действие надсегментарного звена предлагается исследовать опосредованно, по модулирующему воздействию на парасимпатический (HF) и симпатический (LF) компоненты ВСР.

Алгоритм выделения и оценки амплитудных модуляций включает следующие этапы:

1) анализ ритмограмм методом непрерывного вейвлет-преобразования, в результате чего получают вейвлет-спектрограмму;

2) выделение на вейвлет-спектрограмме в LF- и H-диапазонах узких полос частот (0,005 Гц), в которых рассматривают зависимости вейвлет-коэффициентов ( $W^2$ ) от времени;

3) статистическая и спектральная оценка полученного временного ряда —  $W^2(t)$ , при этом дополнительным методом оценки выступает периодограммный.

На рис. 3 представлена ритмограмма (3, а) и вейвлет-спектрограмма (3, б) обследуемой П. На вейвлет-

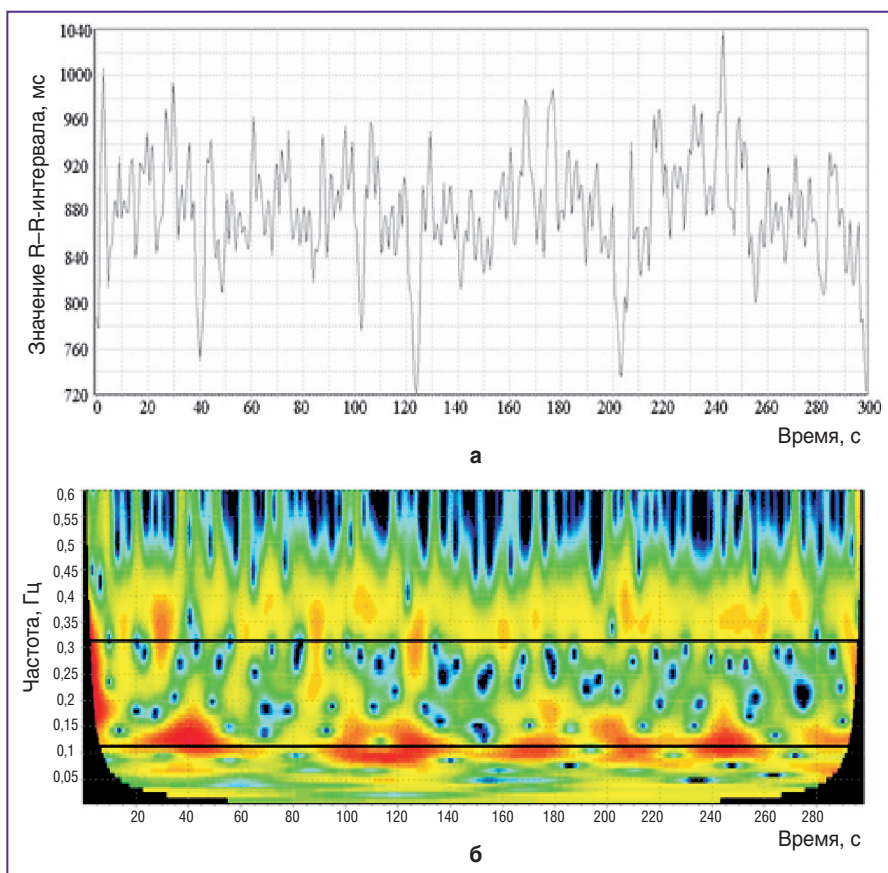


Рис. 3. Ритмограмма (а) и вейвлет-спектрограмма (б) обследуемой П., 21 год, в условиях покоя; черными линиями на вейвлет-спектрограмме отмечены полосы частот (0,005 Гц), в которых были сняты временные ряды зависимости мощности спектральных компонентов сердечного ритма с центральной частотой 0,31 Гц — для HF-компонента и 0,11 Гц — для LF-компонента

спектрограмме выделяются узкие полосы частот (0,005 Гц) в LF- и HF-диапазонах, в которых рассматриваются зависимости вейвлет-коэффициентов ( $W^2$ ) от времени (рис. 4). Полученные временные ряды характеризуют изменение мгновенной мощности данного спектрального компонента сигнала от времени. Эти зависимости можно использовать для оценки низкочастотных модулирующих воздействий.

Степень модулирующего воздействия определяется статистическим методом по разбросу временного ряда мгновенной мощности относительно среднего значения, т.е. по среднеквадратическому отклонению.

С помощью периодограммного метода определяют модулирующие частоты и вычисляют их мощность по амплитуде пиков в полученном спектре (рис. 5).

Представленные спектры содержат основные модулирующие частоты — 0,03 Гц для HF-компонента и 0,025 Гц для LF-компонента. При этом выделяются еще несколько модуляторов (минимум один). На спектрограммах отчетливо видно, что для спектра временных рядов мгновенной мощности LF-компонента характерно более выраженное преобладание основной модулирующей частоты. По отношению общей мощности всех модулирующих частот к мощности основной модулирующей частоты рассчитывали степень концентрации мощности модулирующего воздействия около основной модулирующей частоты.

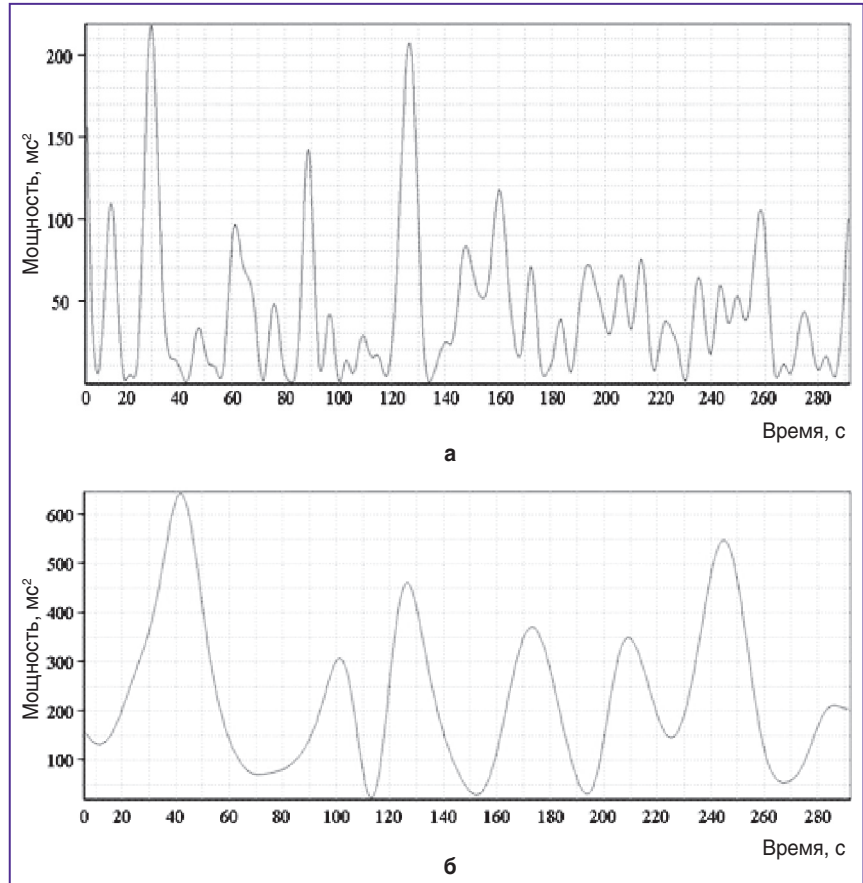


Рис. 4. Временные ряды мгновенной мощности: а — HF-компоненты (на частоте 0,31 Гц); б — LF-компоненты (на частоте 0,11 Гц)

В результате спектрального и статистического анализа временного ряда мгновенной мощности LF- и HF-компонентов в узкой полосе частот получены следующие критерии оценки степени модулирующего воздействия надсегментарного уровня в регуляции сердечной деятельности (спектральные характеристики II порядка):

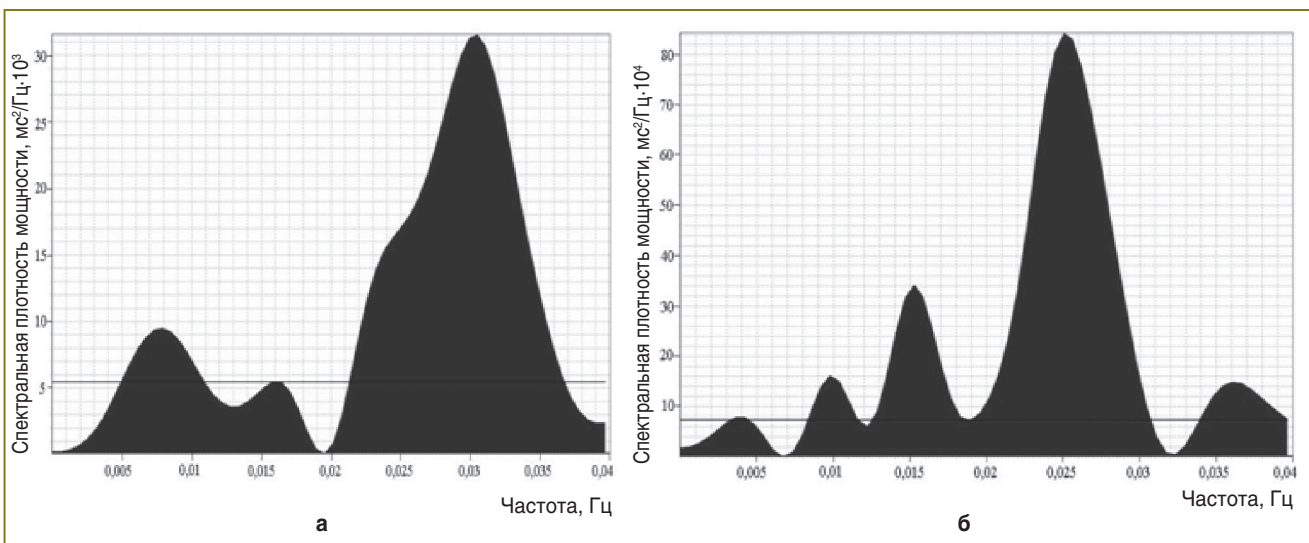


Рис. 5. Спектры Фурье временных рядов мгновенной мощности HF-компонента (а) и LF-компонента (б); черной линией отмечен порог достоверности выделения сигнала из шума с вероятностью  $p \geq 0,9$

показатель степени модуляции симпатической активности — определяется по разбросу среднеквадратического отклонения временного ряда мгновенной мощности LF-диапазона;

показатель степени модуляции парасимпатической активности — среднеквадратического отклонения временного ряда мгновенной мощности HF-диапазона;

степень концентрации мощности модулирующего воздействия около основной модулирующей частоты — отношение общей мощности всех модулирующих частот к мощности основной модулирующей частоты —  $A(f_{общ})/A(f_{max})$  при модуляции симпатической активности (LF-диапазона);

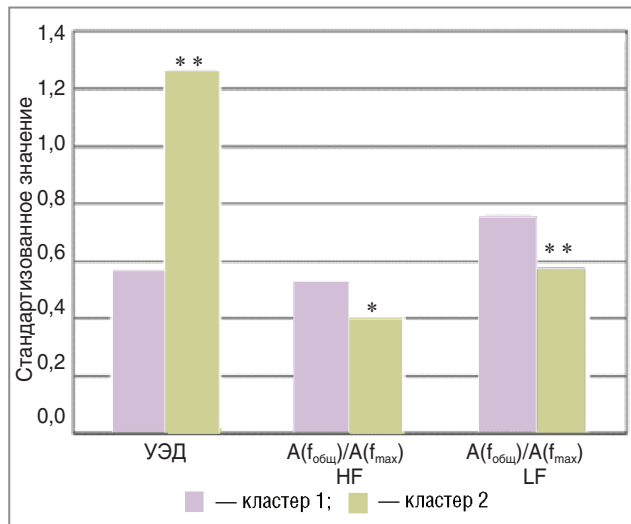
степень концентрации мощности модулирующего воздействия около основной модулирующей частоты —  $A(f_{общ})/A(f_{max})$  при модуляции парасимпатической активности (HF-диапазона).

При спектральном анализе временного ряда мощности HF- и LF-компонентов в разных случаях выявляли разное количество модулирующих частот, достоверно присутствующих в сигнале (от 1 до 6), которые находились в диапазоне от 0,003 до 0,04 Гц. При этом среди всех частотных пиков всегда наблюдается наиболее мощный, который определяли как основной частотный источник модуляций (основная модулирующая частота). В случае, если мощность основной модулирующей частоты существенно превышает значение общей мощности всех источников модуляции, можно предположить наличие резонансного эффекта увеличения амплитуды мощности при синхронизации частот модулирующих источников. Для анализируемых частотных компонентов это означает захват частот всех модуляторов частотой основного источника [8, 9]. Таким образом, показатель степени концентрации мощности модулирующего воздействия около основной модулирующей частоты отражает степень подчинения всех компонентов, модулирующих тоническую и фазическую активность блуждающих и симпатических нервов.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программного комплекса Statistica 6.0. Для разделения выборки на кластеры был применен метод k-средних.

Статистическую оценку достоверности межгрупповых отличий и отличий показателей внутри кластеров осуществляли по t-критерию Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** Для поиска вегетативных коррелятов вербальных отображений эмоционального стресса проведен спектральный анализ динамики мощности LF- и HF-компонентов ВСР. Модуляции активности симпатической и парасимпатической систем мы рассматриваем как проявления надсегментарного уровня регуляции сердечного ритма. По показателям УЭД и спектральным характеристикам II порядка группа испытуемых была разделена на два кластера. Кластеры различаются статистически значимо как по показателям эмоциональной дезадаптации, так и по показателям динамики вегетативной регуляции. Резко выраженная эмоциональная дезадаптация, соответствующая состоянию эмо-



**Рис. 6.** Сравнение кластеров по уровню УЭД и степени концентрации  $A(f_{общ})/A(f_{max})$  мощности модулирующего воздействия около одной частоты при модуляции парасимпатической (HF-диапазон) и симпатической (LF-диапазон) активности; межгрупповые различия статистически значимы: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$

ционального стресса, согласуется с низким уровнем надсегментарного контроля (рис. 6).

Отрицательные оценки собственного эмоционального состояния связаны с уменьшением variability вегетативной регуляции и понижением локализации источника надсегментарного модулирующего воздействия (рис. 7). Подобное снижение (разобщение) локализации источника модуляции воспроизводится в ряде математических моделей управления работой сердца и интерпретируется как разрушение иерархии в организации регуляции [10–12].

Анализ вегетативной регуляции сердечного ритма в выделенных кластерах указывает на статистически значимые различия в показателях активности как симпатической, так и парасимпатической системы. При низком уровне эмоциональной дезадаптации (кластер 1) выше общая мощность спектра и мощность для частотных диапазонов, соответствующих активности симпатической (LF) и парасимпатической (HF) нервной системы (рис. 8). Таким образом, повышение уровня эмоционального стресса коррелирует с истощением ресурсов регуляторных систем.

Этот результат согласуется с исследованиями, в которых моделируются ситуации стресса и эмоционального напряжения [13–15]. Исследования больных с депрессивными и тревожными расстройствами показали снижение статистических показателей ВСР (SDNN, RMSSD) в данной группе по сравнению с контролем [16, 17].

Выявлена связь между динамикой эмоционального состояния и динамикой вегетативной регуляции в течение суток (рис. 9).

В кластере 1 при устойчивом эмоциональном благополучии в течение суток зарегистрировано перераспределение вегетативного баланса от симпатотонии утром



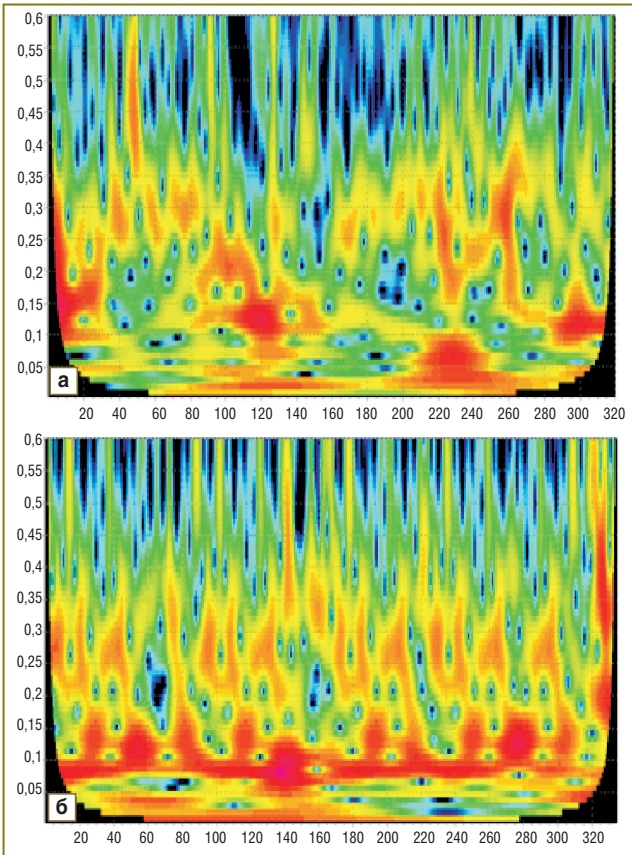


Рис. 7. Вейвлет-спектрограмма при высоком (а) и низком (б) уровнях надсегментарного контроля

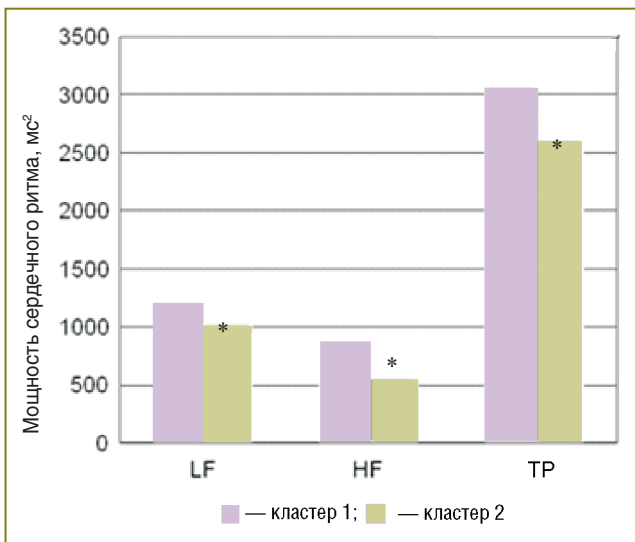


Рис. 8. Сравнение кластеров по спектральным показателям вариальности сердечного ритма; TP — общая мощность спектра; \* — статистическая значимость межгрупповых различий,  $p < 0,01$

к нормотонии вечером. Переход физиологической системы от напряженного состояния в начале рабочего дня на низкоэнергетический уровень вечером может обеспечивать возможность восстановления энергетических ресурсов регуляторных систем и организма в целом.

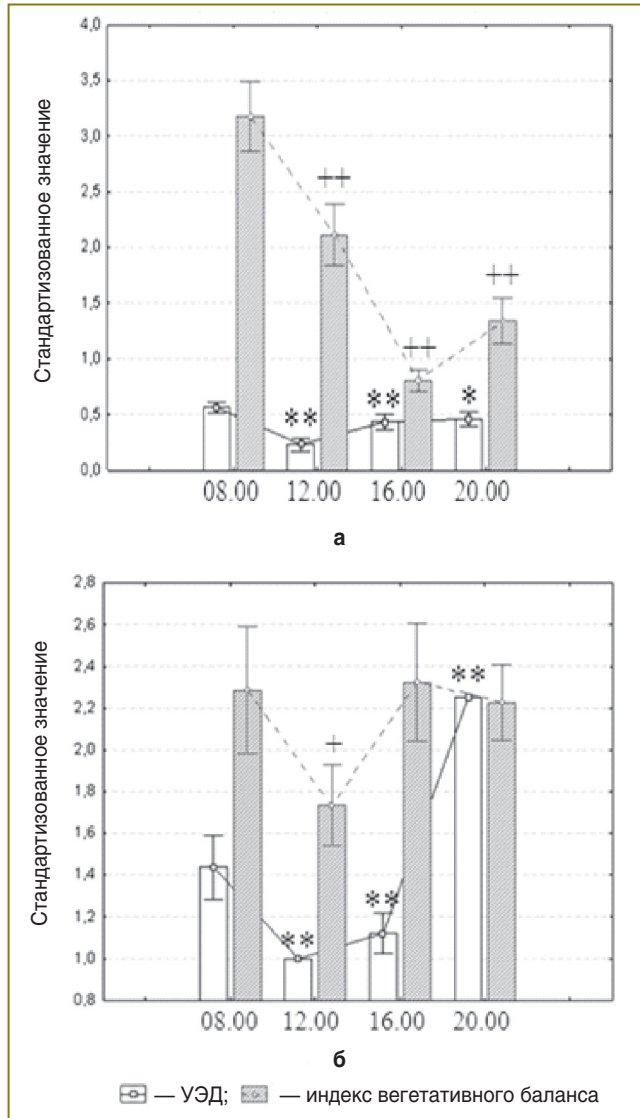


Рис. 9. Суточная динамика показателя УЭД и индекса вегетативного баланса в выделенных кластерах: а — кластер 1; б — кластер 2; \* — статистически значимые различия относительно исходного значения УЭД,  $p < 0,05$ ; \*\* — относительно исходного значения LF/HF (+ —  $p < 0,05$ ; ++ —  $p < 0,01$ )

При этом значение УЭД колеблется около 1, что говорит об отсутствии эмоционального стресса. В кластере 2, где выше УЭД, в течение всех суточных проб индекс вегетативного баланса показывает преобладание симпатических регуляторных влияний (показатель не опускается ниже 1,6). При этом уровень эмоционального стресса к концу дня имеет максимальное значение. Таким образом, можно заключить, что эмоциональный стресс сопровождается устойчивым истощением регуляторных систем организма.

Исследования, отражающие суточную динамику показателей ВСР, как правило, берут в рассмотрение срезы «день–ночь». В этом случае у всех испытуемых независимо от возраста и специфики деятельности наблюдается снижение вариальности днем по сравнению с периодом сна [18]. При этом работы, отражающие

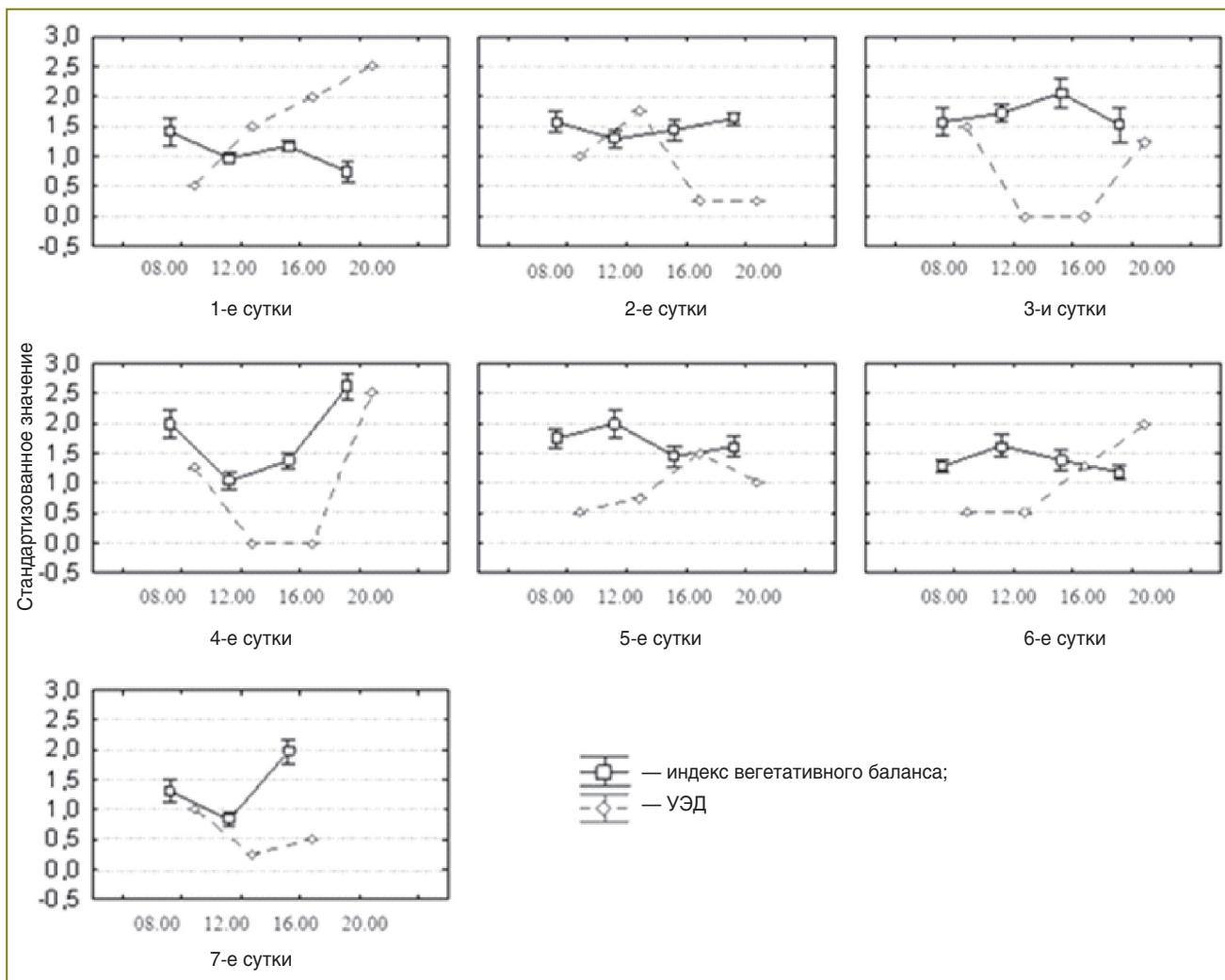


Рис. 10. Суточная динамика показателя УЭД и индекса вегетативного баланса на протяжении семи суток у обследуемого Р.

динамику variability в течение дня, демонстрируют значимые возможности классификации циркадных профилей испытуемых для прогнозирования течения болезни [19, 20].

Результаты индивидуального лонгитюдного исследования в течение 7 дней представлены на рис. 10.

Установлено, что суточная динамика УЭД и индекса вегетативного баланса в пяти случаях из семи имеет характер обратной корреляции. В индивидуальном профиле суточной динамики увеличение эмоционального стресса происходит на фоне снижения симпатической активности. Этот результат персонифицированного мониторинга привлекает особое внимание, поскольку противоречит результатам анализа данных по выборке. Очевидна актуальность исследования индивидуальных и типологических особенностей связи между динамикой эмоционального статуса и динамикой вегетативной регуляции как в норме, так и при патологии. Важно отметить, что вопрос о необходимости анализа индивидуальной динамики поднимался еще в XX в. [21] и рассматривается в современных работах, так как часто наблюдается противоречие индивидуальных

данных средневыворочным. Для этой проблемы еще не разработаны даже методы решения. Имеющиеся на настоящий момент попытки определения вегетативного статуса человека [22], несмотря на высокую степень динамичности и чувствительности исследуемых параметров к внешним и внутренним сигналам, а также поиск универсальных норм [23] для оценки состояния, говорят лишь о недостаточном развитии динамического подхода к определению физиологических параметров и ограничивают возможности поиска связей информационных и физических компонентов биологической системы.

**Заключение.** Вегетативными коррелятами вербальных отображений эмоционального стресса могут быть спектральные показатели variability сердечного ритма, при этом влияние высших регуляторных контуров проявляется в характеристиках спектра второго порядка. Спектр второго порядка — принципиально новый метод оценки уровня надсегментарной регуляции сердечного ритма.

Суточная динамика показателей уровня эмоциональной дезадаптации и индекса вегетативного баланса в выборочном исследовании характеризуется устой-



чивым доминированием симпатической активности при высоком уровне субъективного отображения эмоционального стресса. Однако в случае индивидуального лонгитюдного исследования выявлена связь увеличения уровня эмоциональной дезадаптации с уменьшением индекса вегетативного баланса. Это актуализирует значимость персонализированного мониторинга при изучении вопросов связи эмоционального и вегетативного контекстов жизнедеятельности человека.

**Финансирование исследования.** Работа выполнена при поддержке гранта Министерства науки в рамках федеральной целевой программы (Соглашение №14.В37.21.0043).

**Конфликт интересов.** У авторов нет конфликта интересов.

## Литература

1. Александровский Ю.А. Пограничные психические расстройства. М: Медицина; 2000; 496 с.
2. Яхно Н.Н., Парфенов В.А. Общая неврология. М: МИА; 2009; 200 с.
3. Taylor G.J., Bagby R.M. Alexithymia and the five-factor model of personality. In: personality disorders and the five factor model of personality. Edited by Widiger T.A., Costa P.T.Jr. American Psychological Association: Washington, DC; 2013; p. 193–207.
4. Григорьева В.Н., Тхостов А.Ш. Способ оценки эмоционального состояния человека. Патент РФ №2291720 С1. 2007.
5. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалевский П.Я., Кукушкин Ю.А., Миронова Т.Ф., Прилуцкий Д.А., Семенов Ю.Н., Федоров В.Ф., Флейшман А.Н., Медведев М.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации). Вестник аритмологии 2001; 24: 65–87.
6. Davidson R.J. Anxiety and affective style: role of prefrontal cortex and amygdala. *Biol Psychiatry* 2002; 51(1): 68–80.
7. Mashin V.A. The relationship of the slope of the heart rate graph regression with linear and nonlinear heart rate dynamics in stationary short-time series. *Biophysics* 2006; 51(3): 471–479.
8. Киселев А.Р., Беспятов А.Б., Посненкова О.М., Гринев В.И., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д., Довгалевский П.Я. Внутренняя синхронизация основных 0.1 Гц-частотных ритмов в системе вегетативного управления сердечно-сосудистой системой. *Физиология человека* 2007; 33(2): 69–75.
9. Покровский В.М. Механизмы экстракардиальной регуляции ритма сердца. *Физиологический журнал СССР* 1988; 74(2): 259–264.
10. Бугров А.В. Биоинструментальная информационно-измерительная система идентификации адаптивных контуров управления сердечным ритмом. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград; 2008.
11. Лищук В.А., Красавин В.И., Леднев В.И., Неклюдова И.В., Петрова Л.В., Мироненко В.И. Теоретический анализ вегетативных взаимоотношений. В кн.: Состояние и регуляция вегетативных функций в здоровом организме человека и животных. Владимир: ВГПИ; 1975; 1: 72–74.
12. Божокин С.В. Математическое описание сердечного ритма: учебное пособие. СПб: СПбГПУ; 2005; 79 с.
13. Баевский Р.М. Проблемы стресса и вопросы прогнозирования состояния человека при экстремальных воздействиях. В кн.: Актуальные проблемы стресса. Кишинев: Штиница; 1976; с. 23–33.
14. Shuberta C., Lambert M., Nelesen R.A., Bardwell W., Choid J.B., Dimsdale J.E. Effects of stress on heart rate complexity — a comparison between short-term and chronic stress. *Biol Psychol* 2009 Mar; 80(3): 325–332.
15. Thayer J.F., Åhs F., Fredrikson M., Sollers J.J., Wager T.D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2012; 36: 747–756.
16. Carney R.M., Freedland K.E. Depression and heart rate variability in patients with coronary heart disease. *Cleve Clin J Med* 2009; 76: 13–17.
17. Taylor G.J. Depression, heart rate related variables and cardiovascular disease. *Int J Psychophysiol* 2010; 78: 80–88.
18. Овчинников К.В. Особенности циркадной выраженности спектральных показателей кардиоритма у лиц с различным вегетативным статусом. В кн.: Вестник первого национального института здоровья №1. СПб; 2006; с. 32–33.
19. Лышова О.В., Провоторов В.М. Циркадная динамика показателей variability сердечного ритма у больных обструктивными заболеваниями легких в различных возрастных группах. *Вестник аритмологии* 2004; 36: 31–35.
20. Коркушко О.В., Писарук А.В., Лишневская В.Ю. Возрастные и патологические изменения суточной variability сердечного ритма. *Вестник аритмологии* 1999; 14: 30–33.
21. Парин В.В. Избранные труды. Т. 1. Кровообращение в норме и патологии. М: Наука; 1974; 343 с.
22. Шлык Н.И., Сапожникова Е.Н. Анализ variability сердечного ритма и дисперсионного картирования ЭКГ у участников параллельных исследований «МАРС-500» с разными преобладающими типами вегетативной регуляции (Ижевская экспериментальная группа). *Вестник удмуртского университета* 2012; 1: 109–113.
23. Веневцева Ю.Л., Мельников А.Х., Корнеева Л.Н. Показатели variability ритма сердца в оценке уровня адаптации лиц молодого возраста. *Вестник аритмологии* 2000; 16: 53–55.