

Анализ variability ритма сердца и возможности его применения в психологии и психофизиологии

А.В. Ковалева

*кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии
Московского психолого-педагогического университета, Москва*

Е.Н. Панова

*специалист по учебно-методической работе учебно-производственной лаборатории
компьютерной электрофизиологии кафедры общей психологии
Московского психолого-педагогического университета, Москва*

А.К. Горбачева

*кандидат биологических наук, лаборант учебно-производственной лаборатории
компьютерной электрофизиологии кафедры общей психологии
Московского психолого-педагогического университета, Москва*

Показатели variability ритма сердца являются надежными и объективными индикаторами тонуса вегетативной нервной системы (ее симпатического и парасимпатического отделов), который, в свою очередь, отражает изменения в психо-эмоциональном состоянии человека, развитие стресса или любого напряжения. Целью настоящей статьи являлось описание современных методов объективного изучения функционального состояния человека по параметрам вегетативной регуляции ритма сердца и обзор современных зарубежных исследований, в которых демонстрируются возможности применения этого метода в психологии и психофизиологии. Описываются два подхода к анализу variability ритма сердца: временной и частотный. Среди показателей временного анализа наиболее часто используются такие показатели, как средняя длительность RR-интервалов, стандартное отклонение длительности RR-интервалов, процент пар кардиоинтервалов, отличающихся между собой более чем на 50 мс (pNN50). Среди показателей частотного анализа ритма сердца чаще всего используются следующие: мощность высокочастотного компонента (HF), отражающего парасимпатические влияния, мощность низкочастотного компонента (LF), отражающего симпатические влияния, мощность очень низкочастотного компонента (VLF), соотношение низко- и высокочастотных волн (LF/HF), отражающее вегетативный баланс.

Ключевые слова: variability ритма сердца; временной анализ ритма сердца; частотный (спектральный) анализ ритма сердца; половые отличия, возрастные отличия; медитация; депрессия; тревожность.

Вводная часть

При любом изменении функционального состояния человека, психическом эмоциональном или физическом напряжении мгновенно изменяется тонус вегетативной нервной системы (ВНС) в сторону повышения активности его симпатического отдела. В спокойном же состоянии более активен, как правило, парасимпатический отдел. В тех областях знаний о человеке, где важным является своевременное и объективное определение уровня напряжения (психология, психофизиология, спортивная наука, медицина), изучение вегетативного баланса чаще всего осуществляется при помощи показателей variability ритма сердца (ВРС). Эти показатели позволяют произвести дифференцированную диагностику вегетативных влияний не только на само сердце, но и на весь организм в целом [3]; [20]. Под вариативностью РС понимается разброс величины интервалов между соседними R-зубцами (RR-интервалов) на записи электрокардиограммы (ЭКГ). По временным и амплитудным характеристикам ритмических колебаний RR-интервалов можно судить о состоянии регуляторных механизмов организма человека [2]; [3]; [9]; [19]; [29].

Изменения ритма сердца — универсальная оперативная реакция целостного организма в ответ на любое воздействие факторов внешней среды. Анализ variability ритма сердца — это не-

инвазивная технология, позволяющая в реальном масштабе времени оценивать состояние регуляторных систем человека и решать многие прогностические, диагностические и лечебные задачи [2]. Основы применения этого метода были заложены в нашей стране Р.М. Баевским еще в 60—70-е годы [1].

При оптимальном регулировании — управление ритмом сердца происходит с минимальным участием высших уровней управления, с минимальной централизацией управления. При неоптимальном управлении — необходима активация все более высоких уровней управления. Это проявляется в виде изменения спектрального состава волн ритма сердца.

Цель настоящей статьи — описать современные методы объективного изучения функционального состояния человека по параметрам вегетативной регуляции ритма сердца и продемонстрировать возможности этого метода для применения в психологии и психофизиологии.

Основы метода анализа variability ритма сердца

В настоящее время применяется два подхода к анализу variability ритма сердца: временной (time domain) и частотный (frequency domain) методы анализа [2]; [3]; [9]; [20]; [28].

Временной анализ ВРС предполагает расчет определенных показателей кардиоритмограммы (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели временного анализа variability ритма сердца [2]; [9]; [19]; [28]

Показатель	Пояснение	Функциональное значение
ЧСС (HR), уд/мин	Частота сердечных сокращений	Средний уровень функционирования системы кровообращения и ВНС

RR, мс	Средняя длительность RR-интервала	
SDNN, мс	Стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов	Суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения
RMSSD, мс	Квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов	Активность парасимпатического звена вегетативной регуляции
pNN50, %	Число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в записи	Показатель степени преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (относительное значение)

Большинство показателей ВСР временной области сильно коррелируют друг с другом и в практических целях достаточно ограничиваться двумя из них. Чаще всего используют показатель pNN50. Он нормирован на продолжительность RR-интервалов (ЧСС), а потому не зависит от их величины и может сравниваться у одного и того же обследуемого на разных этапах и в разных условиях исследования [2].

Методы анализа ВСР в частотной области (frequency domain) получили очень широкое распространение в последние годы [3]; [6]; [9]; [20]; [29]. Анализ спектральной плотности мощности колебаний дает информацию о распределении мощности в зависимости от частоты колебаний. Еще в 90-е годы было показано, что применение спектрального анализа позволяет количественно оценить различные частотные составляющие колебаний ритма сердца и наглядно графически представить соотношения разных компонентов сердечного ритма, отражающих активность определенных звеньев регуляторного механизма [3]; [20].

Современные стандарты измерений, физиологической интерпретации и клинического использования показателей вариабельности ритма сердца, ВРС

(heart rate variability, HRV) были разработаны и утверждены в 1996 году американской ассоциацией изучения сердца и европейским обществом кардиологов [9].

Обычно при анализе спектра РС рассматривают три основных пика. Дыхательные волны (или HF-составляющая спектра РС), определяемые частотой дыхательных движений (ЧДД), и два пика медленных колебаний: с периодом от 6 до 13 с, формирующие пик на частоте примерно 0,04–0,15 Гц (LF), и волны с периодом до 60 с, что соответствует частоте 0,003–0,04 Гц (VLF). В ряде случаев используются также показатели общей мощности (total power, мощность всех колебаний с частотой меньше 0,4 Гц) и ULF (самые низкочастотные колебания с частотой менее 0,003 Гц) [6]. Подобная методология неинвазивного оценивания взаимодействия основных компонентов вегетативного баланса физиологических регуляций у человека признана Европейским кардиологическим обществом [9] и в настоящее время активно используется для диагностики функциональных состояний человека в норме и при патологии. В таблицу 2 представлены основные показатели частотного анализа ритма сердца и их функциональная роль.

Основные показатели частотного анализа вариабельности ритма сердца [9]; [28]

Показатель	Пояснение	Функциональное значение
Total power, mc^2	Общая мощность спектра ($\leq 0,4$ Гц)	Общий показатель вариабельности кардиоинтервалов за выбранный промежуток времени
VLF, mc^2	Мощность очень медленных волн ($< 0,04$ Гц)	Гормональные, метаболические влияния и воздействие высших отделов головного мозга на ритм сердца
LF, mc^2	Мощность медленных волн (от 0.04 до 0.15 Гц)	Симпатические влияния на ритм сердца и барорецепторные механизмы
LF, nu	То же, в нормализованных единицах	—
HF, mc^2	Мощность высокочастотных (дыхательных) волн (от 0.15 до 0.4 Гц)	Парасимпатические влияния на ритм сердца (дыхательные волны)
HF, nu	То же, в нормализованных единицах	—
LF/HF	Соотношение медленных и высокочастотных волн в спектре ритма сердца	Баланс симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца

В многочисленных физиологических экспериментах и клинических наблюдениях [3]; [9]; [19]; [20] показано, что высокочастотный компонент модуляции ритма сердца (HF) обусловлен преимущественно активацией волокон вагусного нерва, т. е. парасимпатическим тонусом. Природа низкочастотного компонента ритма сердца менее однозначна, но все исследователи сходятся в том, что обязательным условием появления этого компонента в спектре ритма сердца является активация, в том числе и симпатических эфферентов [2]; [3]; [19]; [20]. Однако Goldstein DS et al (2011) [8] предположили, что мощность LF отражает не прямое воздействие симпатических нервов на сердце, а работу барорефлекторного механизма.

Таким образом, увеличение мощности высоко- и низкочастотных компонентов спектра ритма сердца в ответ на изменение экспериментальных условий принимается в качестве маркеров соответ-

ственно повышения тонуса парасимпатической или симпатической системы.

Мы проанализировали зарубежные статьи, в которых указывались значения некоторых показателей временного и частотного анализа ритма сердца для здоровых людей. Эти показатели представлены в табл. 3.

Как видно из таблицы, нормативные показатели довольно сильно отличаются в разных работах. Это может быть связано с использованием небольших выборок испытуемых (в большинстве случаев до 20 человек), а также с тем, что многие работы проведены на разных популяциях (например, данные по самой большой выборке получены на японских студентах [11]).

Возрастные и половые отличия

При сравнении испытуемых молодого возраста (20–25 лет) и старых (71–

**Значения некоторых показателей вариабельности ритма сердца
для здоровых людей по данным разных авторов**

Показатель ВРС	Значение	Выборка	Средний возраст испытуемых	Время регистрации ЭКГ	Источник
LF, мс ²	775 ± 125	79	40,1	5—10	D. Lucini et al (2007) [18]
ms ² /Hz	3500 ± 2900	11	21,2		F.S. Martinelli et al, 2005 [23]
	5424 ± 1137	10	9,5	16	A.S. Leicht and G.D. Allen (2008) [13]
	10,42 (ln)	456	20—29	2	Kobayashi (2012) [11]
	1170 ± 416			5	Task Force (1996) [9]
LF, nu	55,3 ± 2,0	79	40,1	5—10	D. Lucini et al, 2007 [18]
	71 ± 6	11	21,2		F.S. Martinelli et al, 2005 [23]
	53,7 ± 2,8	10	9,5	16	A.S. Leicht and G.D. Allen (2008) [13]
	0,37 ± 0,19	16	20—25	5	R. Wood et al., 2002 [40]
	54 ± 4			5	Task Force, 1996 [9]
HF, мс ²	526 ± 86	79	40,1	5—10	D. Lucini et al (2007) [18]
	1500 ± 800	11	21,2		F.S. Martinelli et al, 2005 [23]
	4283 ± 807	10	9,5	16	A.S. Leicht and G.D. Allen (2008) [13]
	9,84 (ln)	456	20—29	2	Kobayashi, 2012 [11]
	975 ± 203			5	Task Force, 1996 [9]
HF, nu	35,7 ± 1,9	79	40,1	5—10	D. Lucini et al, 2007 [18]
	29 ± 6	11	21,2		F.S. Martinelli et al, 2005 [23]
	45,6 ± 2,8	10	9,5	16	A.S. Leicht and G.D. Allen (2008) [13]
	29 ± 3			5	Task Force, 1996 [9]
LF/HF	2,9 ± 0,4	79	40,1	5—10	D. Lucini et al, 2007 [18]
	2,47 ± 1,01	11	21,2		F.S. Martinelli et al, 2005 [23]

	1,5 ± 0,2	10	9,5	16	A.S. Leicht and G.D. Allen (2008) [13]
	0,58 (ln)	456	20—29	2	Kobayashi, 2012 [11]
	1,5 - 2,0			5	Task Force, 1996 [9]
RR, мс	904 ± 14	79	40,1	5—10	D. Lucini et al, 2007 [18]
	854,3 ± 105,7				F.S. Martinelli et al, 2005 [23]
	945,85	456	20—29	2	Kobayashi, 2012 [11]
	887 ± 52,3	16	20—25	5	Wood et al, 2002 [40]
SDNN, мс	59,1 ± 36,5	11	21,2		F.S. Martinelli et al, 2005 [23]
	27,17	456	20—29	2	Kobayashi, 2012 [11]
	72,22 ± 27,29	16	20—25	5	Wood et al, 2002 [40]
	141 ± 39			5	Task Force, 1996 [9]

90 лет) оказалось, что при старении вариабельность ритма сердца снижается, а когнитивная нагрузка еще больше уменьшает этот показатель [41]. В другой работе [38] сравнивались испытуемые пяти возрастных групп (25—34, 35—44, 45—54, 55—64 и 65—74 лет). Результаты также показывают, что с возрастом ВРС снижается, однако в последних трех группах различия недостоверны, то есть в пожилом возрасте дальнейшего снижения не наблюдается.

В некоторых работах отмечаются половые отличия в ВРС. Так, при суточной записи ЭКГ (холтеровское мониторирование) на пакистанской популяции было показано, что у женщин ниже вариабельность ритма сердца и, следовательно, выше тонус симпатического отдела ВНС [33]. На довольно большой выборке испытуемых индийцев было показано, что половые различия проявляются только в подростковом (12—19 лет) и зрелом возрастах (20—40 лет) в том, что у женщин выше отношение LF/HF и абсолютная мощность компонента LF, что также свидетельствует в пользу повышенного тонуса симпатической активации

у жительниц Индии [24]. Учитывая, что в работах на европейской и афроамериканской популяциях значимых различий по ВРС не выявлено [39], можно предположить тесную связь уровня симпатической активации, измеряемой по показателям ВРС, с социальными факторами и условиями жизни мужчин и женщин. В работе Li et al., 2009 [14] была выявлена разница в реакции вариабельности ритма сердца мужчин и женщин на стресс: при стрессе у женщин происходило достоверно более выраженное снижение показателей вариабельности ритма сердца, чем у мужчин.

Применение в психологии

В современном обществе весьма актуально воздействие стрессогенных факторов на психику и здоровье человека. Очень широк круг психосоматических расстройств, а также других последствий переживания хронического стресса (депрессии, тревожность и т. д.). С точки зрения физиологических механизмов, переживание как психического, так и физиологиче-

ского стресса человеком запускает каскад нервных и гормональных реакций. При стрессе активируется симпатический отдел вегетативной нервной системы и усиливается выброс гормонов надпочечников, что меняет работу большинства внутренних органов. Наиболее удобными для регистрации являются показатели работы сердечно-сосудистой системы, в частности анализ variability ритма сердца.

По значениям показателей ВРС можно судить об активности вегетативной нервной системы и, следовательно, о степени напряжения человека. Эта методика находит свое применение в разных областях:

- оценка вегетативной регуляции ритма сердца у практически здоровых людей (исходный уровень вегетативной регуляции, вегетативная реактивность, вегетативное обеспечение деятельности);
- определение типа вегетативной регуляции (ваго- нормо- или симпатотония);
- контроль функционального состояния организма в спорте;
- оценка вегетативной регуляции в процессе развития у детей и подростков;
- прогнозирование функционального состояния (устойчивости организма) при профотборе и определение профпригодности;
- оценка и прогнозирование психических реакций по выраженности вегетативного фона;
- оценка уровня стресса, степени напряжения регуляторных систем при экстремальных и субэкстремальных воздействиях на организм;
- оценка функционального состояния человека-оператора;
- оценка эффективности методов, направленных на снижение стрессовых реакций и напряжения.

Один из способов снизить уровень психического напряжения — медитация и занятия йогой. Йога позволяет человеку достичь состояния релаксации, а при длительной практике возможно достичь и состояния медитации, что положительно сказывается на психофизиологическом состоянии. Логично предположить, что такая практика также отразится на показателях variability ритма сердца. Действительно, во многих работах [10]; [15]; [23]; [27]; [36] продемонстрировано повышение variability ритма сердца в результате занятий йогой или медитацией. Так, Yi-Yuan Tang et al. [36] показали, что даже кратковременный тренинг на медитацию (5 дней) достоверно снижает ЧСС и повышает вклад высокочастотной составляющей (HF) в регуляцию ритма сердца, что отражает достижение оптимального вегетативного регулирования.

Поскольку компонент HF отражает способность к саморегуляции, в работе D.J. Libby et al. [15] предположили наличие связи между вкладом HF в ритм сердца и эффективностью терапии по отказу от курения. Оказалось, что по изменению variability ритма сердца во время медитации можно предсказать, насколько успешным будет отказ от курения для данного человека: если во время медитации происходит рост показателя HF, то терапия будет более успешной [15]. Занятия йогой усиливают влияние парасимпатических (вагальных) слияний сердца, что можно использовать для снижения риска смерти от инфаркта миокарда [27].

Весьма распространенным применением анализа variability ритма сердца является оценка уровня тревожности, депрессии [16]; [17]; [35] и реак-

ции на стресс [14]; [19]; [25]; [39]. Так, в работе Morales et al. [25], при сравнении спортсменов международного класса со спортсменами национальных команд по психологическим характеристикам и параметрам variability ритма сердца оказалось, что высококлассные спортсмены (международного класса) отличались более низкой тревожностью, более низкой ЧСС, более длительными RR-интервалами и меньшим значением отношения LF/HF, что отражает более низкий тонус симпатического отдела ВНС и меньшее напряжение ресурсов организма при нагрузке.

Существуют реципрокные взаимодействия между депрессивными расстройствами и риском смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [35]. Одним из возможных механизмов, обеспечивающих эту взаимосвязь, может быть уровень парасимпатических (вагальных) влияний. Variability ритма сердца снижается как при депрессии, так и у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. По-видимому, тонус парасимпатического отдела ВНС одновременно оказывает влияние на эмоции, настроение и на работу сердца.

Показатели variability ритма сердца оказались тесно связаны со способностью к социальной коммуникации, в частности со способностью распознавать эмоции [32]. Существует теория, согласно которой ВРС может служить маркером способности узнавать социальные знаки, подаваемые другими людьми. Более высокая variability ритма сердца связана с лучшей способностью распознавать эмоции.

В коррекции вызванных стрессом нарушений, в том числе и нарушений сер-

дечно-сосудистой системы, а также тревожно-депрессивных расстройств, применяется методика биологической обратной связи (БОС) по параметрам ВРС [22]; [26]; [30]; [31]. Коррекция функционального состояния организма человека по показателям ВРС применялась для улучшения психофизиологического взаимодействия у спортсменов-баскетболистов. БОС-тренинги по ВРС достоверно снижали уровень тревожности и успешность игровой деятельности [30]. Македонские исследователи [31] также продемонстрировали эффективность БОС в области спортивной психологии: у испытуемых улучшились показатели концентрации внимания и снизился уровень тревожности.

Положительное влияние тренировок, направленных на повышение variability ритма сердца и парасимпатического тонуса, продемонстрировано в отношении функции внимания, в том числе и у детей с дефицитом внимания и гиперактивностью [5]; [7]. В работе Borger N et al. [5] показано, что компонент спектра ритма сердца 0,1 Гц может служить своеобразным психофизиологическим индексом (маркером) прилагаемых усилий (мотивации): чем меньше усилий прилагает испытуемый, тем выше у него вклад 0,1 Гц составляющей в ВРС. Оказалось, что у детей с гиперактивностью и дефицитом внимания вклад 0,1 Гц составляющей существенно выше, чем у обычных детей. Учитывая, что компонент с частотой 0,1 Гц относится к низкочастотному диапазону волн ритма сердца (LF), можно сказать, что уменьшение LF компонента и, следовательно, снижение симпатической активации способствует повышению мотивации и улучшению внимания. Eisenberg et al. [7]

также показали, что те, у кого был более высокий тонус парасимпатического отдела ВНС, выполняли тесты на внимание достоверно лучше тех, у кого вегетативный баланс был сдвинут в сторону симпатического тонуса.

Тренинги на повышение парасимпатического тонуса положительно влияют на состояние людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями и успешно используются в программах по стресс-менеджменту [26]. Программы по управлению стрессом включают в себя различные релаксационные техники и когнитивную поведенческую терапию. биологическая обратная связь может облегчить достижение релаксации, помогая испытуемому лучше осознавать и контролировать свои физиологические процессы.

Заключение

Показатели вариабельности ритма сердца являются надежными и объективными индикаторами тонуса вегетативной нервной системы (ее симпатического и парасимпатического отделов), который, в свою очередь, отражает изменения в психо-эмоциональном состоянии человека, развитие стресса или любого напряжения.

Существует два подхода к анализу вариабельности ритма сердца: временной анализ и частотный анализ. Среди показателей временного анализа наиболее часто используются такие показатели, как средняя длительность RR-интерва-

лов, стандартное отклонение длительности RR-интервалов, процент пар кардиоинтервалов, отличающихся между собой более чем на 50 мс (pNN50). Среди показателей частотного анализа ритма сердца чаще всего используются следующие: мощность высокочастотного компонента (HF), отражающего парасимпатические влияния, мощность низкочастотного компонента (LF), отражающего симпатические влияния, мощность очень низкочастотного компонента (VLF), соотношение низко- и высокочастотных волн (LF/HF), отражающее вегетативный баланс.

С возрастом показатели вариабельности ритма сердца отражают повышение тонуса симпатического отдела ВНС. Половые различия в большинстве работ недостоверны.

По значениям показателей ВРС можно судить об активности вегетативной нервной системы и, следовательно, прогнозировать степень напряжения и уровень стрессового состояния человека. Эта методика является чувствительной в отношении депрессивных состояний, тревожности, нарушений некоторых когнитивных функций (внимания, мотивации).

Тренинги по биологической обратной связи, направленные на повышение вариабельности ритма сердца, имеют положительный эффект как в клинической области (уменьшают риск развития тяжелых сердечно-сосудистых заболеваний), так и в неклинической сфере (стресс-менеджмент, релаксация).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баевский П.М.* Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 298 с.
2. *Яблучанский Н.И., Мартыненко А.В.* Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу. Для настоящих врачей. Харьков, 2010, 131 с.
3. *Akselrod S.* Power spectrum analysis of heart rate fluctuations: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control / S. Akselrod, D. Gordon, F.A. Ubel, D.C. Shannon, A.C. Barger, R.J. Cohen // *Science*. 1981. Vol. 213, № 4504. P. 220—222.
4. *Beckers F., Verheyden B., Aubert A.E.* Aging and nonlinear heart rate control in a healthy population // *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2006. Vol. 290, № 6. P. 2560—570.
5. *Borger N.* Heart rate variability and sustained attention in ADHD children / N. Borger, J. van der Meere, A. Ronner, E. Alberts, R. Geuze, H. Bogte // *Journal of Abnormal Child Psychology*. 1999. Vol. 27, № 1. Feb. P. 25—33.
6. *Buccelletti F.* Linear and nonlinear heart rate variability indexes in clinical practice / F. Buccelletti, M.G. Docci, E. Gilardi, V. Fiore, S. Calcinaro, Ch. Fragnoli, R. Maviglia, F. Franceschi // *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 2012. Article ID 219080. 5 p.
7. *Eisenberg J, Richman R.* Heart Rate Variability during a Continuous Performance Test in Children with Problems of Attention // *The Israel journal of psychiatry and related science*. 20011. Vol. 48, № 1. P. 19—24
8. *Goldstein D.S.* Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes / D.S. Goldstein, O. Benthoo, M.Y. Park, Y. Sharabi // *Exp Physiol*. 2011. Vol. 96, № 12. P. 255—1261.
9. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology // *Circulation*. 1996. Vol. 93. P. 1043—1065.
10. *Khatab K.* Iyengar Yoga increases cardiac parasympathetic nervous modulation among healthy yoga practitioners / K. Khatab, A.A. Khatab, J. Ortak, G. Richardt, H. Bonnenmeier // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2007. Vol. 4, № 4. P. 511—517.
11. *Kobayashi H., Park B.-J, Miyazaki Y.* Normative references of heart rate variability and salivary alpha-amylase in healthy young male population // *Journal of Physiological Anthropology*. 2012. Vol. 31, № 9.
12. *Kurosawa T.* Interaction between resting pulmonary ventilation function and cardiac autonomic function assessed by heart rate variability in young adults / T. Kurosawa, T. Iwata, M. Dakeishi, T. Ohno, M. Tsukada, K. Murata // *Biomedical research*. 2007. Vol. 28, № 4. P. 205—211.
13. *Leicht A.S., Allen G.D.* Moderate-term reproducibility of heart rate variability during rest and light to moderate exercise in children // *Brazilian Journal of medical and biological research*. 2008. Vol. 41, № 7. P. 627—633.

14. *Li Zh.* A longitudinal study in youth of heart rate variability at rest and in response to stress / Zh. Li, H. Sneider, Sh. Su, X. Ding, J.F. Thayer, F.A. Treiber, X. Wang // *International Journal of Psychophysiology*. 2009. Vol. 73, № 3. P. 212—217.
15. *Libby D.J.* Meditation-induced changes in high-frequency heart rate variability predict smoking outcomes / D.J. Libby, P.D. Worhunsky, C.E. Pilver, J.A. Brewer // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2012. Vol. 6. P. 1—8.
16. *Licht C.M.* Association between major depressive disorder and heart rate variability in the Netherlands study of depression and anxiety / C.M. Licht, E.J. de Geus, F.G. Zitman, W.J. Hoogendijk, R. van Dyck, B.W. Penninx // *Arch Gen Psychiatry*. 2008. Vol. 65, № 12. P. 1358—1367.
17. *Lo T.G., Grimaldi D.T.L.* Spectral analysis of Heart Rate Variability in psychiatric patients: autonomic nervous system evaluation in psychotic, anxiety and depressive disorders // *Rivista di Psichiatria*. 2012. Vol. 47, № 2. P. 139—148.
18. *Lucini D.* Stress management at the worksite: reversal of symptoms profile and cardiovascular dysregulation / D. Lucini, S. Riva, P. Pizzinelli, M. Pagani // *Hypertension*. 2007. Vol. 49, № 2. P. 291—297.
19. *Malik M., Camm A.J.* Components of heart rate variability: what they really mean and what they really measure // *The American journal of cardiology*. 1993. Vol. 72, № 11. P. 821—822.
20. *Malliani A.* Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain / A. Malliani, M. Pagani, F. Lombardi, S. Cerutti // *Circulation*. 1991. Vol. 84, № 2. P. 482—492.
21. *Maman P., Kanupriya G., Jaspal S.S.* Role of biofeedback in optimizing psychomotor performance in sports // *Asian Journal of Sports Medicine*. 2012. Vol. 3, № 1. P. 29—40.
22. *Markil N.* Yoga Nidra Relaxation Increases Heart Rate Variability and is Unaffected by a Prior Bout of Hatha Yoga / N. Markil, M. Whitehurst, P.L. Jacobs, R.F. Zoeller // *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. Vol. 18, № 10. Oct. P. 953—958.
23. *Martinelli F.S.* Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt / F.S. Martinelli, M.P.T. Chacon-Mikahil, L.E.B. Martins, E.C. Lima-Filho, R. Golfetti, M.A. Paschoal, L. Gallo-Junior // *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2005. Vol. 38, № 4. P. 639—647.
24. *Moodithaya S., Avadhany S.T.* Gender Differences in Age-Related Changes in Cardiac Autonomic Nervous Function // *Journal of Aging Research*. 2012. Article ID 679345. 7 p.
25. *Morales J.* The Use of Heart Rate Variability in Assessing Precompetitive Stress in High-Standard Judo Athletes / J. Morales, V. Garcia, X. Garcia-Masso, P. Salva, R. Escobar, B. Busca // *International journal of sports medicine*. 2012. Vol. 34, № 2. P. 144—151.
26. *Moravec C.S.* Biofeedback therapy in cardiovascular disease: rationale and research overview // *Cleveland clinic journal of medicine*. 2008, Vol. 75, №. 2. P. 35—38.
27. *Muralikrishnan K., Balakrishnan B., Balasubramanian K.* Measurement of the effect of Isha Yoga on cardiac autonomic nervous system using short-term heart rate variability // *Journal of Ayurveda and Integrative medicine*. 2012. Vol. 3, № 2. P. 91—96.
28. *Niskanen J.-P.* Software for advanced HRV analysis / J.-P. Niskanen, M.P. Tarvainen, P.O. Ranta-aho, P.A. Karjalainen // *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2004. Vol. 76, № 1. P. 73—81.

29. *Pagani M.* Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog / M. Pagani, Lombardi S., O. Guzzetti, R. Rimoldi, P. Furlan, G. Pizzinelli et al. // *Circulation research*. 1986. Vol. 59. P. 178—193.
30. *Paul M., Garg K.* The effect of heart rate variability biofeedback on performance psychology of basketball players // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2012. Vol. 37, № 2. P. 131—44.
31. *Pop-Jordanova N., Demerdzieva A.* Biofeedback training for pear performance in sport — case study // *Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2010. Vol. 3, № 2. P. 113—1185.
32. *Quintana D.S.* Heart rate variability predicts emotion recognition: Direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition / D.S. Quintana, A.J. Guastella, T. Outhred, I.B. Hickie, A.H. Kemp // *International Journal of Psychophysiology*. 2012. Vol. 86, № 2. P. 168—172.
33. *Saleem S.* Gender differences of heart rate variability in healthy volunteers / S. Saleem, M.M. Hussain, S.M. Majeed, M.A. Khan // *JPMA-Journal of the Pakistan Medical Association*. 2012. Vol. 62, № 5. P. 422—425.
34. *Sookan T., Mckune A.J.* Heart rate variability in physically active individuals: reliability and gender characteristics // *Cardiovascular Journal of Africa*. 2012. Vol. 23, № 2. P. 67—72.
35. *Stapelberg N.J.* Mind and Heart: Heart Rate Variability in Major Depressive Disorder and Coronary Heart Disease — a Review and Recommendations / N.J. Stapelberg, I. Hamilton-Craig, D.L. Neumann, D.H. Shum, H. McConnell // *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*. 2012. Vol. 46, № 10. P. 946—957.
36. *Tang Y.-Y.* Central and autonomic nervous system interaction is altered by short-term meditation / Yi-Yuan Tang, Yinghua Ma, Yaxin Fan et al. // *PNAS*. 2009. Vol. 106, № 22. June. P. 8865—8870.
37. *Toufan M.* Assessment of electrocardiography, echocardiography, and heart rate variability in dynamic and static type athletes / M. Toufan, M. Kazemi, F. Akbarzadeh, A. Ataei, M. Khalili // *International Journal of General Medicine*. 2012. Vol. 5. P. 655—660.
38. *Voss A.* Short-term heart rate variability-age dependence in healthy subjects / A. Voss, A. Heitmann, R. Schroeder, A. Peters, S. Perz // *Physiological Measurement* 2012 Vol. 33, № 8. P. 1289—311.
39. *Wang X.* Genetic influences on heart rate variability at rest and during stress / X. Wang, X. Ding, S. Su, Z. Li, H. Riese, J.F. Thayer, F. Treiber, H. Snieder // *Psychophysiology*. 2009. Vol. 46, № 3. P. 458—465.
40. *Wood R.* Short-term heart rate variability during cognitive challenge in young and older adults / R. Wood, B. Maraj, C.M. Lee, R. Reyers // *Age and Ageing*. 2002. Vol. 31, № 2. P. 131—135.

Analysis of heart rate variability and possibility of its utilization in psychology and psycho-physiology

A.V. Kovalyova

*associate professor of the chair of general psychology, Moscow State University
of Psychology and Education, Moscow*

E.N. Panova

*specialist for learning support of the learning and practice laboratory of computation
electro-physiology in the chair of general psychology, Moscow State University
of Psychology and Education, Moscow*

A.K. Gorbatchova

*Ph.D in biology, laboratory assistant of the learning and practice laboratory of computation
electro-physiology in the chair of general psychology, Moscow State University
of Psychology and Education, Moscow*

Indices of heart rate variability are reliable and objective indicators of autonomic nervous system tonus (of its sympathetic and parasympathetic divisions) which in its turn reflect the changes in psycho-emotional state of a person, development of stress or any kind of tension. The purpose of this article was to describe the contemporary methods of objective study of a person's functional state by the definition of autonomic regulation of heart rate and also the review of foreign studies which discuss the possibility of utilizing this method in psychology and psychophysiology. The review describes two approaches to the analysis of heart rate variability: temporal and frequency-response analyses. The indices used for temporal analysis include average duration of RR-intervals and percentage of couples of RR-intervals, differing in more than 50ms (pNN50). The indices of frequency-response analysis included intensity of HF component, reflecting influences of parasympathetic outflow; intensity of LF component, reflecting sympathetic influences; intensity of VLF components; correlation of LF and HF waves, reflecting vegetal balance.

Keywords: heart rate variability; temporal heart rate analysis; frequency-response (spectral) heart rate analysis; gender differences; meditation; depression; anxiety.

REFERENCES

1. *Baevskiy R.M.* Prognozirovanie sostoyaniy na grani normy i patologii. M.: Meditsina, 1979. 298 c.
2. *Yabluchanskiy N.I., Martynenko A.V.* Variabel'nost' serdechnogo ritma v pomoshch' prakticheskomu vrachu. Dlya nastoyashchikh vrachey. Khar'kov, 2010, 131 s.
3. *Akselrod S.* Power spectrum analysis of heart rate fluctuations: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control / S. Akselrod, D. Gordon, F.A. Ubel, D.C. Shannon, A.C. Barger, R.J. Cohen // Science. 1981. Vol. 213, № 4504. P. 220—222.

4. *Beckers F., Verheyden B., Aubert A.E.* Aging and nonlinear heart rate control in a healthy population // *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2006. Vol. 290, № 6. P. 2560—570.
5. *Borger N.* Heart rate variability and sustained attention in ADHD children / N. Borger, J. van der Meere, A. Ronner, E. Alberts, R. Geuze, H. Bogte // *Journal of Abnormal Child Psychology*. 1999. Vol. 27, № 1. Feb. P. 25—33.
6. *Buccelletti F.* Linear and nonlinear heart rate variability indexes in clinical practice / F. Buccelletti, M.G. Docci, E. Gilardi, V. Fiore, S. Calcinaro, Ch. Fragnoli, R. Maviglia, F. Franceschi // *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 2012. Article ID 219080. 5 p.
7. *Eisenberg J, Richman R.* Heart Rate Variability during a Continuous Performance Test in Children with Problems of Attention // *The Israel journal of psychiatry and related science*. 20011. Vol. 48, № 1. P. 19—24
8. *Goldstein D.S.* Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes / D.S. Goldstein, O. Benthoo, M.Y. Park, Y. Sharabi // *Exp Physiol*. 2011. Vol. 96, № 12. P. 255—1261.
9. *Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use.* Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology // *Circulation*. 1996. Vol. 93. P. 1043—1065.
10. *Khattab K.* Iyengar Yoga increases cardiac parasympathetic nervous modulation among healthy yoga practitioners / K. Khattab, A.A. Khattab, J. Ortak, G. Richardt, H. Bonnen-meier // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2007. Vol. 4, № 4. P. 511—517.
11. *Kobayashi H., Park B.-J, Miyazaki Y.* Normative references of heart rate variability and salivary alpha-amylase in healthy young male population // *Journal of Physiological Anthropology*. 2012. Vol. 31, № 9.
12. *Kurosawa T.* Interaction between resting pulmonary ventilation function and cardiac autonomic function assessed by heart rate variability in young adults / T. Kurosawa, T. Iwata, M. Dakeishi, T. Ohno, M. Tsukada, K. Murata // *Biomedical research*. 2007. Vol. 28, № 4. P. 205—211.
13. *Leicht A.S., Allen G.D.* Moderate-term reproducibility of heart rate variability during rest and light to moderate exercise in children // *Brazilian Journal of medical and biological research*. 2008. Vol. 41, № 7. P. 627—633.
14. *Li Zh.* A longitudinal study in youth of heart rate variability at rest and in response to stress / Zh. Li, H. Sneider, Sh. Su, X. Ding, J.F. Thayer, F.A. Treiber, X. Wang // *International Journal of Psychophysiology*. 2009. Vol. 73, № 3. P. 212—217.
15. *Libby D.J.* Meditation-induced changes in high-frequency heart rate variability predict smoking outcomes / D.J. Libby, P.D. Worhunsky, C.E. Pilver, J.A. Brewer // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2012. Vol. 6. P. 1—8.
16. *Licht C.M.* Association between major depressive disorder and heart rate variability in the Netherlands study of depression and anxiety / C.M. Licht, E.J. de Geus, F.G. Zitman, W.J. Hoogendijk, R. van Dyck, B.W. Penninx // *Arch Gen Psychiatry*. 2008. Vol. 65, № 12. P. 1358—1367.

17. *Lo T.G., Grimaldi D.T.L.* Spectral analysis of Heart Rate Variability in psychiatric patients: autonomic nervous system evaluation in psychotic, anxiety and depressive disorders // *Rivista di Psichiatria*. 2012. Vol. 47, № 2. P. 139—148.
18. *Lucini D.* Stress management at the worksite: reversal of symptoms profile and cardiovascular dysregulation / D. Lucini, S. Riva, P. Pizzinelli, M. Pagani // *Hypertension*. 2007. Vol. 49, № 2. P. 291—297.
19. *Malik M., Camm A.J.* Components of heart rate variability: what they really mean and what they really measure // *The American journal of cardiology*. 1993. Vol. 72, № 11. P. 821—822.
20. *Malliani A.* Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain / A. Malliani, M. Pagani, F. Lombardi, S. Cerutti // *Circulation*. 1991. Vol. 84, № 2. P. 482—492.
21. *Maman P., Kanupriya G., Jaspal S.S.* Role of biofeedback in optimizing psychomotor performance in sports // *Asian Journal of Sports Medicine*. 2012. Vol. 3, № 1. P. 29—40.
22. *Markil N.* Yoga Nidra Relaxation Increases Heart Rate Variability and is Unaffected by a Prior Bout of Hatha Yoga / N. Markil, M. Whitehurst, P.L. Jacobs, R.F. Zoeller // *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. Vol. 18, № 10. Oct. P. 953—958.
23. *Martinelli F.S.* Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt / F.S. Martinelli, M.P.T. Chacon-Mikahil, L.E.B. Martins, E.C. Lima-Filho, R. Golfetti, M.A. Paschoal, L. Gallo-Junior // *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2005. Vol. 38, № 4. P. 639—647.
24. *Moodithaya S., Avadhany S.T.* Gender Differences in Age-Related Changes in Cardiac Autonomic Nervous Function // *Journal of Aging Research*. 2012. Article ID 679345. 7 p.
25. *Morales J.* The Use of Heart Rate Variability in Assessing Precompetitive Stress in High-Standard Judo Athletes / J. Morales, V. Garcia, X. Garcia-Masso, P. Salva, R. Escobar, B. Busca // *International journal of sports medicine*. 2012. Vol. 34, № 2. P. 144—151.
26. *Moravec C.S.* Biofeedback therapy in cardiovascular disease: rationale and research overview // *Cleveland clinic journal of medicine*. 2008, Vol. 75, №. 2. P. 35—38.
27. *Muralikrishman K., Balakrishman B., Balasubramanian K.* Measurement of the effect of Isha Yoga on cardiac autonomic nervous system using short-term heart rate variability // *Journal of Ayurveda and Integrative medicine*. 2012. Vol. 3, № 2. P. 91—96.
28. *Niskanen J.-P.* Software for advanced HRV analysis / J.-P. Niskanen, M.P. Tarvainen, P.O. Ranta-aho, P.A. Karjalainen // *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2004. Vol. 76, № 1. P. 73—81.
29. *Pagani M.* Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog / M. Pagani, Lombardi S., O. Guzzetti, R. Rimoldi, P. Furlan, G. Pizzinelli et al. // *Circulation research*. 1986. Vol. 59. P. 178—193.
30. *Paul M., Garg K.* The effect of heart rate variability biofeedback on performance psychology of basketball players // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2012. Vol. 37, № 2. P. 131—44.
31. *Pop-Jordanova N., Demerdzieva A.* Biofeedback training for pear performance in sport — case study // *Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2010. Vol. 3, № 2. P. 113—1185.

32. *Quintana D.S.* Heart rate variability predicts emotion recognition: Direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition / D.S. Quintana, A.J. Guastella, T. Outhred, I.B. Hickie, A.H. Kemp // *International Journal of Psychophysiology*. 2012. Vol. 86, № 2. P. 168–172.
33. *Saleem S.* Gender differences of heart rate variability in healthy volunteers / S. Saleem, M.M. Hussain, S.M. Majeed, M.A. Khan // *JPM-A-Journal of the Pakistan Medical Association*. 2012. Vol. 62, № 5. P. 422–425.
34. *Sookan T., Mckune A.J.* Heart rate variability in physically active individuals: reliability and gender characteristics // *Cardiovascular Journal of Africa*. 2012. Vol. 23, № 2. P. 67–72.
35. *Stapelberg N.J.* Mind and Heart: Heart Rate Variability in Major Depressive Disorder and Coronary Heart Disease — a Review and Recommendations / N.J. Stapelberg, I. Hamilton-Craig, D.L. Neumann, D.H. Shum, H. McConnell // *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*. 2012. Vol. 46, № 10. P. 946–957.
36. *Tang Y.-Y.* Central and autonomic nervous system interaction is altered by short-term meditation / Yi-Yuan Tang, Yinghua Ma, Yaxin Fan et al. // *PNAS*. 2009. Vol. 106, № 22. June. P. 8865–8870.
37. *Toufan M.* Assessment of electrocardiography, echocardiography, and heart rate variability in dynamic and static type athletes / M. Toufan, M. Kazemi, F. Akbarzadeh, A. Ataei, M. Khalili // *International Journal of General Medicine*. 2012. Vol. 5. P. 655–660.
38. *Voss A.* Short-term heart rate variability-age dependence in healthy subjects / A. Voss, A. Heitmann, R. Schroeder, A. Peters, S. Perz // *Physiological Measurement* 2012 Vol. 33, № 8. P. 1289–311.
39. *Wang X.* Genetic influences on heart rate variability at rest and during stress / X. Wang, X. Ding, S. Su, Z. Li, H. Riese, J.F. Thayer, F. Treiber, H. Snieder // *Psychophysiology*. 2009. Vol. 46, № 3. P. 458–465.
40. *Wood R.* Short-term heart rate variability during cognitive challenge in young and older adults / R. Wood, B. Maraj, C.M. Lee, R. Reyers // *Age and Ageing*. 2002. Vol. 31, № 2. P. 131–135.