

ВЕГЕТАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ДИНАМИКЕ НАГРУЗОЧНОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ

УДК 61:796/799

Похачевский А.Л.: руководитель научно-исследовательской лаборатории диагностических и оздоровительных технологий, к.м.н., доцент.

ФГОУ ВПО «Вологодский институт права и экономики Федеральной службы исполнения наказаний», г. Вологда, Россия

Введение

В результате многоцентровых исследований доказана значимость изменчивости ЧСС при нагрузочном тестировании в определении независимых предикторов коронарных событий и общей смертности. Их независимость обуславливается сохранением эффективности, и после внесения поправок на возраст, реакцию сегмента ST, индекс массы тела, артериальную гипертензию, диабет, концентрацию фракций холестерина в плазме [1, 2, 3]. В этой связи вскрытие механизмов регуляции ЧСС является актуальным в плане изучения (пато)физиологических основ ее изменчивости. Однако и хронотропный индекс и скорость восстановления ЧСС являются случайными находками – результатом анализа известных ранее (классических) показателей в условиях многотысячных выборок, высокой мощности математико-статистической обработки, определяющей диагностическую и прогностическую значимость. В этой связи приобретает актуальность попытка изучения выявленных статистических феноменов с точки зрения (пато)физиологических процессов их порождающих, регулирующих, с целью поиска новых аналитически обусловленных, а не случайно найденных критериев, позволяющих улучшить диагностическую и прогностическую значимость и в конечном итоге выработать критерии выживаемости, снижения коронарной и общей смертности. Кроме того, вегетативный контроль, вероятно определяющий основу регуляции сердечного ритма (СР) [4] и обуславливающий формирование жизненно важных статистических феноменов, опережает во временном аспекте собственную физиологическую реализацию, что дает возможность не только раньше установить вероятность нарушений, но и (это не менее важно) не доводить до максимума степень реализации, предельная выраженность которой продиктована условиями формирования статистического феномена [5], исключительно в этом случае приобретающим диагностическую (прогностическую) значимость. При этом возрастающая опасность для жизни, по крайней мере, у пациентов с сердечно-сосудистой патологией, определяемая необходимостью максимальной нагрузки (до отказа), актуализирует новую диагностическую возможность. При этом отсутствие необходимости предела нагрузочной толерантности уменьшает длительность тестирования в целом, определяя его экономическую целесообразность.

Недооценка роли нейрогуморальной регуляции как самостоятельного фактора, влияющего на физическое состояние человека и во многом лимитирующего одну и ту же способность организма [6], определяет не только необходимость изучения, но и ставит вопрос изыскания способов ее определения. Невозможность

использования методик изучения кардиоритмограммы (КРГ) покоя для нагрузочного тестирования [6, 7, 8], а также избирательная эффективность нелинейных методов [9] обуславливают необходимость разработки новых математических алгоритмов (анализа нагрузочной КРГ).

Цель работы: изучение вегетативной регуляции сердечного ритма в условиях изменения нагрузочной толерантности разрешается в процессе решения двух задач, во-первых, разработки способа определения и дифференцировки вегетативной активности, во-вторых, сравнительной характеристики вариантов ее изменчивости в динамике нагрузочной толерантности.

Материалы и методы

1. Нагрузочное тестирование

Максимальное велоэргометрическое тестирование осуществлялось по индивидуальному протоколу [5, 10, 11, 12, 13]. Мощность W_1 (Ватт) первой ступени длительностью три минуты рассчитывается исходя из величины должностного основного обмена (ДОО) в килокалориях по формуле $W_1(\text{Вт}) = \text{ДОО} \times 0,1$ (ДОО определяется по таблице Гарриса-Бенедикта) [6]. В дальнейшем нагрузка поминутно возрастает на 30 Вт до индивидуального максимума – снижения скорости педалирования ниже 30 оборотов в минуту, определяющего конец нагрузки и начало восстановительного периода длительностью 7 минут.

Нагрузочные пробы проводились в первой половине дня с 8 до 12 часов на велоэргометре e-Bike Ergometer (диапазон нагрузки 20–999 Вт). В течение всего времени тестирования посредством компьютерного поликардиоанализатора «ПолиСпектр-12» (частота квантования 1000 Гц) компании «Нейрософт» записывалась оцифрованная электрокардиограмма (ЭКГ), из которой в дальнейшем выделялся последовательный ряд R–R интервалов – КРГ, подвергающаяся плановой математической обработке согласно способу определения.

Результаты исследования обрабатывались с помощью статистических пакетов Microsoft Excel 7 и Statistica 6.0. Принимая во внимание, что распределение значений отличалось от нормального, данные представлены в виде медианы (Me) и пограничных значений 25, 75 перцентилей (Пц). Для их статистической обработки использованы непараметрические методы сравнения Kruskal-Wallis и Mann-Whitney.

2. Способ определения вегетативной активности при нагрузочном тестировании [14].

КРГ, построенную по последовательному ряду кардиоинтервалов нагрузочного тестирования, анализируют путем создания математической модели нагрузочного и восстановительного периодов (Рис. 1).

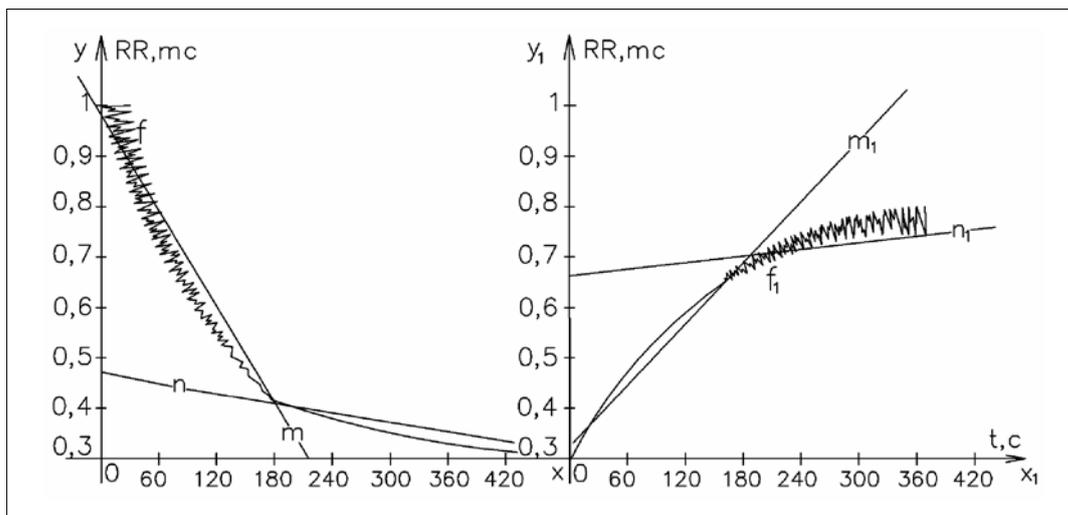


Рисунок 1. Математическая модель кардиоритмограммы нагрузочного и восстановительного периодов.

Примечание: Оси абсцисс: OX (X_1) – время нагрузочного (восстановительного) периода в секундах
 Ось ординат OY (Y_1) – длительность R–R интервалов в миллисекундах
 f (f_1) – кривая ритмограммы нагрузочного (восстановительного) периода
 n, m, n_1, m_1 – наилучшие линейные тренды

При этом изменчивость кардиоинтервалов оценивается модулем отклонений от двух наилучших линейных трендов в период изменчивости и стабилизации КРГ [15]. Новая последовательность, полученная из ритмограммы вычитанием трендов, пошагово $[(n-63:n]$, где n – общее число интервалов КРГ) подвергается частотному анализу.

Изменчивость нагрузочного и восстановительного спектров (Рис. 2), в диапазонах 0.15–0.4 Гц (HF) и 0.04–0.15 Гц (LF) адекватно моделируются линейной регрессией: $Y_{LF(HF)}=aX+b$, где Y – мощность спектра в данный момент времени, X – момент времени от начала нагрузочного (восстановительного) периода, a – скорость изменения мощности спектра (LFн, HFн – в нагрузочный период; LFв, HFв – в период восстановления), b – постоянная мощности (в нагрузочный пери-

од физиологически эквивалентна среднему значению спектра в данный момент времени: $sLFн, sHFн$).

При этом в нагрузочный период значение X при $Y=0$ определяет момент минимума вегетативной отзывчивости сердечного ритма и является интегральным критерием симпатической (LFо), парасимпатической (HFо) активности.

В период восстановления, в связи с возвращением чувствительности СР к вегетативным влияниям, ее динамика будет определяться исключительно параметром «а» – скоростью восстановления симпатической (LFв), парасимпатической (HFв) отзывчивости.

В настоящем исследовании определялись: LFн, HFн (LFв, HFв) – скорость изменения отзывчивости СР на симпатические, парасимпатические влияния нагрузочного (восстановительного) периода; LFо (HFо) – время

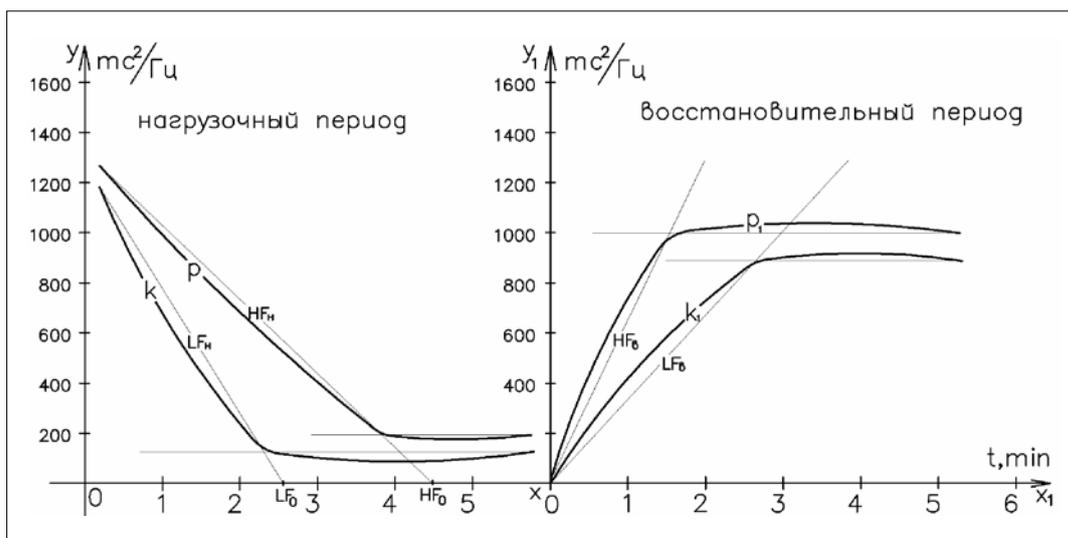


Рисунок 2. Частотный (спектральный) анализ КРГ.

Примечание: Оси абсцисс: OX (X_1) – время нагрузочного (восстановительного) периода в минутах;
 ординат: OY (Y_1) – мощность спектра в $мс^2/Гц$
 k, p (k_1, p_1) – кривая спектральной изменчивости КРГ нагрузочного (восстановительного) периода в диапазонах 0.15–0.4 и 0.04–0.15 (Гц) соответственно

наступления симпатического (парасимпатического) минимума вегетативной отзывчивости СР нагрузочного периода; сLFн, сHFн – среднее значение спектра нагрузочного периода.

Возможности настоящего способа уточнены экспериментом, в ходе которого обследовано 2 группы практически здоровых курсантов Вологодского института права и экономики возраста 19±2.

1-я группа – курсанты, занимающиеся физической культурой по учебному плану вуза (2 полуторачасовых занятия в неделю) и не имеющие отношения к систематическим физическим нагрузкам: 31 человек.

2-я группа – курсанты-спортсмены циклических видов спорта (34 человека) преимущественно тренирующие выносливость (лыжные гонки, легкая атлетика), различной квалификации (1-ый спортивный разряд – 29 человек, кандидаты в мастера спорта – 5 человек).

В результате (Таб. 1) в нагрузочный период выявлено снижение мощности высоко- и низкочастотных спектров. При этом изначальная мощность, скорость падения высокочастотной активности и длительность периода отзывчивости СР на парасимпатические влияния существенно превосходят симпатические. При этом все показатели (мощность, скорость и время депрессии) во 2 группе существенно превышают таковые группы сравнения.

Восстановительный период определяется возрастанием мощности высоко- и низкочастотных спектров. При этом восстановление (скорость возрастания) парасимпатических амбиций существенно преобладает над симпатическими, а в целом показатели второй группы существенно превышают таковые первой.

Таким образом: во-первых, изучаемые параметры, являясь интегральными критериями симпато-парасимпатических влияний, отражают вегетативный контроль СР, обуславливающий нагрузочную толерантность; во-вторых, зависимость СР от уровня вегетативной активности поступательно уменьшается в нагрузочный и возрастает в восстановительный периоды. В отличие от симпатических, чувствительность СР к парасимпатическим влияниям медленнее снижается при нагрузке и быстрее возрастает при восстановлении; в-третьих, расширение нагрузочной толерантности (развитие выносливости), обуславливающее основное отличие исследуемых групп, приводит к усилению вегетативного контроля (мощности и длительности) в нагрузочный период и его ускорению в период восстановления; в-четвертых, предложенный способ дает возможность изучения динамики вегетативного контроля СР при нагрузочном тестировании.

В рамках решения задачи определяющей условия индивидуальной изменчивости вегетативного контроля СР проведено исследование смешанной популяции (232 человека), включающей и неподготовленную (пассивный образ жизни) молодежь и спортсменов не только различной квалификации, спортивного стажа, амплуа, но и уровня совершенствования.

Выявленное многообразие вариантов нагрузочной толерантности определило необходимость ее классификации (подразделения). При этом выраженные индивидуальные различия основных изучаемых показателей: максимальной ЧСС, скорости восстановления, мощности перенесенной нагрузки сочетались с непредсказуемостью их взаимоотношений, когда раннее восстановление зачастую опосредовалось существенно превосходящим нагрузочным максимумом [16]. В этой связи принципиальная недостаточность субъективного подразделения выборки по анамнестическому признаку была разрешена кластерным анализом индивидуальных распределений кардиоинтервалов нагрузочного тестирования.

Выделение трех кластеров (1, 2, 3 групп) и дальнейшее их изучение вскрыло общие закономерности и частные особенности вегетативного контроля.

Результаты и обсуждение

Оценка основных индивидуальных параметров физического развития смешанной популяции выявила возрастную однородность кластерных групп, нарушаемую существенным преобладанием индекса Кетле в 3 группе (1, 2 группы $p < 0.005$), включающим как значение массы (1, 2 группы $p < 0.01$) так и роста (1 группа $p < 0.01$). При этом различия анализируемых показателей 1 и 2 групп – минимальны (Таблица 2).

Известно, что высокочастотный компонент, определяя парасимпатическую мощность, в покое вносит решающий вклад в обеспечение потенциальных адаптационных возможностей организма, в свою очередь низкочастотная составляющая, определяя симпатическую активность, преимущественно обуславливает адаптационные реакции в период стресса [7, 17]. Однако до настоящего времени не известно, каким образом осуществляется вегетативное регулирование в динамике стрессового воздействия, в частности при физической нагрузке [6].

По данным настоящего исследования (Таб. 3, 4) мощность обоих компонентов (HF, LF) однонаправленно падает по мере нарастания физической нагрузки, и возрастает после ее окончания. Полученные результаты уточняют и расширяют толкование резкого снижения ВРС при физической нагрузке [18]. При этом скорость,

Таблица 1. Результаты предварительного группового исследования

Период	нагрузочный					восстановительный	
	Критерий	LFн*	LFо*	HFн	HFо	LFв	HFв
Группа №1*	Me	-2,49	3,43	-3,85	4,03	1,59	2,22
	25Пц	-6,49	3,37	-12,04	3,69	0,86	0,84
	75Пц	-1,01	3,82	-0,95	4,50	4,10	6,06
Группа №2	Me	-7,71	4,24	-10,56	5,09	29,13*	52,74
	25Пц	-12,43	3,88	-30,07	4,29	14,45	13,92
	75Пц	-4,49	5,01	-5,20	6,49	46,75	113,51

Примечание: * Внутренние (симпато/парасимпатическая активность в нагрузочный и восстановительный периоды) и межгрупповые различия статистически существенны ($p < 0.001$)

Таблица 2. Показатели физического развития изучаемой популяции (Me (25–75Пц)).

Группы	Рост (см)	Вес* (кг)	Кетле* (у.е.)	Возраст (лет)
S	174,00 (169,00–178,00)	66,00 (59,65–68,65)	21,79 (20,54–22,39)	20,00 (18,00–20,00)
3	169,00 (165,00–174,00)	59,50 (52,30–68,70)	20,56 (18,96–22,34)	19,00 (18,00–20,00)
2	174,00 (167,50–178,00)	65,15 (56,25–68,00)	21,27 (20,45–22,03)	19,00 (18,00–20,00)
1	174,50 (169,88–176,25)	67,35 (65,88–68,70)**	22,19 (21,84–22,74)**	20,00 (20,00–20,00)

Примечание: * Критерий множественных сравнений Kruskal-Wallis определяет статистическую существенность групповых различий всех маркеров
** Статистически различия по критерию Mann-Whitney существенны в парах 1/3 и 1/2

Таблица 3. Основные маркеры вегетативной регуляции (Me (25–75Пц)).

Группы	Нагрузочный период*		Восстановительный период*	
	LFo	HFo	LFв	HFв
S	3,93 (3,50–4,61)	4,51 (3,89–5,73)	6,83 (2,16–20,28)	11,69 (3,49–36,24)
3	3,43 (3,37–3,82)	4,03 (3,69–4,50)	1,59 (0,86–4,10)	2,22 (0,84–6,06)
2	3,99 (3,50–4,68)	4,53 (3,84–6,03)	6,09 (2,88–9,40)	9,09 (3,92–16,37)
1	4,24 (3,88–5,01)	5,09** (4,29–6,49)	29,13 (14,45–46,75)	52,74 (13,92–113,51)

Примечание: * Критерий множественных сравнений Kruskal-Wallis определяет статистическую существенность групповых различий всех маркеров
** Статистически существенные различия между 1 и 2 группами по критерию Mann-Whitney на границе существенности ($p=0.05$)

Таблица 4. Дополнительные маркеры вегетативной регуляции нагрузочного периода

Группы	Нагрузочный период* (Me (25–75Пц))			
	LFн	cLFн	HFн	cHFн
S	-5,00 (-10,74–(-1,83))	23,34 (8,66–47,28)	-6,62 (-18,98–(-2,53))	36,90 (12,15–82,71)
3	-2,49** (-6,49–(-1,01))	9,94 (4,54–23,67)	-3,85** (-12,04–(-0,95))	18,00** (6,45–42,01)
2	-4,06 (-10,53–(-1,67))	16,78 (7,85–36,10)	-4,74 (-16,85–(-1,87))	27,18 (12,01–64,71)
1	-7,71 (-12,43–(-4,49))	32,28 (20,78–53,90)	-10,56 (-30,07–(-5,20))	67,40 (38,23–163,88)

Примечание: * Критерий множественных сравнений Kruskal-Wallis определяет статистическую существенность групповых различий всех маркеров
** Статистически существенные различия между 2 и 3 группами по критерию Mann-Whitney отсутствуют

мощность и время депрессии для каждой составляющей имеют выраженные индивидуальные колебания.

В нагрузочный период скорость снижения HF компонента существенно превышает таковую LF, однако значительное преобладание исходной мощности первого определяет его более позднюю депрессию.

В период восстановления скорость возрастания высокочастотного компонента существенно опережает одноименный показатель низкой частоты.

Физиологическим эквивалентом однонаправленного поведения частотных составляющих является такое изменение вегетативного контроля СР, при котором отзывчивость последнего в нагрузочный период поступательно уменьшается, а в период восстановления – увеличивается. При этом пик депрес-

сии LF-компонента вероятно определяется максимальным симпатическим тонусом, проявляясь (за счет уменьшения и стабилизации длительности R–R) исчезновением низкочастотной волновой структуры на КРГ. Минимум HF-компонента, обуславливается минимизацией тонуса вагуса – предельным снижением тормозящих влияний, при котором стабилизация длительности RR-интервалов, проявляется на КРГ отсутствием высокочастотной волновой структуры. При этом речь идет об отражении воздействия ВНС на СР через регуляторные области проводящей системы сердца, когда миокард, исчерпывая ответные возможности в силу высокой частоты сокращений, испытывает максимум вегетативного контроля. Иными словами динамика спектра, наблюдаемая на ритмограмме,

являясь непосредственным отражением активности регулирующих систем, определяется снижением ответных возможностей сердечной мышцы реагировать на эти влияния, что проявляется на КРГ ригидным ритмом – исчезновением волн всех видов [6, 17]. Данные о полноценном вегетативном контроле СР нагрузочного периода согласуются с предположением о вероятном участии в регуляции хронотропного ответа на нагрузку не только симпатических, но и парасимпатических влияний [6].

Объективная классификация смешанной популяции методом кластеризации реперов распределения кардиоинтервалов и анализ вегетативной регуляции в процессе нагрузочного тестирования вскрыли ее существенную неоднородность. При этом скорость снижения (роста в период восстановления), средний уровень и время депрессии спектров в нагрузочный период увеличиваются в ряду 3–1, достигают максимума в 1 кластере и характеризуются существенностью различий.

Полученные результаты с учетом предварительных исследований [14, 19] позволяют считать расширение нагрузочной толерантности (формирование выносливости) основной чертой кластерных различий. При этом особенности спектров СР определяют ее характерные особенности.

Возрастание длительности вегетативного контроля нагрузочного периода с увеличением нагрузочной толерантности обеспечивается усилением как симпатической, так и парасимпатической составляющих с учетом неизменного превалирования последней (как по интенсивности, так и продолжительности).

Обратная динамика волновой структуры КРГ в период восстановления, вскрываемая появлением HF-, LF-волн свидетельствует о возрождении отзывчивости СР к парасимпатическим и симпатическим влияниям. Полученные данные, несмотря на выявленное доминирование парасимпатического контроля, уточняют предположение об исключительном участии вагусного торможения в замедлении ЧСС восстановительного периода [4].

Усиление вегетативного контроля СР с ростом нагрузочной толерантности обеспечивается как симпатической, так и парасимпатической ответственностью, при этом последняя имеет решающее значение. Полученные результаты обнаруживают влияние выносливости на СР [20] и развивают представления о формировании функциональных систем организма [21, 22].

Линейная динамика вегетативной отзывчивости СР, определяющая его существенную изменчивость в течение 4 минут от начала нагрузки, позволяет считать данный период минимально достаточным для прогноза вегетативного обеспечения нагрузочной толерантности. Использование настоящей закономерности при изучении критических выборок позволит выяснить ее прогностический потенциал, а также воздержаться от максимального нагрузочного тестирования при сохранении прогностической эффективности.

Выводы:

1. Сердечный ритм в процессе нагрузочного тестирования определяется смешанным вегетативным контролем, имеющим характерные особенности и проявляющимся как во взаимоотношениях между ветвями, так и в зависимости от уровня нагрузочной толерантности (выносливости).
2. Чувствительность сердечного ритма к вегетативным влияниям поступательно уменьшается в нагрузочный и возрастает в восстановительный период.
3. В отличие от симпатических, отзывчивость на парасимпатические влияния медленнее исчезает при нагрузке и быстрее проявляется при восстановлении.
4. Расширение нагрузочной толерантности и формирование выносливости приводит к увеличению чувствительности СР и длительности его вегетативной отзывчивости в нагрузочный период и ускорению отзывчивости при восстановлении.
5. Вскрытая линейная динамика вегетативной отзывчивости СР, определяющая его существенную изменчивость в течение 4 минут от начала нагрузки, позволяет считать данный период минимально достаточным для прогноза вегетативного обеспечения нагрузочной толерантности.
6. Разработанный способ определения вегетативной регуляции СР дает принципиально новую возможность не только определения динамики вегетативного контроля при физической нагрузке, но и его детализации, определения симпато-парасимпатического обеспечения нагрузочной толерантности, выносливости, тренированности, изучения закономерностей их формирования, обуславливая его применение в кардиологической клинике, фитнесе, спорте, определении объективных критериев здоровья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Jouven X., Empana J.-P., Schwartz P.J., Desnos M., Courbon D., Ducimetiere P. Heart-Rate Profile during Exercise as a Predictor of Sudden Death. *N. Engl. J. Med.* 2005; 352: 1951–1958.
2. Мирончев О.В., Московцева Н.И. Методы физической реабилитации больных ишемической болезнью сердца как факторы снижения риска повторного инфаркта миокарда. *Вестник восстановительной медицины.* 2012; 1: 40–43.
3. Московцева Н.И. Алгоритм прогнозирования повторных инфарктов миокарда. *Вестник восстановительной медицины.* 2012; 2: 64–66.
4. Viik J. Importance of Postexercise ECG. *Int. J. Bioelectromagn.* 2003; 5(1): 88–89.
5. Minkinen M., Kahonen M., Viik J. Enhanced Predictive Power of Quantitative TWA During Routine Exercise Testing in the Finnish Cardiovascular Study. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology.* 2009; 20(4): 408–415.
6. Михайлов В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба. Иваново: Талка; 2008.
7. Баевский Р.М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья. *Рос. Физиол. журн. им. И. М. Сеченова.* 2003; 89 (4): 473–487.
8. Агаджанян Н.А., Башкирева Т.В. Адаптационные реакции вариабельности сердечного ритма у спортсменов парашютистов при высотных полетах. *Вестник восстановительной медицины.* 2012; 5: 40–46.
9. Anosov O., Patzak A., Kononovich Y., Persson P.B. High-frequency oscillations of the heart rate during ramp load reflect the human anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2000; 83: 388–394.
10. Joint Statement of the American Thoracic Society (ATS) and the American College of Chest Physicians (ACCP) was adopted by the ATS Board of Directors. *ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* 2003; 167: 211–277.
11. Balady J., Collins E., Fletcher G. Assessment of Functional Capacity in Clinical and Research Settings: A Scientific Statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation.* 2007; 116: 329–343.

12. Юдин В.Е., Клишко В.В., Будко А.А., Еделев Д.А., Арсений Т.В., Косухина Е.В. Медицинская реабилитация больных ишемической болезнью сердца после операции коронарного шунтирования по программе, основанной на расчете удельной мощности нагрузки. Вестник восстановительной медицины. 2012; 5: 10–15.
13. Ромашин О.В., Лядов К.В., Макарова М.Р., Преображенский В.Ю. Оздоровление человека на этапах медицинской реабилитации. Вестник восстановительной медицины. 2012; 3: 2–6.
14. Похачевский А.Л., Садельников Б.А. Способ определения вегетативной активности при нагрузочном тестировании. Заявка на изобретение №2011110624. Решение о выдаче патента 13.06.2012. Приоритет 21.03.2011
15. Похачевский А.Л., Садельников Б.А. Способ определения переносимости физической нагрузки по точке ускользания сердечного ритма от вегетативного контроля. Патент на изобретение №2355301. Приоритет 23.11.2007
16. Похачевский А. Сравнительная характеристика критериев переносимости физической нагрузки при анализе выборки практически здоровых добровольцев. Теория и практика физической культуры. 2009; 1: 9–12.
17. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново: Иван. гос. мед. академия; 2002.
18. Perini R., Orizio C., Baselli G., Cerutti S., Veicsteinas A. The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. Eur. J. Appl. Physiol. 1990; 61: 143–148.
19. Похачевский А. Оценка функционального состояния по кардиоритмограмме при велоэргометрии. Физиология человека. 2007; 33(6): 1–4.
20. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. М.: Медицина; 1988.
21. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина; 1975.
22. Павлов С.Е., Павлова Т.Н. Технология подготовки спортсменов. МО, Щелково: Издатель Мархотин П.Ю.; 2011.

Резюме

Оригинальный способ определения вегетативной регуляции сердечного ритма использован для исследования ее зависимости от уровня нагрузочной толерантности. В результате максимального нагрузочного тестирования смешанной популяции (232 человек, 19±2 года) и анализа полученных кардиоритмограмм выявлено 3 кластера по уровню толерантности, каждый из которых имел характерные особенности. При этом во всей популяции связь изменчивости сердечного ритма и вегетативной активности поступательно уменьшалась в нагрузочный и возрастала в восстановительный период, а отзывчивость на парасимпатические влияния в отличие от симпатических медленнее исчезала при нагрузке и быстрее возрастала при восстановлении. Увеличение нагрузочной толерантности проявлялось расширением (длительности и выраженности) вегетативного контроля в нагрузочный период и его ускорением при восстановлении сопровождаясь в обоих случаях усилением парасимпатического доминирования.

Ключевые слова: кардиоритмограмма, нагрузочное тестирование, регуляция сердечного ритма, вегетативная активность.

Abstract

An ingenious method for determination of the heart rate vegetative regulation is used to study its dependence on the loading tolerance level. The maximal loading test for the mixed population (232 persons of 19±2 years old) and analysis of the resulted cardiac rhythmgrams revealed 3 clusters by tolerance level, each of which with its own defining characteristics. At that, the entire studied population showed the incremental decrease of the heart rate responsiveness to the vegetative stimulus in the loading period and the incremental increase in the recovery period, and the sensitivity to parasympathetic stimulus as distinct from sympathetic one was decreasing more slowly at loading and increasing faster at rest. The loading tolerance growth developed in the vegetative control extension (duration and intensity) in the loading period and its acceleration at recovery, accompanied in both cases by strengthening of the parasympathetic domination.

Key words: cardiac rhythmgram, loading test, cardiac rhythm regulation, vegetative activity.

Контакты:

Похачевский Андрей Леонидович. E-mail: sport_med@list.ru