

© Похачевский А.Л., Лапкин М.М., 2013
УДК 61:796/799

СОСТОЯНИЕ АВТОНОМНОЙ (ВЕГЕТАТИВНОЙ) НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И НАРУШЕНИЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

А.Л. Похачевский¹, М.М. Лапкин²

Научно-исследовательская лаборатория диагностических и оздоровительных технологий, Вологодский институт права и экономики ФСИН России, г. Вологда (1)
Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, г. Рязань (2)

Оригинальные способы математического моделирования нагрузочной кардиоритмограммы (КРГ) использованы для изучения вегетативной регуляции сердечного ритма (СР). Изменения ряда показателей вегетативной нервной системы (ВНС) – увеличение активности в целом и проявление парасимпатического доминирования отражают улучшение переносимости физических нагрузок. Наджелудочковая экстрасистолия – типичное нарушение СР, отсутствующее в покое и манифестирующее на пике нагрузки является следствием ее избыточности (перегрузки) вне зависимости от уровня развития выносливости. Совершенствование адаптационных механизмов при формировании выносливости снижает вероятность экстрасистолии за счет увеличения порога потенциально опасной нагрузки, времени проявления и уменьшения количества аритмических комплексов. В свою очередь нарушения СР сопровождаются принципиально различными изменениями ВНС в зависимости от уровня выносливости.

Ключевые слова: велоэргометрия, кардиоритмограмма, нагрузочная толерантность, симпатическая, парасимпатическая активность, смешанная выносливость, экстрасистолия.

В процессе проведения стресс-теста в группах практически здоровой молодежи (без аритмии в покое), были выявлены нарушения сердечного ритма (СР) на пике нагрузки. Наиболее частые из них – единичные (парные) наджелудочковые (реже желудочковые) экстрасистолы (2-4 типичных комплекса). Поиск взаимосвязей выявленных нарушений (как в бинарной форме (есть/нет), так и количественно – по числу экстрасистол) с нагрузочными маркерами: мощностью перенесенной нагрузки, средней и максимальной ЧСС вскрыл их отсутствие. В этой связи возникло предположение о вероятной связи нарушений СР с его вегетативным регулированием, изменение которого может быть установлено при исследовании вол-

новых колебаний длительности динамического ряда кардиоинтервалов.

Настоящий подход определяется оптимальной методологией изучения здоровья «здоровых», включающей мониторинг функциональных резервов и донологическую диагностику в процессе развития адаптационного синдрома [4, 12]. При этом адаптационный потенциал, определяется не столько уровнем активности действующих систем органов, сколько их функциональными резервами и степенью напряжения регуляции, которая характеризуется показателями баланса симпатического и парасимпатического отделов ВНС [2]. В свою очередь моделирование дозированного стресса с регистрацией и анализом ответных адаптационных реак-

ций в процессе нагрузочного тестирования позволяет отслеживать реализацию имеющихся резервов и выявлять скрытые нарушения, чреватые внезапной подчас жизнеугрожающей манифестацией.

С целью изучения настоящей гипотезы о связи нарушений СР с определёнными изменениями ВНС нами совместно с Садельниковым Б.А. проанализировано 263 кардиоритмограммы (КРГ) максимального нагрузочного тестирования смешанной популяции практически здоровой молодежи (231 человек в возрасте 20 ± 3 лет).

Материалы и методы

1. Нагрузочное тестирование. Максимальное велоэргометрическое тестирование осуществлялось по индивидуальному протоколу [7, 11, 14]. Мощность W_1 (Ватт) первой ступени длительностью три минуты рассчитывали исходя из величины должного основного обмена (ДОО) в килокалориях по формуле $W_1(\text{Вт}) = \text{ДОО} \times 0,1$ (ДОО определяется по таблице Гарриса-Бенедикта) [7]. В дальнейшем нагрузка ступенчато возрастала каждую минуту 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 проводили 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 кардиоанализатора «ПолиСпектр-12» (Нейрософт, частота квантования 1000 Гц) записывали оцифрованную электрокардиограмму (ЭКГ), из которой в дальнейшем выделяли последовательный ряд R-R интервалов – КРГ, подвергающийся дальнейшей математической обработке (методы 2, 3).

2. Изменчивость КРГ (рис. 1) оценивали в период нарастания ЧСС модулем отклонений от наилучшего линейного тренда и средним квадратичным отклонением от тренда в период стабилизации ЧСС. На участке увеличения ЧСС тенденция отклонений h в совокупности определялась линейной регрессией (c), что давало значение (T) момента вхождения в интервал трех сигмальных отклонений

участка стабилизации ЧСС (d) [10].

Учитывалось время наступления T (от начала тестирования), определяющее общую длительность выявленных изменений со стороны ВНС.

3. Последовательность h (рис. 1), полученная из КРГ вычитанием трендов, пошагово подвергалась быстрому преобразованию Фурье. При этом анализ осуществляли на каждом отрезке длиной – 64 интервала с шагом в 1 интервал по формуле $[(n-63) : n]$, где n – общее число экспериментальных точек КРГ. Мощности нагрузочных спектров, 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 a – скорость изменчивости, b – постоянная, определяющая среднее значение – параметры математической модели, X – момент времени от начала нагрузки. При этом значение « X » в диапазоне LF, (HF) при условии $y=0$ определяет момент максимального вегетативного контроля СР и является интегральным критерием симпатической (парасимпатической) активности [11]. По значениям LF_n и $(HF)_n$ оценивали скорость изменчивости симпатической (парасимпатической) активности; LF_0 и $(HF)_0$ – показатели, отражающие среднее значение симпатической (парасимпатической) активности; tLF (tHF) – время наступления симпатического (парасимпатического) максимума.

4. Изучение смешанной группы испытуемых, включающей и неподготовленную, ведущую преимущественно пассивный образ жизни молодежь, и спортсменов не только различной квалификации, спортивного стажа, амплуа, но и уровня совершенствования, вскрыло необходимость разработки способа ее классификации. В этой связи принципиальная недостаточность субъективного деления выборки на группы по анамнестическому признаку была разрешена кластерным анализом индивидуальных распределений динамических рядов кардиоинтервалов при нагрузочном тестировании. Выделение 3 кластеров (групп) и дальнейшее их изучение определило общие закономерности и особенности вегетативной регуляции сердечной деятельности испытуемых.

5. Результаты исследования обрабатывали с помощью статистических пакетов Microsoft Excel 7 и Statistica 6.0. Поскольку распределение значений отличалось от нормального, данные представляли в виде 50-го (медианы), 25-го и 75-го перцентиля (Пц), а для их статистической обработки использовали непараметрические методы: корреляционный анализ Spearman, сравнительный анализ Mann-Whitney.

Результаты и их обсуждение

Объективная классификация смешанной популяции вскрыла ее неоднородность (табл. 1), при которой переносимость нагрузок, длительность и интенсивность изменений показателей ВНС возрастают в ряду 3-1, достигая максимума в 1 кластере, и характеризуются существенностью различий.

Полученные результаты с учетом предварительных исследований позволяют выделить выносливость как основную черту кластерных различий. При этом с ростом переносимости физических нагрузок (W) отмечается ряд характерных изменений со стороны ВНС, проявляющихся как увеличением длительности (T, tLF, tHF), расширением диапазона (LFn, HFn), так и возрастанием симпатической и парасимпатической активности (LFo, HFo) при неизменном доминировании последней (HF). Статистическая однородность линейных критериев активности ВНС в 1, 2 группах определяется включением настоящего адаптационного механизма только в условиях достижения высокого уровня переносимости физических нагрузок. Пограничное значение различий длительности парасимпатического регулирования (отзывчивости СР на парасимпатические влияния) во 2, 3 группах в данном случае, вероятно, определяется насыщением (физиологическим пределом выраженности) исследуемой адаптационной реакции.

Известно, что тренировка смешанной (аэробно-анаэробной) выносливости расширяет адаптационные возможности организма, определяя их не только увеличением нагрузочной толерантности, но и существенно облегчая приспособление к принципиально иным экстремальным факторам,

способствует выживанию, предупреждая возникновение летальных аритмий [6]. Значительную роль при формировании нагрузочной толерантности приобретает перераспределение активности симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы организма испытуемых. По данным настоящего исследования парасимпатическое доминирование на фоне усиления вегетативной активности в целом отражает повышение переносимости физических нагрузок.

В свою очередь выявленные нарушения СР обуславливаются обратной закономерностью. При минимальной выраженности указанных выше изменений со стороны ВНС (1 кластер) нарушения СР встречается с частотой 36%, при умеренной (2 кластер) – 21%, при максимальной – 8%. Наличие экстрасистолии в 1 – 3 кластерах определенно связано с критерием T^1 ($r_{1-3} = -0.77, -0.61, -0.41$; $p < 0.05$), низкочастотной – LF ($r_{1-3} = -0.53, -0.52, -0.36$; $p < 0.05$) и высокочастотной – HF ($r_{1-3} = -0.37, -0.47, -0.49$; $p < 0.05$) динамикой.

Высокий уровень обратной корреляционной взаимосвязи между наличием экстрасистолии и критерием – T, отражающим выраженность изменений со стороны ВНС, указывает на связь последних с нарушением сердечного ритма. Проявление экстрасистолии в условиях ранней симпто-парасимпатической депрессии не только подтверждает нашу гипотезу об участии вегетативной составляющей в их формировании, но и вскрывает определённый – специфический след этого влияния. При этом преобладание симпатических влияний в 1 группе, уравновешенных парасимпатикой во 2 и доминирование последней в 3 группе определяет принципиальные различия в состоянии адаптационных механизмов организма испытуемых и появление, в связи с этим, нарушений СР.

Уровень и динамика порога экстрасистолии, выявленного по среднему значению критерия T и его доверительному

¹ Здесь и далее имеется в виду корреляционная связь по Спирмену.

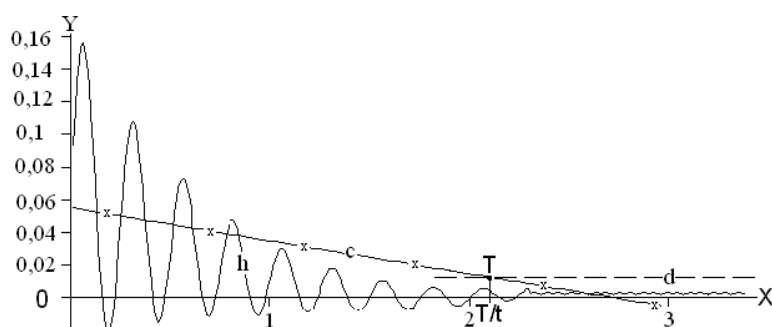


Рис. 1. Схема математической модели кардиоритмограммы

Ось ординат: ОУ – отклонения R-R длительностей от наилучшего тренда в секундах; Ось абсцисс: ОХ – время от начала нагрузки в минутах; h – кривая КРГ без тренда; d – прямая, определяющая уровень 3σ участка стабилизации ЧСС; c – линейная регрессия участка изменчивости ЧСС; Т – точка пересечения прямых «с» и «d»; Т/т - время наступления Т от начала нагрузки

Таблица 1

Нагрузочная толерантность и вегетативные маркеры КРГ

Группа* / Спектр		W (Ватт)	T (сек.)	LFн	LFо	HFн	HFо	tLF (мин)	tHF (мин)
S	Пц25	150,0	203,6	-10,74	8,66	-18,98	12,15	3,50	3,89
	Пц50	210,0	264,8	-5,00	23,34	-6,62	36,90	3,93	4,51
	Пц75	240,0	335,5	-1,83	47,28	-2,53	82,71	4,61	5,73
1	Пц25	90,0	144,5	-6,49	4,54	-12,04	6,45	3,37	3,69
	Пц50	120,0	200,2	-2,49	9,94	-3,85	18,00	3,43	4,03
	Пц75	150,0	231,2	-1,01	23,67	-0,95	42,01	3,82	4,50
2	Пц25	180,0	202,7	-10,53	7,85	-16,85	12,01	3,50	3,84
	Пц50	195,0	252,4	-4,06	16,78	-4,74	27,18	3,99	4,53
	Пц75	230,0	307,3	-1,67	36,10	-1,87	64,71	4,68	6,03
	M-Wh**			1:2		1:2	1:2		
3	Пц25	235,0	323,3	-12,43	20,78	-30,07	38,23	3,88	4,29
	Пц50	240,0	356,4	-7,71	32,28	-10,56	67,40	4,24	5,09
	Пц75	270,0	413,8	-4,49	53,90	-5,20	163,88	5,01	6,49
	M-Wh**								3:2***

* – различия по критерию множественных сравнений Kruskal-Wallis существенны ($p < 0.05$)

** – различия по критерию парных сравнений Mann-Whitney существенны ($p < 0.05$), цифры (1, 2) указывают на отсутствие различий в парах

*** – пограничная существенность различий в парах ($p = 0.05$)

1, 2, 3 – исследуемые группы

Пц – Перцентиль

W – максимум перенесенной нагрузки в Ваттах

T – длительность вегетативного контроля

LF (HF) – симпатическая (парасимпатическая) активность, где

н – скорость изменчивости, о – среднее значение, t – длительность – уточняющие знаки

интервалу от 123,04 (119,18 – 127,89) секунд в первом до 135,71 (128,79 – 142,64) – во втором и 233,53 (228,74 – 238,32) – в третьем кластере соответствуют их минимальному квартильному уровню и свидетельствуют о возрастании устойчивости СР к экстракардиальным влияниям в условиях формирования выносливости. При этом уменьшается вероятность манифестации аритмии, количество ее эпизодов, увеличивается время до ее возникновения и мощность провоцирующей – потенциально опасной нагрузки.

На наш взгляд причины нарушения ритма в кластерных группах имеют принципиально различную основу. В 1 группе, при которой физическая нагрузка, даже на уровне ДОО, вызывает адаптационное перенапряжение, проявляющееся дистрофией миокарда, клеток водителя ритма и проводящей системы требующее метаболических резервов, отсутствующих у нетренированного организма. Во второй группе относительная недостаточность адаптационных механизмов характеризуется несоответствием преодолеваемой физической нагрузки и имеющихся адаптационных резервов. В отличие от первой группы ее мощность существенно превышает ДОО, т.е. уровень первой группы. Пограничная, но статистически существенная прямая связь между нагрузочной мощностью и наличием экстрасистолии (0.38, $p < 0.05$) в данной группе; выявленное в индивидуальной динамике (в группе шесть зависимых пар – КРГ полуторамесячной динамики), а затем и в установочном эксперименте (трехдневная динамика в 4 парах). Отсутствие эпизодов нарушения ритма при снижении на 1 ступень от максимума нагрузочной мощности, свидетельствуют о перегрузочном характере экстрасистолии. Причинами срыва СР в данной ситуации является феномен «наведенного гетерохронизма»: временного несоответствия регуляционно-приспособительных (адаптационных) возможностей (в том числе ВНС) мышечной переносимости физической нагрузки. Воз-

никая у начинающих спортсменов, а также в связи с ранним вхождением в тренировочный график после болезни, иного нагрузочно-временного десинхроноза (длительного перерыва и прочее), проявляясь в том числе батмо-, дромотропной эмансипацией миокарда он чаще всего связан с нарушением медико-педагогического контроля дозирования физической нагрузки.

Переносимость околопредельных нагрузок в третьей группе, существенно превышающих ДОО и показатели кластеров сравнения, лишь на первый взгляд не позволяют говорить о недостаточности адаптационных механизмов, которая, тем не менее, развивается, но по несколько иному сценарию (подтвержденному экспериментально) нежели чем во второй группе. Обратная связь между мощностью нагрузки и показателями изменений со стороны ВНС (-0.25 ; $p > 0.05$), несмотря на статистическую невыразительность свидетельствует, о том что меньшая нагрузка чаще является причиной аритмии. Индивидуальная динамика 7 зависимых пар (полуторамесячная динамика КРГ) подтвердила эту закономерность: в 4 случаях из 7 нарушения СР возникали при меньшей (чем в парном исследовании) нагрузке. Данные обстоятельства, а также торпидность эпизодов нарушения ритма при снижении на 1 ступень от максимума нагрузочной мощности при анализе экспериментальных пар (3 из 5), вскрывают напряженность адаптационных процессов, причина которых опосредуется реакцией организма на систематические перегрузки, т.е. перетренированностью. В свою очередь метаболические нарушения миокарда, являющиеся ее следствием знаменуются эмансипацией подавленной в норме функции автоматизма нижележащих отделов проводящей системы. При этом систематическое нарушение медико-педагогического контроля дозирования физической нагрузки в процессе подготовки спортсмена является, пожалуй, единственной причиной сложившейся ситуации.

Таким образом, во всех изучаемых кластерах причиной экстрасистолии явля-

ется физическая перегрузка. Однако если в первой группе она определяется адаптационной и регуляторной недостаточностью, вызванной привычной гиподинамией, то во 2 и 3 – речь идет о первичной физической перегрузке потребовавшей от организма больших приспособительных возможностей, чем он располагает, явившейся следствием ее неправильного дозирования. При этом если во 2 группе нарушения СР имеют преходящий характер, исчезая при снижении нагрузки, определяя тем самым и обратимость перегрузки то выраженная торпидность нарушений в 3 кластере, опосредуется глубокими нарушениями метаболизма миокарда, возникшими, вероятно, в результате его стрессового повреждения при систематических перегрузках [5]. Последнее вероятно является кардиальным проявлением стрессовой тетрады Селье-Меерсона, формирование и воздействие компонентов которой исследовано в классических работах НИИ общей патологии и патологической физиологии АМН СССР [6].

Некорректное дозирование физической нагрузки, приводящее к выраженному недовосстановлению, перегрузкам, перетренировке является следствием недостаточного внимания, отсутствия знаний или игнорирования в спортивной подготовке физиологических основ адаптации, базирующейся на теории функциональных систем П.К.Анохина [1], дозависимости влияния физических нагрузок Л.Х. Гаркави [3], обобщенных С.Е. Павловым [9].

Нарушения СР – результат тренировочно-перегрузочного нигилизма свидетельствует о пределе, исчерпанности адаптационных возможностей организма. Четкий систематический индивидуальный мониторинг переносимости физических нагрузок по состоянию ВНС, знание адаптационно-перегрузочной динамики, определенной последовательным изменением вегетативного регулирования, по представленным выше критериям, падением скорости восстановления и лишь затем вскрывающейся нарушениями СР, позволяет не допустить их возникновения, а

кроме того не отменяет иных возможностей спортивного совершенствования (биомеханики движения, скорости, силы, восстановления и проч.).

При этом только развитие всех необходимых качеств в рамках формирующейся системной организации физиологических функций, позволит им синергично сочетаясь улучшить соревновательный результат при, меньших, но оптимальных физиологических затратах [9].

Кроме того, следует отметить, что максимальная нагрузочная проба, ограниченная 10-12 минутами с целью сохранения нагрузочного кардио-респираторного (газового) баланса [7, 15], является оптимально переносимой для атлетов, соревновательная работа которых находится в тех же временных пределах. Например: 5 км дистанция в легкой атлетике, лыжных гонках и стипль-чезе лишь с достаточной долей погрешности приближаются к этим значениям. В то же время настоящая проба будет в равной степени неспецифична для легкоатлетов специализирующихся на 400, 800, 1500, 3000, 10000 метров, так как тренируемые ими функциональные системы имеют принципиально иные временные характеристики. Безусловно, оказывает влияние и специфика нагрузки, применяемая в тесте (велоэргометрия – специфична исключительно для велосипедистов), во многом определяющая ее переносимость [8, 9]. Иными словами, если изучение адаптационных резервов, здоровья здоровых и предикторов летальности требует от нагрузочного тестирования лишь его предельности, незначительно (но все же определенно) отличаясь по специфике перенесенной нагрузки (велоэргометрия, тредбан), выбор которой в основном определен отработанностью протоколов, привычностью и безопасностью [7], то исследование спортсменов, вне зависимости от цели, выдвигает дополнительные требования, основу которых составляют характеристики тренируемых адаптационных механизмов – длительность (соревновательной) работы и ее специфика. Недоучет настоящих требований может наложить (ги-

пер/типо) диагностический отпечаток и на трактовку ЭКГ эргометрического тестирования спортсменов ставящего целью активизацию показателей их адаптационных резервов.

Выводы

1. Перераспределение баланса ВНС в пользу парасимпатического доминирования на фоне усиления вегетативной активности в целом отражает улучшение переносимости физических нагрузок организмом человека и повышение его выносливости.

2. Единичная экстрасистолия, возникающая на пике нагрузки, может являться следствием физической перегрузки вне зависимости от уровня развития выносливости.

3. Формирование выносливости способствует увеличению «порога» экстрасистолии: уменьшает вероятность манифестации, увеличивает время до ее возникновения и мощность потенциально опасной нагрузки.

4. Нарушения сердечного ритма, возникающие на пике физической нагрузки, ассоциируют с принципиально различной вегетативной активностью в зависимости от уровня развития выносливости. При этом на минимальном уровне (выносливости) экстрасистолия возникает на фоне преобладания активности симпатического отдела автономной нервной системы, на высоком — определяется существенным парасимпатическим доминированием.

5. Применение предлагаемых подходов к нагрузочному тестированию в спортивной практике позволит осуществить четкий индивидуальный мониторинг состояния адаптационных механизмов спортсменов, предупредить возникновение перегрузки и ее последствий, способствуя корректному дозированию физических нагрузок и формированию оптимальных, индивидуально-ориентированных планов тренировочного процесса.

Литература

1. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П.К. Анохин. — М.: Медицина, 1975. — 477 с.
2. Баевский Р.М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья / Р.М.

Баевский // Российский физиологический журнал. — 2003. — Т. 89, №4. — С. 473-487.

3. Гаркави Л.Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, М.А. Уколова. — Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1990. — 224 с.
4. Фрактально-флуктуационный анализ нелинейных компонентов сердечного ритма для параметризации функционального состояния человека / М.М. Лапкин [и др.] // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. — 2012. — №2. — С. 96-105.
5. Меерсон Ф.З. Первичное стрессовое повреждение миокарда и аритмическая болезнь сердца / Ф.З. Меерсон // Кардиология. — 1993. — №4. — С. 50-59; №5. — С. 58-64.
6. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. — М.: Медицина, 1988. — 256 с.
7. Михайлов В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба / В.М. Михайлов. — Иваново: Талка, 2008. — 545 с.
8. Павлов В.И. Сравнительный анализ нагрузочного тестирования на различных видах эргометров / В.И. Павлов, А.В. Пачина, З.Г. Орджоникидзе // Спортивная медицина: наука и практика. — 2011. — Т.1, №2. — С. 5-10.
9. Павлов С.Е. Технология подготовки спортсменов / С.Е. Павлов, Т.Н. Павлова. — Щелково: Издатель П.Ю. Мархотин, 2011. — 344 с.
10. Похачевский А. Оценка функционального состояния по кардиоритмограмме при велоэргометрии / А. Похачевский // Физиология человека. — 2007. — Т.33, №6. — С. 1-4.
11. Пат. 2468740, РФ, МПК. Способ определения вегетативной активности при нагрузочном тестировании / А.Л. Похачевский, Б.А. Садельников. — приоритет 21.03.2011.
12. Судаков К.В. Функциональные системы / К.В. Судаков. — М.: Изд-во

- PAMH, 2011. – 320 с.
13. 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 / J. Balady [et al.] // *Circulation*. – 2007. – № 116. – P. 329-343.
14. Enhanced Predictive Power of Quantitative TWA During Routine Exercise Testing in the Finnish Cardiovascular Study / M. Minkinen [et al.] // *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. – 2009. – Vol. 20, №4. – P. 408-415.
15. Okin P.M. Chronotropic Response to Exercise. Improved Performance of ST-Segment Depression Criteria After Adjustment for Heart Rate Reserve / P.M. Okin, M.S. Lauer, P. Kligfield // *Circulation*. – 1996. – №94. – P. 3226-3231.

THE STATE OF THE AUTONOMOUS (VEGETATIVE) NERVOUS SYSTEM AND HEART RHYTHM DISORDERS UNDER EXERCISE CONDITIONS

A.L. Pokhachevsky¹, M.M. Lapkin²

Ingenious methods of exercise cardiac rhythmgram math simulation are used to study the autonomic regulation of the heart rate.

Changes in a number of autonomic nervous system (ANS) - an increase in activity in general, and the manifestation of parasympathetic dominance reflects improved exercise tolerance. Supraventricular extrasystole, a typical heart beat disorder which is not observed at rest and manifesting under exercise conditions, is a consequence of its excess (overload) independently of the endurance development level. Improvement of adaptive mechanisms in the formation of endurance reduces the possibility of extrasystole due to the increase of a potentially dangerous load threshold, manifestation time and decrease in the number of extrasystole complexes. In turn, heart beat disorders have fundamental differences in the vegetative base depending on the endurance development level.

Keywords: *bicycle ergometry, cardiac rhythmgram, loading tolerance, parasympathetic and sympathetic activity, vegetative control, mixed endurance, extrasystole.*

Похачевский А.Л. – канд. мед. наук, доц., руководитель НИЛ.
160002, г. Вологда, ул. Щетинина, д. 2.
E-mail: sport_med@list.ru.

Лапкин М.М. – д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой нормальной физиологии с курсом психофизиологии ГБОУ ВПО РязГМУ Минздрава России.
390000, г. Рязань, ул. Полонского, 13.
E-mail: lapkin_rm@mail.ru.