

МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ У ДЕТЕЙ СТАРШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

Похачевский А.Л., Похачевская Э.В., Михайлов В.М.
ГОУ ВПО «Вологодский государственный педагогический университет»
Кафедра спортивной медицины

РЕЗЮМЕ Для количественной оценки функционального состояния (ФС) организма при стрессе использован спектральный анализ вариабельности сердечного ритма. В результате исследования двух групп практически здоровых детей (школьников и студентов): 1) спортсменов до и после тренировки, 2) нетренированных детей до и после физической нагрузки выявлены определенные закономерности ответа на физический стресс: в обеих группах — снижение абсолютной симпатической (LF) и в большей степени парасимпатической (HF) активности, не сопровождающееся статистически существенной активацией симпатоадреналовой системы (LF/HF); в 1-й группе приводящее к снижению общей адаптационной мощности (TP), во 2-й протекающее на фоне снижения реактивности парасимпатической нервной системы (коэффициент 30/15). Сделан вывод о возможности применения настоящего исследования для оценки ФС организма при стрессе, изучения «цены» тренировки, даны варианты интерпретации ФС по сути спектральной изменчивости.

Ключевые слова: адаптационные резервы, вариабельность ритма сердца.

Глобальной концепцией целевой программы «Дети России» в подпрограмме «Здоровый ребенок» является сохранение, восстановление и укрепление здоровья детей на основе комплексного решения медицинских, педагогических, социальных проблем материнства и детства.

Приоритетной медицинской проблемой в рамках глобальной концепции определена раз-

работка, совершенствование и внедрение технологий профилактики заболеваемости, сохранения и укрепления здоровья детей в образовательных учреждениях путем осуществления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в этом направлении.

Таким образом, первостепенной задачей является создание методов диагностики и мониторинга здоровья детей, доступных не

Pokhachevsky A.L., Pokhachevskaya E.V., Mikhailov V.M.

MONITORING OF FUNCTIONAL STATUS IN CHILDREN OF SENIOR AGE GROUP UNDER PHYSICAL STRESS

ABSTRACT Spectral analysis of heart rate variability was used for quantitative evaluation of the organism functional status. Two groups of practically healthy children: 1) schoolchildren and students (sportsmen) before and after training and 2) untrained schoolchildren and students before and after physical load were enrolled in the study. Some definite regularities of the reaction to physical stress were revealed namely decrease of absolute sympathetic (LF) activity and that of (to more extent) parasympathetic (HF) activity. The decrease was not accompanied by statistically significant activation of sympathicoadrenal system (LF/HF); it resulted in general adaptation power decrease (TP) in 1 group and in parasympathetic nervous system reactivity decrease in 2 group (coefficient 30/15). We concluded that the our study might be used for evaluation of organism functional status under stress and for training «cost» determination. Variants of organism functional status interpretation in point of spectral variability are given.

Key words: adaptation reserves, heart rate variability.

только для поликлинического звена, но и, главным образом, для учреждений общего и дополнительного образования (спортивных школ и т.п.). Отсюда потребность в строго научном определении и оценке уровня здоровья, диагностике его изменений с целью индивидуального выбора адекватных мер коррекции и реабилитации [7, 13].

Психоземotionalный стресс — одна из важнейших причин, приводящих к развитию так называемых болезней регуляции. Развитие соматической (висцеральной) патологии при психоземotionalном стрессе реализуется через лимбико-ретикулярный комплекс — вегетативную и эндокринную системы [11]. Не случайно А.М. Вейн [6] предложил двухчленную формулу (кортикальные нарушения — висцеральная патология) дополнить введением третьего звена (вегетативная и эндокринная системы), что позволяет объяснить механизмы, через которые опосредуется психическое в своем воздействии на соматические системы, и дает ключ для научного подхода к изучению психосоматических взаимоотношений. На важную роль системы нейрогуморальной регуляции в развитии патологического процесса впервые указал в своих работах Ф. Александер, предложивший в 1950 году теорию, в которой дифференцированные психопатологические гипотезы связывались с физиологическими и патологическими соматическими процессами. Позже, в медико-теоретических исследованиях У. Кеннона, Г. Селье и других ученых, понятия о гомеостазе, стресс-реакции, адаптации в значительной степени переплелись, и в результате сформировалось представление о функции адаптации (уровне адаптированности) как об основной функции человеческого организма, наиболее полно отражающей состояние здоровья. Активация симпатoadренальной системы в стандартной ответной реакции по Г. Селье является одной из возможных неспецифических реакций, хотя и наиболее частой.

Психоземotionalное напряжение и возбуждение высших вегетативных центров является пусковым звеном патогенетической цепи, в которой активация системы нейрогуморальной регуляции приводит к увеличению уровня катехоламинов в крови, активации реакции перекисного окисления липидов, лабильности лизосом, высвобождению протеолитических ферментов и в результате — к структурным изменениям в органах и тканях [9].

Таким образом, количественная оценка системы нейрогуморальной регуляции тождественна

оценке текущего ФС и адаптационных резервов организма. Осталось решить вопрос — как количественно измерить сумму нейрогуморальной регуляции и вклад каждой составляющей, а именно: парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), симпатико-адреналовой активности и гуморальной регуляции?

В соответствии с представлениями, впервые выдвинутыми Н. Винером (1983), о том, что почти все процессы регуляции в биологических объектах построены как осцилляторы, основой их анализа должна быть волновая теория. В настоящее время наиболее признанной методологической основой изучения и количественной оценки системы нейрогуморальной регуляции является математический анализ вариабельности ритма сердца (ВРС) [1—5, 8, 12]. Волновые колебания длительности интервалов между кардиоциклами, обусловленные нейрогуморальными влияниями, адекватно отражают общее ФС организма. Исследование системы нейрогуморальной регуляции как у здоровых людей, так и на начальных стадиях нарушения регуляторных и адаптационных процессов с помощью метода математического анализа ВРС по своим возможностям значительно превосходит традиционные функциональные пробы [10].

Целью нашей работы является определение количественных критериев общего ФС, адаптационного потенциала и резервных возможностей организма методом анализа ВРС у здоровых детей в покое и при воздействии стресс-стимула.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследованы две группы практически здоровых детей.

1-я группа — спортсмены циклических видов спорта (лыжные гонки, легкая атлетика, плавание), тренирующихся на выносливость, различной квалификации (1-й спортивный разряд — 23 человека, кандидаты в мастера спорта — 8 человек, мастера спорта — 4 человека), проходящие нагрузочный сбор. Тренировка: стандартная 120-130-минутная аэробно-анаэробная физическая работа нагрузочного микроцикла. В группе обследовано 35 человек в возрасте 15—18 лет.

2-я группа — школьники и студенты, занимающиеся физической культурой по стандартной общешкольной или вузовской программе (школьники — 3 раза в неделю по 45 мин, студенты — 2 раза в неделю по 1,5 часа). Фи-

зическая нагрузка: беговая, лыжная в аэробном режиме при ЧСС не более 150 уд./мин общей продолжительностью 30—35 мин. В группе обследовано 23 человека в возрасте 15—18 лет.

Исследование ВРС проводилось на аппаратно-программных комплексах «ПолиСпектр» и «ПолиСпектр-Радио» компании «НейроСофт».

В обеих группах первое обследование проводилось утром, до начала тренировки (физической нагрузки) в положении лежа, а затем стоя — активная ортостатическая проба (АОП). Повторная запись (лежа и стоя) выполнялась через 5—15 мин (наступление стационарного периода определялось визуально по ритмограмме) после завершения тренировки, физической нагрузки.

Регистрация и математический анализ показателей ВРС проводились в соответствии с «Международным стандартом» (1996) по 5-минутным записям. Текущее ФС оценивалось по показателю TP (общая мощность спектра) с учетом вклада быстрых колебаний (HF-компонент), отражающих активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы; медленных колебаний (LF-компонент), маркера величины симпатических влияний; и очень медленных колебаний (VLF-компонент), отражающих, в определенной степени, гуморально-метаболические и церебральные эрготропные влияния на модуляцию сердечного ритма. Отношение LF/HF рассматривалось как симпато-парасимпатический баланс. Реактивность парасимпатического отдела ВНС при проведении АОП оценивали по коэффициенту 30:15 ($K_{30:15}$), выраженность активации симпатоадреналовой системы в ответ на ортостаз — по изменению процентного вклада

отношения LF/HF, с учетом динамики абсолютных значений LF-компонента.

Дополнительно регистрировалась пневмограмма, определялась длительность дыхательного цикла (ДДЦ), которая в виде гистограммы накладывалась на спектрограмму ВРС. Число столбиков гистограммы ДДЦ (основание гистограммы) характеризует процессы ритмогенеза дыхательного центра, а положение моды гистограммы ДДЦ относительно пика HF-компонента ВРС позволяет судить о сохранности кардиореспираторной синхронизации.

Результаты исследования обрабатывались с помощью пакетов статистических программ Microsoft Excel 7 и Statistica 6.0. Принимая во внимание, что распределение значений отличалось от нормального, данные представлены в виде медианы и 25-го и 75-го перцентиля (Me (25%;75%)). Достоверность различий оценивалась по непараметрическому критерию Уилкоксона, в случае пограничных значений дополнительно использовался непараметрический анализ Колмогорова-Смирнова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Результаты обследования спортсменов циклических видов спорта до и после тренировки.

Показатели спектральной мощности ВРС до и после физической нагрузки представлены в таблицах 1 и 2.

В группе спортсменов выявлено достоверное снижение после тренировки общей мощности спектра за счет симпатических (LF) и в большей степени парасимпатических (HF) составляющих, что свидетельствует о снижении

Таблица 1. Показатели спектральной мощности ВРС ($mc^2/Гц$) у спортсменов до тренировки

	TP*	VLF***	LF*	HF**	LF/HF***	$K_{30:15}$ ***
Медиана	5058	883	1342	2425	3,25	1,53
25 перцентиль	3819	648	618	1997	1,76	1,36
75 перцентиль	7921	1649	1795	4095	4,52	1,72

Таблица 2. Показатели спектральной мощности ВРС ($mc^2/Гц$) у спортсменов после тренировки

	TP*	VLF***	LF*	HF**	LF/HF***	$K_{30:15}$ ***
Медиана	2360	608	636	1021	4,88	1,42
25 перцентиль	1688	414	467	511	3,21	1,28
75 перцентиль	3029	900	982	1419	6,25	1,73

Примечание. Достоверность различий: * — $p < 0,01$; ** — $p < 0,05$; *** — $p > 0,05$

Таблица 3. Показатели спектральной мощности ВРС ($\text{мс}^2/\text{Гц}$) у нетренированных детей до физической нагрузки

	TP	VLF	LF	HF	LF/HF	$K_{30:15}$
Медиана	2168	587	601	727	2,74	1,35
25 перцентиль	1212	355	287	501	1,58	1,28
75 перцентиль	2518	732	818	945	4,85	1,46

Таблица 4. Показатели спектральной мощности ВРС ($\text{мс}^2/\text{Гц}$) у нетренированных детей после физической нагрузки

	TP ^{***}	VLF ^{***}	LF ^{**}	HF ^{**}	LF/HF ^{***}	$K_{30:15}$ [*]
Медиана	798	318	273	110	5,04	1,15
25 перцентиль	517	260	104	80	4,26	1,05
75 перцентиль	1054	370	471	180	7,39	1,22

Примечание. Достоверность различий: * — $p < 0,001$; ** — $p < 0,005$; *** — $p > 0,05$

адаптационных (функциональных) резервов организма спортсменов и характеризует цену тренировки. Отсутствие статистически существенных различий, вегетативного баланса (LF/HF) и парасимпатической реактивности ($K_{30:15}$) свидетельствует об отсутствии напряжения адаптационных механизмов в виде увеличения интенсивности симпатoadреналовой составляющей спектра, а также о сохранении реактивности парасимпатического отдела ВНС, что в целом говорит в пользу лучшей адаптационной активности организма спортсменов.

2. Результаты обследования нетренированных студентов и школьников до и после физической нагрузки.

Показатели спектральной мощности ВРС до и после физической нагрузки представлены в таблицах 3 и 4.

В данной группе после физической нагрузки не происходит статистически существенного изменения адаптационной активности (показатель TP), что позволяет высказать предположение об общей недостаточности адаптационных резервов для преодоления физического стресса. Снижение спектральной мощности имеет статистическое подтверждение для симпатического и парасимпатического компонентов и более выражено в последнем случае. Кроме того, относительное возрастание на этом фоне вклада симпатoadреналовой активности в ортостазе (увеличение отношения LF/HF) в модуляции сердечного ритма также не происходит. Причем если в группе спортсменов это свидетельствует об отсутствии вегетативного перенапряжения, то

в данном случае позволяет высказать предположение о незадействованности вегетативной регуляции в адаптации к физическому стрессу в связи с системной (вегетативной) недостаточностью. Вместе с тем малая начальная мощность и снижение спектральной активности HF-компоненты в сочетании со снижением реактивности парасимпатического отдела ВНС ($K_{30:15}$) позволяет говорить о нарушении функционирования возвращающих к норме механизмов (тормозных влияний).

ВЫВОДЫ

Воздействие стрессогенного фактора вызывает адаптивные системные реакции, которые носят компенсаторный характер. Наряду с системами, специфически ответственными за адаптацию к данным повреждениям, важную роль играет система нейрогуморальной регуляции как неспецифическая система адаптации к воздействию стрессогенного фактора. У практически здоровых детей старшей возрастной группы, подвергшихся воздействию стрессогенных факторов, на первый план выступает неспецифическая система адаптации (система нейрогуморальной регуляции), которая может быть адекватно оценена при исследовании ВРС. Наиболее характерна следующая динамика показателей ВРС.

Снижение общей мощности спектра (показатель TP), отражающей текущее ФС организма.

Относительное повышение активности симпатoadреналовой системы, оцененной по отношению LF/HF и с учетом динамики (фон — стресс) абсолютных значений LF-компонента.

Принципиально важным следует считать факт снижения фоновой парасимпатической активности (HF-компонент) и реактивности парасимпатического отдела ВНС ($K_{30:15}$) после воздействия стресс-стимула, что следует расценивать как нарушение функционирования (поломку) возвращающих к норме механизмов.

Соотношения между симпато-парасимпатическим балансом не всегда носят характер прямолинейной зависимости между активацией симпатического отдела и угнетением парасимпатического отдела автономной нервной системы. Возможны различные варианты, в том числе: абсолютное увеличение симпато-адреналовой активности при почти неизменных значениях активности парасимпатического отдела ВНС, и наоборот — незначительное увеличение симпатоадреналовой активности сопровождается отчетливым снижением тормозных влияний.

Снижение текущего ФС (показатель TP), избыточная активация симпатоадреналовой системы (отношение LF/HF) и уменьшение активности (тонуса) парасимпатической системы регуляции (HF-компонент и $K_{30:15}$) являются патогенетической основой развития реакций дезадаптации.

При анализе выраженности вегетативной дисфункции важно оценить не только, и даже не столько симпато-парасимпатический баланс в покое, сколько динамику активности отделов ВНС в ответ на проведение функциональных проб. При этом даже избыточная активация симпатоадреналовой системы, но с хорошей (сохранной) реактивностью парасимпатического отдела ВНС должна считаться вариантом нормы. Говорить о реакциях дезадаптации следует только в случае несбалансированности ответа отделов автономной нервной системы.

При проведении исследований в аналогичных условиях значение VLF-компонента во многом

зависит от стационарности процесса (условий записи), а потому не следует трактовать динамику VLF-компонента как отражение церебральных эрготропных влияний и, тем более, суммировать VLF- и LF-компоненты, считая данный показатель эквивалентом симпатоадреналовой активности.

Оценка ФС и адаптационных резервов организма до и после тренировок позволяет дать количественную характеристику такому понятию, как «физиологическая цена деятельности»; иначе говоря, определить, какой ценой дается проведение того или иного стрессового воздействия, этапа тренировочного цикла.

Высокий уровень адаптационной мощности в покое, достаточный для ее качественной и количественной коррекции адекватно стрессовой необходимости в условиях сохранной вегетативной (симпатической и парасимпатической) реактивности, позволяет свидетельствовать о наилучшем ФС.

Проявление адаптационной недостаточности — малая выраженность общей спектральной мощности, приводящая к снижению или невозможности ортостатической или постстрессовой изменчивости, и снижение симпатической (LF/HF) и/или парасимпатической ($K_{30:15}$) реактивности.

Отсутствие адаптационных резервов во 2-й группе, демонстрирующее невозможность преодоления потенциальной стрессовой ситуации, требует дополнительного использования дозированной физической нагрузки для коррекции диагностированного состояния, проводимой вне стандартного академического расписания.

Адаптационные резервы организма спортсменов циклических видов спорта, развивающих выносливость, достоверно больше, чем в группе сравнения, в связи с этим данный вид нагрузок может быть рекомендован для восстановления и оптимизации ФС организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. — М., 1997.
2. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. — М.: Наука, 1984.
3. Баевский Р.М. Научно-теоретические основы использования анализа вариабельности сердечного ритма для оценки степени напряжения регуляторных систем организма // Тезисы международного симпозиума «Компьютерная электрокардиография на рубеже XX—XXI столетий». — М., 1999. — С. 116.
4. Баевский Р.М., Фунтова И.И., Гариб Ж.О., Фертра Ж.О. Прогнозирование ортостатической устойчивости в длительном космическом полете по данным исследования вегетативной регуляции артериального давления и ритма сердца // II Научно-практическая конференция «Клинические и физиологические аспекты ортоста-

- тических расстройств» ГКГ МВД РФ. — М., 2000. — С. 196—209.
5. Березный Е.А., Рубин А.М. Практическая кардиоритмография. — СПб. : НПО «Нео», 1997. — 120 с.
 6. Вегетативные расстройства. Клиника, диагностика, лечение / Под ред. А.М. Вейна. — М. : Медицинское информационное агентство, 1998. — 752 с.
 7. Дмитриева И.В., Глазачев О.С. Индивидуальное здоровье и полипараметрическая диагностика функциональных состояний организма. — М. : Горизонт, 2000. — 214 с.
 8. Жемайтите Д.И., Янушкевичус З.И. Выводы о результатах анализа синусового ритма и экстрасистолии : Методические рекомендации. — М., 1981.
 9. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. — М. : Медицина, 1988. — 253 с.
 10. Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы // Физиология человека. — 2001. — № 6. — С. 95—101.
 11. Судаков К.В. Индивидуальная устойчивость к эмоциональному стрессу. — М., 1998. — 267 с.
 12. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. — Новосибирск : Наука, Сибирское предприятие РАН, 1999. — 264 с.
 13. Целевая программа «Дети России», подпрограмма «Здоровый ребенок» 2003—2006 гг. : Распоряжение № 292-р Правительства Российской Федерации от 13 марта 2002 г. — М., 2002.

Поступила 18.05.2006 г.