

УДК 612.172/.176.4

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ

Минина Е. Н., Богач И. Н.

*ФГОАУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»,
Таврическая академия, Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: cere-el@yandex.ua*

Исследованы параметры внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы с помощью одноканального электрокардиографа «Фазаграф» и капнографа «Еламед» у 106 условно-здоровых школьников 1, 5, 9 и 11 классов. Было выявлено, что формирование функционального состояния школьников в процессе адаптации к школьной нагрузке определялось многообразием включения различных компонентов единой функциональной системы, направленной на обеспечение приспособительного эффекта. Использование факторного анализа позволило определить ведущие составляющие, на долю которых приходился наибольший вклад в реализацию адаптационных реакций у школьников различных возрастов, что даст возможность в дальнейшем выбрать адекватные направления и формы коррекции.

У школьников первого класса дисфункциональные состояния ассоциировались с активацией стресс-лимитирующих механизмов, сопровождающихся снижением миокардиальных резервов, гиперактивности вагусной активности, электрической нестабильности миокарда. Анализ состояния кардиореспираторной системы у учащихся 5 класса выявил, что признаком адаптации к комплексному влиянию факторов образовательной среды являлось усиление активности высших надсегментарных звеньев вегетативной регуляции, сопровождающееся возможностью компенсаторного включения системы дыхания. Школьники 9 класса характеризовались гиперактивацией парасимпатического звена регуляции, что не позволяло реализовывать мобилизационную функцию стресс-реализующих систем и приводило к снижению миокардиальных резервов. У школьников 16–17 лет было зарегистрировано включение всех 4 факторов, влияющих на функциональное состояние кардиореспираторной системы, а в компенсаторно-приспособительные механизмы развивающегося организма были вовлечены все возможные адаптационные резервы, что вызывало повышение напряжения механизмов регуляции и их истощение.

Ключевые слова: капнография, электрокардиография, вариабельность сердечного ритма, факторный анализ, адаптационный потенциал

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечаются четкие негативные тенденции в состоянии здоровья детей, что обусловлено ростом антропогенного влияния окружающей среды [1, 2] на фоне ухудшения показателей физического развития и постоянным ростом учебной нагрузки в школе. Результаты многолетних научных исследований свидетельствуют, что наиболее интенсивный рост распространенности функциональных нарушений и хронических заболеваний, отклонений физического развития у детей происходит во время обучения в школе. Это обусловлено как формированием специфической среды воспитания, так и интенсивным ростом и развитием организма ребенка [2–5] при гетерохромном созревании различных функциональных систем в разные сроки постнатальной жизни [6].

Также на здоровье учащихся на фоне физиологических возрастных особенностей оказывает значительное влияние сам процесс образования и средовые факторы [7, 8]. Важно отметить, что на фоне действия патогенетических факторов, в том числе индуцированных влиянием образовательной среды, происходит активация факторов саногенетических, обеспечивающих продуктивное взаимодействие организма ребенка со средой и призванных восстановить нарушенное равновесие в организме [9]. При этом нарушения гомеостаза, которые находят свое отражение в изменениях показателей функциональной активности различных органов и систем организма, у «здоровых» мало изучены, а маркеры возникновения рисков и ранних проявлений дезадаптации с учётом возрастных особенностей школьников недостаточно отражены в литературе.

Цель исследования – выявить кардиореспираторные особенности у школьников разного возраста при определении факторов, активация которых обеспечивает более оптимальное функционирование.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было проведено обследование 106 условно-здоровых школьников 1, 5, 9 и 11 классов. Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве проводили с помощью программно-технического комплекса «Фазаграф[®]», в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов [9]. Анализировали параметры variability сердечного ритма: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), симметрию зубца Т (βT , ед.), стандартное отклонение кардиоинтервалов (SDNN,мс), квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар RR – интервалов (RMSSD,мс), процент количества пар последовательных кардиоинтервалов в кардиограмме, отличающихся более чем на 50 мс (pNN50, %), коэффициент вариации (CV, %), моду (M_o , мс.), амплитуду моды (A_{mo} ,%), вариационный размах ($MxDM_n$,мс.), индекс напряжения по А. Р. Баевскому (ИН, ед.), вклад низкочастотной составляющей $\nu=0.04-0.15$ Гц (LFn, %); вклад высокочастотной составляющей $\nu=0.15-0.4$ Гц (HFn, %), коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF).

Регистрация количественных показателей CO_2 во время выдоха проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД». Капнограмму записывали в состоянии относительного покоя. Регистрировали следующие показатели: частоту дыхания (f, цикл/мин), показатель инспираторной нагрузки как соотношение длительности фаз вдоха и выдоха (TI/TE, отн.ед.), показатель неравномерности дыхания (НД, %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции (V_d/V_E , %), уровень CO_2 в последней фракции выдыхаемого воздуха, ($PetCO_2$, мм рт.ст.). По уровню $PetCO_2$ выделяли типы вентиляции.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова – Смирнова. Достоверность различий между одноименными

показателями в независимых выборках оценивали с помощью непараметрического U-критерия Mann-Whitney. При условии нормального распределения применяли параметрический t-критерий Стьюдента. Для выявления факторной структуры исследуемых данных, использовался метод главных компонент без варимакс-вращения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важным диагностическим критерием оценки функционирования сердечно-сосудистой системы является частота сердечных сокращений (ЧСС). В результате проведенных исследований было выявлено среднегрупповое снижение ЧСС у старших школьников 9 и 11 класса относительно учащихся начальной школы. Такое уменьшение ЧСС закономерно и естественно, что объясняется возрастной перестройкой регуляторных механизмов в результате созревания и развития центрального управления, тогда как регуляция хронотропной функции сердца у младших школьников в учебной деятельности осуществляется с высокой активностью симпатoadренальной системы и центральных механизмов [10–12].

При этом необходимо отметить более чем на 20 % превышающие должные значения ЧСС у школьников 5 класса 10–11 лет. Тахикардия характеризует функционирование кардиогемодинамики как неэкономичное и требующее определённой коррекции.

Однако более информативным показателем функционирования сердечно-сосудистой системы является показатель симметрии зубца Т [13]. Как было выявлено в нашем исследовании, в группах школьников 1 и 11 классов количество детей со сниженными резервами миокарда, по показателю симметрии зубца Т, было выше, чем в 5 и 9 классах (рис. 1). Как известно, увеличение симметрии Т свидетельствует об увеличении как регионарной, так и трансмуральной электрической неоднородности миокарда (при норме βT до 0,72 ед.) и может являться предиктором нарушения его оптимального функционирования.

Таким образом, у детей 1 и 11 классов можно отметить снижение функциональных возможностей миокарда, свидетельствующее о дисфункции регуляторных механизмов.

В настоящее время большинство авторов пришло к выводу, что в детском возрасте одним из ведущих патофизиологических механизмов развития кардиогемодинамической патологии является нарушение вегетативного обеспечения, приводящее к выраженной электрической нестабильности миокарда [8, 10, 11].

Так, важное значение в оптимизации кардиореспираторной системы имеет адекватность процессов вегетативной регуляции. Необходимо отметить, что показатель АМо, характеризующий степень централизации регуляторных механизмов был значительно выше у школьников 5 класса 10–11 лет (рис. 2.). К 9-му классу средний показатель АМо снизился на 40,7 %, что свидетельствовало о падении напряжения функционирования сердечно-сосудистой системы.

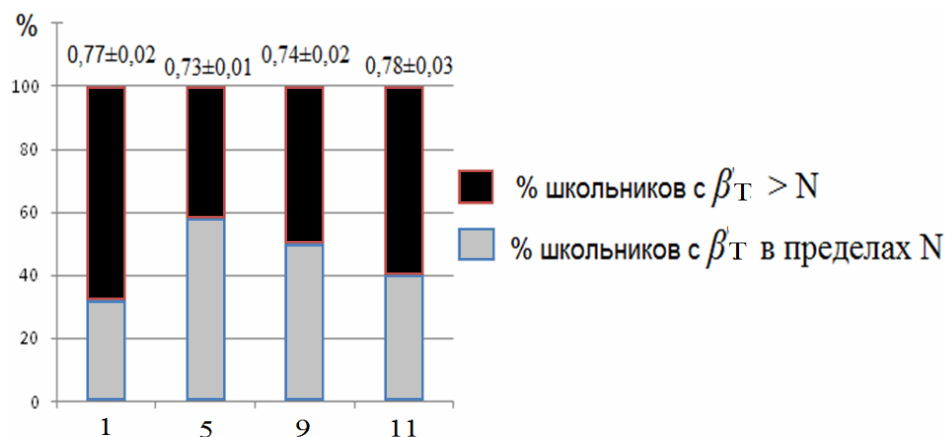


Рис.1. Соотношение к нормальным значениям и средние показатели в группах школьников разных возрастных групп показателя симметрии зубца Т
Примечание: 1 – 1 класс; 5 – 5 класс; 9 – 9 класс; 11 – 11 класс

Однако важно отметить, что увеличение активности парасимпатической регуляции по показателю RMSSD, достигнутому значения к 11 классу $94,0 \pm 11,0$ с превышением средневозрастных значений, сопровождалась ростом и центрального симпатического влияния по показателю вагосимпатического баланса, достигнувшего в старших классах средних значений $2,2 \pm 0,39$ (табл. 1).

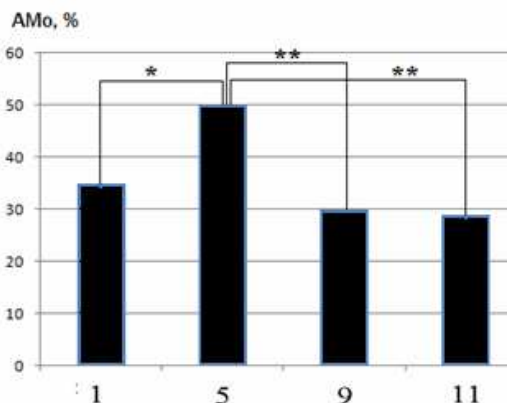


Рис. 2. Показатель числа кардиоинтервалов, соответствующих значению моды (или попавших в модальный интервал), в % к объему выборки (АМо, %) в группах школьников разных возрастных групп
Примечание: 1 – 1 класс; 5 – 5 класс; 9 – 9 класс; 11 – 11 класс

Вероятно, в данном случае увеличение мощности стресс-лимитирующих механизмов необходимо рассматривать как ответную компенсаторную реакцию при обеспечении стресс-реализующих механизмов. Напротив, уменьшение величины RMSSD у школьников 5 класса свидетельствовало об усилении

симпатической регуляции, которая подавляет активность автономного контура регуляции частоты сердечных сокращений.

Таблица 1

Показатели вариабельности сердечного ритма в группах школьников разных классов ($\bar{x} \pm Sx$), $n=106$

Показатели	Условия				Достоверность				
	1 класс $n=25(1)$	5 класс $n=29(2)$	9 класс $n=27(3)$	11 класс $n=25(4)$	1-2	1-3	1-4	2-3	3-4
RMSSD, мс	$58,7 \pm 7,5$	$35,23 \pm 3,8$	$69,0 \pm 6,5$	$94,0 \pm 11,0$	$<0,01$	$<0,01$	$<0,001$	$<0,001$	$<0,01$
LF/HF, ед	$1,18 \pm 0,28$	$1,36 \pm 0,29$	$1,38 \pm 0,21$	$2,2 \pm 0,39$	$<0,05$	$<0,05$	$<0,001$		$<0,01$

Примечание: RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар RR; LF/HF – коэффициент вагосимпатического баланса.

Таким образом, на примере функционирования и регуляции сердечно-сосудистой системы ещё раз показано, что компенсаторно-приспособительные процессы у школьников формируются на фоне определенных анатомо-физиологических особенностей и гетерохронизма развития функциональных систем.

При этом сердечно-сосудистая система в поддержании кислородного гомеостаза напрямую связана с системой внешнего дыхания (рис. 3).

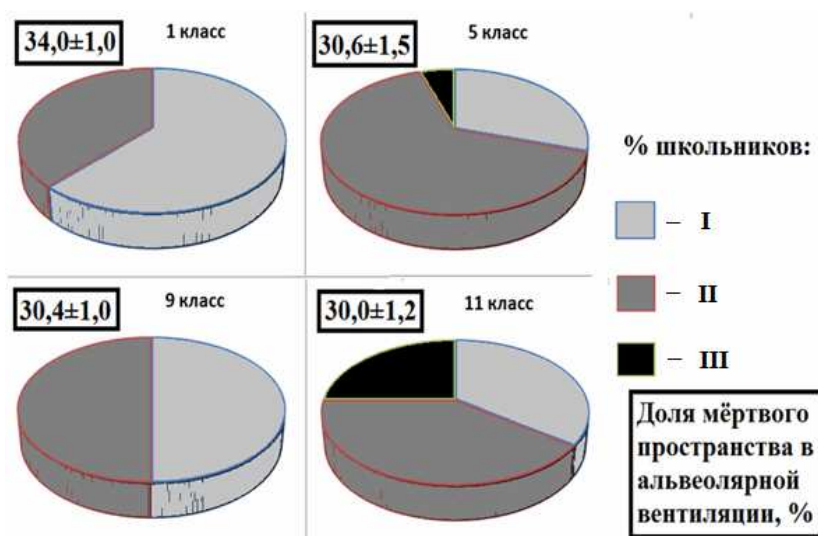


Рис. 3. Распределение типов вентиляции и доля мёртвого пространства у школьников разных возрастов

Примечание: % школьников с: I – гипокапническим типом дыхания ($P_{et}CO_2 \leq 35$ мм рт.ст), II – нормакапническим типом дыхания ($P_{et}CO_2 \approx 35-45$ мм рт.ст), III – гиперкапническим типом дыхания ($P_{et}CO_2 \geq 45$ мм рт.ст).

Тахипноический паттерн дыхания со средними значениями $21,2 \pm 2,4$ цик/мин был характерен для школьников 1, 5 и 9 классов. Несмотря на отмеченную тенденцию к снижению частоты дыхания у учащихся 11 класса до значений $17,3 \pm 1,5$ цик/мин, процент дисфункциональных проявлений дыхания по показателю $PetCO_2$ увеличивался. Было выявлено, что дезадаптационные состояния системы внешнего дыхания в различных возрастных группах различались как количественно так и по качественному составу. На рисунке 3 отображено распределение типов вентиляции и указан процент доли мёртвого пространства (ДМП) в альвеолярной вентиляции, характеризующий эффективность внешнего дыхания у школьников 1, 5, 9 и 11 классов. Высокий % ДМП во всех возрастных группах свидетельствовал о низкой эффективности системы внешнего дыхания.

Вероятно, высокие уровни легочной вентиляции при тахипноическом типе дыхания в покое являлись фактором, приводящим к снижению напряжения CO_2 в пробах выдыхаемого воздуха и сопровождалась деформацией кислородсвязывающей и кислородтранспортной системы.

Также капнографическое обследование позволило определить, что показатель неравномерности дыхания у учащихся 5 и 9 класса в среднем составлял более 35 % при норме от 0 до 30 %. Полученные данные позволили заключить о доминировании психоэмоционального фактора в системе нейрогуморальной регуляции функции дыхания обследуемых вышеуказанных групп [14].

Необходимо обратить внимание на важный факт различия межсистемной взаимосвязи между показателями кардиореспираторной системы в группах школьников разных классов, что наглядно изображено на рисунке 4.

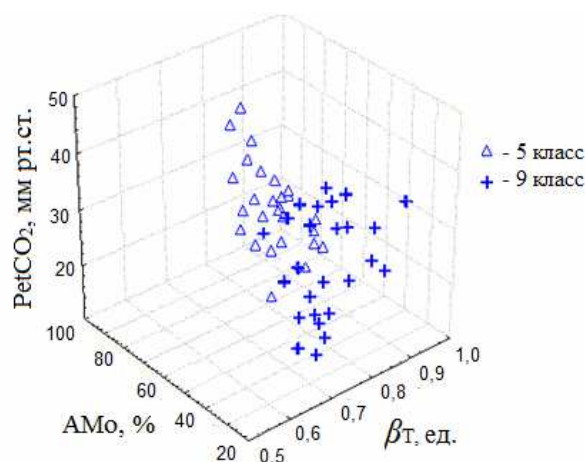


Рис.4. Различия во взаимосвязанности параметров кардиореспираторной системы у школьников разного возраста

Примечание: по оси абсцисс – амплитуда моды (A_{mo} , %), по оси ординат – уровень CO_2 в последней фракции выдыхаемого воздуха ($PetCO_2$), по дополнительной оси – показатель симметрии зубца Т (β_T , ед.).

В трёхмерном пространстве состояний области, характеризующие взаимосвязи параметров резерва миокарда, централизации механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы и дисфункциональности дыхания, в 5 и 9 классе различны.

Поскольку адаптационные реакции индивидуальны и реализуются у разных лиц с различной степенью участия функциональных систем, можно предположить, что использование факторного анализа позволит изучить характер функциональных взаимоотношений частей целостного организма и особенности формирования их взаимосвязей в процессе роста и развития в образовательной среде.

Логика проведённого факторного анализа позволила проследить особенности формирования функциональных систем у школьников разных возрастов. В каждом возрастном периоде выделено несколько факторов, которые объединяют сильно коррелирующие между собой переменные, а как следствие происходит перераспределение дисперсии между компонентами и получается максимально простая и наглядная структура возрастных факторов (табл. 2.).

Таблица 2

Группировка показателей функционального состояния школьников разных классов в выделенных факторах

№	Факторы	Показатели	Классы			
			1 класс	5 класс	9 класс	11 класс
1	Симпатической централизации	A _{mo} ,%		0,93639		
2	Гомеостатической регуляции	SDNN,мс	-0,77914		0,88384	-0,80931
3	Миокардиальный	β T, ед.			0,790238	0,897141
4	Дискапнический	PetCO ₂ , мм.рт.ст.		0,738932	0,83744	0,907564

Примечание: в таблице приведены значения только сильных факторных нагрузок (>|0,7|)

Согласно полученным данным, у школьников первого класса в связи со структурной и функциональной незрелостью элементов управления дисфункциональные состояния ассоциировались с активацией стресс-лимитирующих механизмов, сопровождающихся снижением миокардиальных резервов. При этом необходимо заметить, что была выявлена гиперактивность вагусной активности, приводящая к электрической нестабильности миокарда.

Анализ состояния кардиореспираторной системы у учащихся 5 класса выявил, что признаком адаптации к комплексному влиянию факторов образовательной среды являлось усиление активности высших надсегментарных звеньев вегетативной регуляции, сопровождающееся возможностью компенсаторного включения системы дыхания. Соответственно, коррекционные мероприятия должны быть направлены на формирование и поддержание саногенетических механизмов, имеющих вышеперечисленные точки приложения, а именно на снижение активности высших центров вегетативной регуляции и увеличение сегментарных влияний на хронотропную функцию сердца, рост общей variability объемных характеристик центрального кровообращения,

обусловленный увеличением низкочастотных колебаний, тесно связанных с сегментарными регулируемыми влияниями.

Школьники 9 класса 14–15 лет характеризовались повышением активности парасимпатической и гуморальной гомеостатической регуляции. Гиперактивация этого звена регуляции не позволяла реализовывать мобилизационную функцию стресс-реализующих систем и приводила к снижению миокардиальных резервов, а возникающая дыхательная аритмия в состоянии покоя свидетельствовала о неэффективном кардиореспираторном функционировании, возможно, по причине психоэмоциональной лабильности [15, 16].

С учётом увеличения нагрузки в условиях образовательной среды к 11 классу у школьников 16–17 лет было зарегистрировано включение всех 4 факторов, влияющих на функциональное состояние кардиореспираторной системы. Вероятно, в компенсаторно-приспособительные механизмы развивающегося организма были вовлечены все возможные адаптационные резервы, что вызывало повышение напряжения механизмов регуляции и их истощение.

Таким образом, формирование функционального состояния школьников в процессе адаптации определялось многообразием включения различных компонентов единой функциональной системы, направленной на обеспечение приспособительного эффекта. Использование факторного анализа позволило в этой связи определить ведущие составляющие, на долю которых приходился наибольший вклад в реализацию адаптационных реакций школьников разного возраста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Компенсаторно-приспособительные процессы у школьников формируются на фоне определенных анатомо-физиологических особенностей и гетерохронизма развития функциональных систем.
2. Адаптационные реакции индивидуальны и реализуются у различных лиц с проявлением особенностей функциональных взаимоотношений в процессе роста и развития в условиях образовательной среды.
3. У школьников первого класса дисфункциональные состояния ассоциировались с активацией стресс-лимитирующих механизмов, сопровождающейся снижением миокардиальных резервов, вагусной гиперактивностью, электрической нестабильностью миокарда.
4. Анализ состояния кардиореспираторной системы у учащихся 5 класса выявил, что признаками адаптации к комплексному влиянию факторов образовательной среды являлось усиление активности высших надсегментарных звеньев вегетативной регуляции, сопровождающееся возможностью компенсаторного включения системы дыхания.
5. Школьники 9 класса характеризовались гиперактивацией парасимпатического звена регуляции, что не позволяло реализовывать мобилизационную функцию стресс-реализующих систем и приводило к снижению миокардиальных резервов.

6. У школьников 16–17 лет было зарегистрировано включение всех 4 факторов, влияющих на функциональное состояние кардиореспираторной системы, а в компенсаторно-приспособительные механизмы развивающегося организма были вовлечены все возможные адаптационные резервы, что вызывало повышение напряжения механизмов регуляции и их истощение.

Список литературы

1. Агаджанян, Н. А. – Проблемы адаптации и учение о здоровье. / Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) : практическое руководство : в 2 т. Т. 1 / под ред. А. А. Баранова, Л. А. Щеплягиной. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 432 с.
3. Крыжановский Г. Н. Некоторые общепатологические и биологические категории: здоровье, болезнь, гомеостаз, саногенез, адаптация, иммунитет. Новые подходы и представления / Г. Н. Крыжановский // Патогенез. – 2003. – Т. 1., № 1. – С. 11–14.
4. Панков Д. Д. Новый методический подход к анализу результатов профилактического осмотра школьников / Д. Д. Панков, Т. Б. Панкова, Г. И. Берова, О. И. Натальина // Рос. педиатр, журнал. 2006. – № 2. – С. 25–29.
5. Сетко А. Г. Особенности адаптированности детей к факторам среды обитания и критерии их оценки / А. Г. Сетко, Н. П. Сетко, Т. М. Макарова, И. М. Сетко // Гигиена и санитария. 2005. – № 6. – С. 57–58.
6. Безруких; М. М. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). / Безруких М. М., Сонькин В. Д., Фарбер Д. А. – М.: Издательский центр Академия, 2007. – 416 с.
7. Быков, Е. В. Адаптация к школьным нагрузкам учащихся образовательных учреждений нового типа / Е. В. Быков, А. П. Исаев // Физиология человека. 2001. – Т. 27., № 5. – С. 76–81.
8. Тамбовцева В. И. Функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы у детей и подростков: современный взгляд на проблему / В. И. Тамбовцева // Рос.педиатр. журнал. – 2007. – № 2. – С. 35–38.
9. Файнзильберг Л. С. ФАЗАГРАФ® – эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца. / Л. С. Файнзильберг // Клиническая информатика и телемедицина. – 2010. – № 6–7. – С. 22–30.
10. Гуров В. А. Новые педагогические технологии и заболеваемость младших школьников / В. А. Гуров // Валеология. 2006. – № 2. – С. 55–59.
11. Доцоев Л. Я. Функциональное состояние учащихся 11–12 лет в условиях интенсивных учебных нагрузок по данным анализа вариабельности сердечного ритма / Л. Я. Доцоев, А. М. Усынин, Н. И. Вагнер, А. Г. Тататчиков // Физиология человека. 2003. – Т. 19., № 4. – С. 62–65.
12. Баевский Р. М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья / Баевский Р. М. // Рос.физиол. журн. им. И. М.Сеченова. – 2003. – Т. 89., № 4. – С. 473–487.
13. Минина Е. Н. Анализ волны Т ЭКГ в фазовом пространстве в определении функциональных резервов миокарда. / Е. Н. Минина Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. – 2013 – 26 (65), № 2 – С. 148–153.
14. Коваленко С.А. Особенности вариабельности сердечного ритма у лиц с разной частотой дыхания / С. А. Коваленко, Л. И. Кудий // Физиология человека. – 2006. – Т. 32., № 6. – С. 126–128.
15. Бирюкова Н. А. Здоровьесберегающие технологии в общеобразовательных учреждениях / Н. А. Бирюкова // Гигиена и санитария. 2006. – № 1. – С. 76–77.
16. Сухарев А. Г. Формирование адаптационных возможностей организма детей и подростков / А. Г. Сухарев // Вестник РАМН. – 2006. – № 8. – С. 15–18.

AGE FEATURES OF CARDIORESPIRATORY FUNCTIONING IN SCHOOLCHILDREN

Minina E. N., Bogach I. N.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: cere-el@yandex.ua*

The parameters of external respiration and the cardiovascular system using a single-channel electrocardiograph "Fazagraf" and capnograph "Elamed" conditionally in 106 healthy school children of 1, 5, 9 and 11 classes. It was found that the formation of the functional state of students in the process of adaptation to the school load is determined manifold enable the various components of a single functional system aimed at ensuring the adaptive effect. Using factor analysis helped identify the key component, which accounts for the largest contribution to the implementation of adaptation responses in students of different ages, which will continue to select the appropriate direction and shape correction.

The dysfunctional conditions of schoolchildren of the 1st form were associated with the activation of stress-limiting mechanisms accompanied by the reduction of myocardial reserves, hyperactivity of vagal activity, electric instability of the myocardium. The analysis of the cardiorespiratory system condition of pupils of the 5th form revealed that the sign of adaptation to the complex influence of the factors of the educational environment was the activity growth of higher suprasegmentary parts of the vegetative regulation accompanied by the possibility of the compensatory inclusion of the respiratory system. Schoolchildren of the 9th form were characterized by hyperactivation of the parasympathetic part of regulation, which hindered the realization of the mobilization function of the stress-realizing systems and led to the reduction of myocardial reserves. It was registered that schoolchildren of 16-17 years had inclusion of all 4 factors influencing the functional condition of the cardiorespiratory system whereas all possible adaptive reserves were involved in the compensatory and adaptation mechanisms of the developing body, which caused an increase in the tension of the regulatory mechanisms and their exhaustion.

Keywords: capnography, ECG, heart rate variability, factor analysis, adaptive capacity.

References

1. Agadzhanjan N. A., Baevskij P. M., Berseneva A. P. *Problems of adaptation and learning about health.* – 284 p. (M.: Publishing House of the Peoples' Friendship University, 2006) (Russian)
2. Physiology of growth and development of children and adolescents (theoretical and clinical issues): a practical guide: 2 t. T. 1 / Ed. Baranova A. A., Scheplyaginoy L. A. – 432 p. (M.: GEOTAR Media. 2006) (Russian)
3. Kryzhanovsky G. N. Some of the general pathological and biological categories: health, disease, homeostasis, sanogenesis, adaptation, immunity. *New approaches and reporting. Pathogenesis*, **1**, 1, 11 (2003) (Russian)
4. Pankov D. D., Pankova T. B., Berova G. I., Natal'ina O. I. New methodical approach to the analysis of the results of preventive examinations of schoolchildren. *Ros.pediatr magazine*, **2**, 25 (2006) (Russian)
5. Setko A. G., Setko N. P., Makarova T. M., Setko I. M. Features children's adaptation to environmental factors and criteria for their evaluation. *Hygiene and sanitation*, **6**, 57 (2005) (Russian)

6. Bezrukih M. M., Son'kin V. D., Farber D. A Age physiology (physiology of the child). – 416 p. (M.: Publishing Center Academy, 2007) (Russian).
7. Bykov E. V., Isaev A. P. Adaptation to stress school students of educational institutions of a new type. *Human Physiology.*, **27**, 5, 76. (2001) (Russian).
8. Tambovceva V. I. Functional disorders of the cardiovascular system in children and adolescents: a modern view on the problem. *Ros.pediatr. Journal.*, **2**, 35 (2007) (Russian).
9. Fainzilberg L. S. FASEGRAPH® – effective information technology processing ECG in the task of screening for coronary heart disease. *Clinical Informatics and telemedicine*, **6-7**, 22. (2010) (Russian)
10. Gurov V. A. New educational technology and the incidence of younger schoolboys. *Valeology.*, **2**, 55. 2006 (Russian).
11. Docoev L. Ja., Usynin A. M., Vagner N. I., Tatatchikov A. G. Functional state of pupils 11–12 years in intensive training loads according to the analysis of heart rate variability. *Human Physiology.*, **19**, **4**, 62. (2003) (Russian).
12. Baevskij P. M. The concept of physiological norm and criteria for health. *Ros.fiziol. Zh. them. Sechenov.* **89**, **4**, 473 (2003) (Russian).
13. Minina E. N. Analysis of wave T ECG in phase space in the definition of the functional reserves of the myocardium. *Scientific notes of Taurida national University named after V. I. Vernadsky*, **26(65)**, **2**, 148. (2013) (Russian).
14. Kovalenko S. A., Kudij L. I. Heart rate variability in patients with different respiratory rate. *Human Physiology*, **32**, **6**, 126. (2006) (Russian).
15. Birjukova H. A. School health technologies in educational institutions. *Hygiene and sanitation*, **1**, 76 (2006) (Russian).
16. Suharev A. G. Formation of the adaptive capabilities of the organism of children and adolescent. *Bulletin of Medical Sciences*, **8**, 15 (2006) (Russian).

Поступила в редакцию 26.11.2015 г.