

*Е. А. Калюжный, С. В. Михайлова, Ю. Г. Кузмичёв,
Е. А. Болтачёва, Н. В. Жулин*

АДАПТАЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У УЧАЩИХСЯ МЛАДШИХ КЛАССОВ

Отражены результаты исследования динамики механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы у учащихся младших классов по показателям индексов вегетативного и миокардиально-гемодинамического гомеостазов.

This article presents the results of research on the dynamics of cardiovascular system adaptation mechanisms in primary school pupils according to the indices of vegetative and myocardial of haemodynamic homeostasis.

Ключевые слова: адаптация, вегетативный и миокардиально-гемодинамический гомеостазы, внутрисистемные и межсистемные отношения гемодинамики, кардиоинтервалография, индексы функционального напряжения, симпатические и парасимпатические преобладания, дистонические состояния, альтернативные отделы вегетативной нервной системы, сбалансированность, мониторинг адаптации.

Key words: adaptation, vegetative and myocardial homeostasis, intra-and inter-system relationships hemodynamics, cardiointervalography, indices of functional stress, sympathetic, parasympathetic predominance, dystonic state, alternative section of the vegetative nervous system, balancing, adaptation monitoring..

Одной из основных тем в исследованиях возрастной физиологии является рассмотрение проблем адаптации детей и подростков к учебным и физическим нагрузкам. Цель этих исследований — изучение физиологических механизмов адаптации и получение возможностей оптимизирования ее средствами гигиены и педагогики.



Система кровообращения рассматривается как исполнительный механизм, выполняющий роль посредника между управляющим и управляемым контурами, что дает основание рассматривать ее деятельность как процесс взаимодействия между вегетативным и миокардиально-гемодинамическим гомеостазом. Общая закономерность этого процесса заключается в том, что более высокие уровни управления тормозят активность более низких, поэтому стрессорные воздействия могут проявляться через разные реакции ритма сердца. Оптимальная адаптация реализуется с наименьшим участием высших уровней управления, т.е. минимальной централизацией управления, и наоборот [1, с. 128; 2, с. 147]. Регуляция частоты сердечных сокращений в физиологических условиях является результатом ритмической активности пейсмекеров синусового узла и интеграции влияния вегетативной и центральной нервной систем и ряда воздействий гуморально-рефлекторного характера.

В целях оценки лимитированности адаптационных потенциалов организма используются показатели функций сердечно-сосудистой системы (ССС): число сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД) [3, с. 65; 4, с. 69]. Анализ публикаций выявил разноречивость данных, что часто обусловлено малыми объемами представленных выборок, отсутствием комплексности и нормативных разработок. Работ с анализом баланса альтернативных отделов вегетативной нервной системы, адаптационных ресурсов у учащихся младших классов нет.

Цель исследования — изучить динамику механизма адаптации сердечно-сосудистой системы у учащихся младших классов по показателям индексов вегетативного (ВГ, ИВГ) и миокардиально-гемодинамического гомеостазов (МГ, ИМГ).

Материал и методы исследования. Работа выполнена в рамках НИР АГПИ им. А.П. Гайдара «Мониторинг физического здоровья учащихся современного образования» в школах Арзамаса и Нижнего Новгорода с соблюдением всех требований, предъявляемых к проведению данного исследования [5, с. 21].

ВГ оценивался по результатам *показателей вариационной пульсометрии*: M_{cp} (среднее значение); M_o (мода — наиболее часто встречающееся значение кардиоинтервала, характеризующее гуморальный канал регуляции и уровень функционирования системы); AM_o (амплитуда моды, определяет состояние активности симпатического отдела вегетативной нервной системы); BP (вариационный размах, отражает уровень активности парасимпатического звена вегетативной нервной системы); $ИН$ (индекс напряжения, информирует о напряжении компенсаторных механизмов организма [4, с. 42; 6, с. 26], а также по гемодинамическим показателям с расчетом производных вегетативных индексов внутри- и межсистемных соотношений: $ВИК$ (вегетативный индекс Кердо) = $(1 - ДАД/ЧСС) \times 100$ [7, с. 52] и $ВИА$ (вегетативный индекс Аболенской) = $ЧСС/САД$ [8, с. 45].

Обследовали 300 детей, из них 124 в проспективном исследовании. Критерии включения: 1) школьники 1–4-х классов в возрасте 6,5–10 лет; 2) отсутствие обострений одного-двух хронических заболеваний в течение 1–2 лет до момента обследования (рекомендации приказов №113



и 114 МЗ РФ от 21.03.2003 г. «Об утверждении отраслевой программы Охрана и укрепление здоровья здоровых на 2003–2010 годы»); 3) отсутствие острых (в течение 1 месяца до начала осмотра) признаков синдрома вегетативной дистонии; 4) обязательное присутствие синусового ритма по данным электрокардиограммы. Стандартную кардиоинтервалограмму регистрировали на 12-канальном компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр-12» – Нейрософт (г. Иваново, РФ) и «Кардиоэксперт-1» в соответствии с рекомендациями унифицированного метода оценки качества регуляции [3, с. 65–87]. Базы данных формировались на основе программы DBFNavigatоr, v. 2.01 [9].

Показатели кардиоинтервалографии (КИГ) представлены в общепринятой системе обозначений [6, с. 26]. Гемодинамические показатели (САД, ДАД, ЧСС) интерпретировали на основании «Оценочных таблиц», представленных в работе [10, с. 44], а ВГ – на основе разработанных авторами эталонов [11, с. 115].

Уровень адаптированности (от оптимального до резко сниженного) определили по приобретенному популярности научно-практическому алгоритму А.В. Аболенской с вычислением индексов функционального напряжения (ИФН): МГ – ИФН по показателям ЧСС и САД, ВГ – ИВГ по показателям АМ_О и ВР [8, с. 31]. Сбалансированность симпатического и парасимпатического отделов (эйтония, переходные состояния, дистония и дисфункция) автономной (вегетативной) нервной системы определялась на основании оригинального алгоритма: норма – удовлетворительная адаптация, т.е. сбалансированность ВНС; вегетативная дисфункция – однонаправленность (избыточная или недостаточная) тонуса альтернативных отделов ВНС; вегетативная дистония – разнонаправленность (избыточная или недостаточная) тонуса альтернативных отделов ВНС [11, с. 116; 12, с. 74].

Статистическую обработку данных осуществили средствами параметрического и непараметрического анализа с использованием пакета программ «Excel 2003», «Biostat», достоверность итогов проведена с оценкой значимости различий статистическими критериями: параметрическими – по Фишеру (F) и непараметрическом – по Крускалу – Валлису (Kruskal – Wallis) (KW).

Результаты и их обсуждение. Был изучен характер взаимосвязей указанных показателей между собой: особенностью обследованной группы является четко выраженная положительная ранговая корреляция с возрастом ($R \approx 0,5$) не только САД, ДАД, ЧСС, но и ВИК, ВИА, ИФН. Установили отсутствие статистически значимой ранговой корреляции всех показателей КИГ и ИН с возрастом, классом обучения и полом. ИН не коррелирует с ИФН, ВИК, ВИА, но выявлена на уровне средней связи ($R = 0,61$) с ИВГ.

На этом основании исходные показатели КИГ и интегративные параметры вегетативного гомеостаза – ИН и ИВГ – анализировали по группе учащихся в целом. Адаптивные изменения на учебную нагрузку первоклассники проявили спустя 10–14 дней к концу 4-й недели от начала занятий. У 66 детей динамика ИН следующая: исход – $85,3 \pm 4,80$, через 2 недели – $88,2 \pm 6,27$, через 1 месяц – $172,1 \pm 16,50$ ($p = 0,02$).



Было отмечено, что адаптация протекает с симпатическим преобладанием (с ростом АМО) в течение первых 2 лет обучения уже с конца первой четверти у большинства детей. Парасимпатическое влияние (снижение ВР) в этих условиях начинает проявляться с 3-го года обучения, что приводит к снижению ИН, но на уровне выше эйтонического (табл. 1).

Таблица 1

Динамика средних показателей КИГ учащихся младших классов, М ± m

40

Класс	АМО, %	ВР, с	ИН, усл. ед.
1-й	40,5 ± 0,60	0,241 ± 0,002	160,0 ± 4,12
2-й	40,7 ± 0,62	0,238 ± 0,003	147,6 ± 4,24
3-й	37,66 ± 0,86	0,252 ± 0,004	142,7 ± 5,59
4-й	29,07 ± 2,19	0,262 ± 0,01	114,7 ± 15,01
Статистика p (KW)	0,000	0,0014	0,007

Для объективизации оценки изменчивости ИН исследовали его взаимосвязи с изученными факторами. При логическом построении линейного уравнения множественной регрессии получили нормированную модель статистически значимого характера ($F = 647,1$, $ss = 5/2042$, $p = 0,0000$, коэффициент детерминации $R^2 = 37,1\%$):

$$ИН = 13,563 \cdot ГЗ + 19,996 \cdot ПП - 38,634 \cdot К - 2,212 \cdot О - 22,901 \cdot В \pm 17,1 \text{ у. е.},$$

где ГЗ — группы здоровья по результатам комплексной оценки; ПП — инновационность педагогической программы (1 — типовая, 2 — инновационная); О — номер осмотра в течение учебного года (от 1 до 8, нечетные числа — начало каждой четверти, четные — конец); К — класс обучения (1—4-й); В — возраст в годах (7—10).

Из показателей таблицы 2 следует, что у учащего каждого года обучения напряжение ВГ по ИН тем выше, чем он младше (возраст первокурсников — 6,5—8 лет), если он имеет хронические заболевания, обучается по инновационным программам. К концу учебного года оно снижается за счет формирования адаптированности.

Таблица 2

Характеристика вегетативного гомеостаза по взаимодействию альтернативных отделов, %

Класс	Эйтония	Переходные варианты	Дистония	Дисфункция
1-й	45,5	22,8	31,6	0,1
2-й	44,5	23,0	32,5	0
3-й	51,9	22,8	25,3	0
4-й	47,0	36,8	16,2	0
Эталон	65	31,7	2,5	0,8



Адаптация учащихся начальной школы характеризуется дистоническими состояниями вегетативной регуляции почти у трети детей (табл. 2). Данные таблицы 3 (p для всех $< 0,05$) подтверждают выявленную особенность для всего контингента учащихся.

Таблица 3

**Характеристика показателей вегетативного
и миокардиально-гемодинамического гомеостаза в зависимости
от баланса альтернативных отделов вегетативной нервной системы**

Признак	Эйтония	Переходные варианты	Дистония
АМО, %	28,31 ± 5,48	39,52 ± 19,47	57,6 ± 14,87
ВР, с	0,301 ± 0,0507	0,213 ± 0,0756	0,167 ± 0,0412
ИН, усл. ед.	71,8 ± 33,18	138,7 ± 73,11	279,5 ± 138,6
ВИК, усл. ед.	0,20 ± 0,125	0,25 ± 0,131	0,29 ± 0,104
ВИА, усл. ед.	0,86 ± 0,120	0,92 ± 0,141	0,97 ± 0,125
ИМГ (ИФН), усл. ед.	0,63 ± 0,339	0,77 ± 0,456	0,77 ± 0,452
ИВГ, усл. ед.	0,78 ± 0,551	1,77 ± 0,863	2,15 ± 0,529

Примечание: Значения ИФН и ИВГ до 1,0 – зона нормы адаптации, 1,0–2,0 – зона риска (пограничное с нормой состояние) и свыше 2,0 – зона патологии [8, с. 48].

Показатели САД и особенно ДАД более реактивны, характеризуются склонностью к гипертензионным состояниям (высокое нормальное давление – 7-й центильный интервал, высокое давление – 8-й). Следует отметить весьма неблагоприятный вариант адаптации сердечно-сосудистой системы (МГ) учащихся начальной школы в виде компенсаторного роста периферического сосудистого сопротивления, проявляющегося увеличением в большей степени ДАД.

Очевидна обязательность регулярных медицинских осмотров с измерением артериального давления в интересах поддержания здоровья. При констатации его выхода за пределы возрастных величин показана консультация педиатра.

В таблице 3 представлены данные, имеющие существенную практическую значимость (для всех $p < 0,01$). Показатели ВГ и МГ не параллельны в характере своей изменчивости. Индекс функционального напряжения ИМГ (по показателям ЧСС и САД) мало изменчив в отличие от ИВГ. Это означает высокую скрининговую ценность и диагностическую значимость исследования показателей вегетативного гомеостаза методами изучения вариабельности сердечного ритма (КИГ), поскольку выход ИМГ за пределы оптимального уровня адаптированности означает уже клиническую ситуацию (табл. 4), требующую врачебного решения.



Таблица 4

Характеристика гемодинамических показателей у учащихся 1–4-х классов, %

Ц. И. – эталон	ЧСС		САД		ДАД	
	Сентябрь	Май	Сентябрь	Май	Сентябрь	Май
1–5	3,2	7,3	0	0	0	0,8
2–5	3,2	7,3	0	0	0	0
3–15	13,7	17,7	7,3	0,8	0	0
4–25	30,6	32,3	3,2	0	5,6	0,8
5–25	25,0	21,8	25,8	2,4	33,1	1,6
6–15	13,7	9,7	53,2	54,0	18,5	4,8
7–5	3,2	1,6	0	17,7	11,3	9,6
8–5	7,3	2,4	10,5	25,0	31,4	82,6

42

Заключение

Адаптация учащихся начальной школы в современных условиях обучения – длительный и циклический процесс с симпатическим преобладанием. У половины детей не формируется сбалансированность альтернативных отделов ВНС, что манифестируется клинически значимыми дистоническими проявлениями.

Комплексное исследование показателей ВГ и МГ – научно-практическая необходимость современной организации мониторинга адаптации и здоровья детей, обучающихся в начальной школе, оно является эффективной программой разработки и внедрения мероприятий превентивной реабилитации и тем самым профилактики «школьных болезней».

Список литературы

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология. М., 2007.
2. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье : учеб. пособие. М., 2006.
3. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2001. №24. С. 65–87.
4. Адаптация организма учащихся к учебной и физической нагрузкам / под ред. А.Г. Хришковой, М.В. Антроповой. М., 1982.
5. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М. Оценка здоровья детей и подростков при профилактических осмотрах (руководство для врачей). М., 2004.
6. Кузмичёв Ю.Г., Ипатов Ю.П. Вегетативная дисфункция у детей. Н. Новгород, 1998.



7. Алимova И.Л. и др. Вегетативная дисфункция у детей и подростков / под ред. Л. В. Козловой. М., 2008.

8. Аболенская А. В. Адаптационные возможности организма и состояния здоровья детей. М., 1996.

9. DBFNavigator – программы работы с DBF. URL: <http://ru.brothersoft.com/db-navigator-for-dbf-133462.html> (дата обращения: 10.10.2011).

10. Богомолoва Е. С. и др. Оценка физического развития детей и подростков г. Нижнего Новгорода : метод. указания. Н. Новгород, 2011.

11. Кузмичёв Ю. Г., Чекалова С. А., Богомолoва Е. С. и др. Статистический подход к оценке симпатического-ваготонического баланса у детей и подростков по данным вариационной пульсометрии (КИП) // Актуальные вопросы педиатрии, перинатологии и репродуктологии : межвуз. сб. науч. работ / под ред. А. В. Прахова, С. Б. Артифексова. Н. Новгород, 2010. Вып. 4. С. 115–117.

12. Чикалова Н. Г. и др. Функциональные резервы организма детей и подростков. Методы оценки : учеб. пособие. Н. Новгород, 2010.

Об авторах

Евгений Александрович Каложный – канд. биол. наук, доц., Арзамасский государственный педагогический институт им. А.П. Гайдара.

E-mail: eakmail@mail.ru

Юрий Георгиевич Кузмичёв – д-р мед. наук, проф., Нижегородская государственная медицинская академия Росздрава.

E-mail: drkum@mail.ru

Светлана Владимировна Михайлова – асп., преподаватель, Арзамасский государственный педагогический институт им. А.П. Гайдара.

E-mail: agpi-mpbgd@mail.ru

Елена Александровна Болтачёва – асп., врач, Центр здоровья для ребенка г. Арзамаса.

Николай Васильевич Жулин – асп., врач, Центральная городская больница г. Арзамаса.

E-mail: nikolai_zhulin@mail.ru

About authors

Dr Yevgeny Kalyuzhny, Associate Professor, A.P. Gaidar Arzamas State Pedagogical Institute.

E-mail: eakmail@mail.ru

Prof. Yuri Kuzmichev, Nizhniy Novgorod State Medical Academy.

E-mail: drkum@mail.ru

Svetlana Mikhailova, PhD student, A.P. Gaidar Arzamas State Pedagogical Institute.

E-mail: agpi-mpbgd@mail.ru

Yelena Boltacheva, PhD student, Arzamas Children's Health Centre.

Nikolai Zhulin, PhD student, Central City Hospital, Arzamas.

E-mail: nikolai_zhulin@mail.ru