
УДК 612.66/68
ББК 28.903.7
Т 76

Трохимчук Л.Ф.

Доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии и физиологии детей и подростков факультета естествознания педагогического института Южного федерального университета, тел. (863) 233-97-30, e-mail: TROLF@mail.ru

Шквирина О.И.

Кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии и физиологии детей и подростков факультета естествознания педагогического института Южного федерального университета, тел. 89054877465

Кристаленко Е.Р.

Магистрант кафедры анатомии и физиологии детей и подростков факультета естествознания педагогического института Южного федерального университета, тел. 89508687755

**Физиологическая оценка адаптации пятиклассников
к учебной деятельности по вегетативной составляющей
вариабельности сердечного ритма
(Рецензирована)**

Аннотация

Методом математического анализа вариабельности сердечного ритма проведено изучение адаптации школьников к учебной деятельности в начальном периоде обучения в 5 классе. Выявлены половые различия адаптационных возможностей организма. Показано, что основным физиологическим механизмом начальной адаптации является высокий тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а надсегментарный уровень регуляции в рассматриваемом возрасте служит маркером резервных возможностей организма.

Ключевые слова: *адаптация, регуляторные механизмы, сердечный ритм, симпатический тонус парасимпатический тонус, половая гетерохрония, физиологический мониторинг, функциональное состояние.*

Trokhimchuk L.F.

Doctor of Biology, Professor of Department of Anatomy and Physiology of Children and Teenagers, Pedagogical Institute of Southern Federal University, ph. (863) 233-97-30, e-mail: TROLF@mail.ru

Shkvirina O.I.

Candidate of Biology, Associate Professor of Department of Anatomy and Physiology of Children and Teenagers, Faculty of Natural Sciences, Pedagogical Institute of Southern Federal University, ph. 89054877465

Kristalenko E.R.

Undergraduate of Department of Anatomy and Physiology of Children and Teenagers, Faculty of Natural Sciences, Pedagogical Institute of Southern Federal University, ph. 89508687755

**Physiological assessment of fifth-former adaptation to learning activities on the
basis of a vegetative component of heart rate variability**

Abstract

This work studies adaptation of pupils to learning activity in the initial stage of training in the 5th form using the method of the mathematical analysis of heart rate variability. The authors reveal sexual distinctions of adaptation potentialities of an organism. It is shown that the main physiological mechanism of initial adaptation is the high tone of parasympathetic section of vegetative nervous system. The above-segmentary level of regulation serves as a marker of reserve possibilities of an organism in the considered age.

Keywords: *adaptation, regulatory mechanisms, heart rate, sympathetic tone, parasympathetic tone, sexual heterochrony, physiological monitoring, functional condition.*

Введение

Сила влияния школьных факторов риска, сопровождающих учебную деятельность, определяется тем, что они действуют в период роста, развития и формирования всех систем организма ребенка комплексно и системно длительное время (в течение 10–11 лет). Поэтому даже в случае минимального влияния каждого из них суммарное воздействие оказывается значительным [1]. Однако особую актуальность проблема адаптации к процессу обучения приобретает в первом и пятом классе школы, в подростковом возрасте и во время завершения 2 и 3 ступени обучения: в девятом и одиннадцатом классе. Адаптация к различным формам обучения в разные возрастные периоды у школьников протекает неодинаково. Несовершенство программ, несоответствие их возрастным особенностям школьников приводит к перегрузке и нарушению становления нормального процесса адаптации к учебным занятиям [2]. Наименее изученным является переходный период из четвертого в пятый класс, в ходе которого ученикам приходится приспосабливаться к новым условиям образовательной среды, что довольно часто сопровождается снижением успеваемости и интереса к учению, появлением признаков тревожности и неадекватных поведенческих реакций.

Для понимания общих закономерностей адаптации школьников к процессу обучения особое значение имеет изучение такой интегральной характеристики, как функциональное состояние (ФС) организма. Известно, что одинаково хорошие результаты интеллектуальной деятельности могут быть достигнуты при весьма разных энергетических затратах организма, т.е. за счет неодинаковой «физиологической цены» адаптации, так как даже адекватная возможностям школьников образовательная среда оказывает существенное воздействие на психофизиологические функции, вызывая значительную мобилизацию ресурсов организма [3]. При неадекватных учебных нагрузках, авторитарной педагогической тактике и дефиците времени на фоне нерациональной организации учебного процесса, формируется состояние психической напряженности, которая может привести к снижению работоспособности и даже истощению функциональных резервов организма [4], которые в школьном возрасте значительно ниже таковых у взрослого человека.

В связи с этим особую значимость приобретает контроль ФС школьников в начальном периоде полового созревания. В этом возрасте адаптация к условиям обучения усложняется эндогенными факторами риска. Данные физиологических, психологических и педагогических исследований свидетельствуют о том, что в пубертатном периоде наблюдается повышенное напряжение ведущих физиологических функций и механизмов их регуляции. Поэтому изучение физиологических механизмов адаптации пятиклассников к новому этапу обучения может стать фундаментальной основой организации для них менее травматичного и более адекватного индивидуального психолого-педагогического сопровождения в переходный период из четвертого в пятый класс и от начального пубертата к подростковому возрасту.

Цель работы: изучение физиологических механизмов адаптации к учебной деятельности младших школьников, обучающихся в основном на «хорошо» и «отлично» или на «удовлетворительно» в конце четвертого и в динамике первой четверти пятого года обучения.

Методика исследования

В физиологическом мониторинге принимали участие 32 школьника. Были сформированы две экспериментальные группы. Первую группу составили 16 учащихся, окончивших начальную школу на «хорошо» и «отлично», а вторую – такое же количе-

ство учащихся, окончивших начальную школу в основном на «удовлетворительно».

В группы обследования были включены дети, двигательная активность которых не превышала границ физиологического стресса, так как согласно данным И.А. Аршавского [5], только такие объемы двигательной активности обуславливают повышение потенциальной лабильности различных систем организма в целом. Не включались юные спортсмены и другие дети, суточная двигательная активность которых превышала верхнюю границу нормы (70% от времени бодрствования). Обследование проведено в лонгитюдном режиме в лаборатории кафедры анатомии и физиологии детей и подростков Педагогического института ЮФУ.

Функциональное состояние школьников и вегетативная составляющая их адаптации к учебной деятельности исследовались в состоянии относительного физиологического покоя с помощью программно-аппаратного комплекса «Варикард 2.51» фирмы «Рамена» (г. Рязань), принцип работы которого основан на математическом анализе variability сердечного ритма (ВСР) [6, 7]. Обследование проводилось в четыре этапа: в конце обучения в начальной школе (1 этап) и во время адаптации к учебной деятельности в пятом классе: на 2-й, 5-й и 8-й неделе первой четверти (2, 3 и 4 этапы).

Для оценки вегетативной составляющей физиологических механизмов адаптации к учебной деятельности была проанализирована динамика следующих показателей ВСР: показатель активности регуляторных систем (ПАРС), характеризующий функциональное состояние и уровень адаптации обследуемого, симпатический (LF) и парасимпатический (HF) тонус и индекс отношения LF/HF; VLF – мощность спектра, отражающая состояние надсегментарных структур вегетативной нервной системы (ВНС), обеспечивающих процесс модуляции ее периферических отделов.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные на основе математического анализа ВСР данные, отражающие динамику функционального состояния и уровня адаптации на всех этапах обследования у девочек и мальчиков обеих групп по показателю активности регуляторных систем (ПАРС), представлены на рисунке 1.

Как следует из этого рисунка, на первом этапе обследования (в конце четвертого года обучения) удовлетворительная адаптация выявлена у 10% девочек, обучающихся на «хорошо» и «отлично», и у 40% – обучающихся на «удовлетворительно». Остальные 90% девочек первой группы испытывают в это время напряжение (50%) и перенапряжение (40%) регуляторных механизмов адаптации, а 60% девочек 2 группы только перенапряжение. На 2 этапе обследования (вторая неделя первой четверти) процентное соотношение девочек 1 и 2 группы по функциональному состоянию и уровню напряжения регуляторных механизмов адаптации существенно изменилось. Физиологическая норма этого состояния, соответствующая удовлетворительной адаптации, была зарегистрирована у 45% девочек 1 группы и у 20% – 2 группы. Функциональное состояние остальных обследуемых оценивается как донозологическое и преморбидное, а уровень адаптации – как неудовлетворительный.

На 3 этапе обследования (5 неделя первой четверти) физиологическая норма функционального состояния в 1 группе снижается более чем в 2 раза, а во второй – остается на прежнем уровне. Распределение ФС на этом этапе обследования у девочек обеих групп идентично и не зависит от качества успеваемости. У 80% из них выявлен неудовлетворительный уровень адаптации, свидетельствующий о напряжении и перенапряжении регуляторных механизмов (донозологическое ФС – 60% и преморбидное – 20%), а у 20% – физиологическая норма ФС и удовлетворительный уровень адаптации. На 4 этапе (последняя неделя первой четверти) распределение девочек по функцио-

нальному состоянию существенно отличается от их распределения на предыдущих этапах. В обеих группах отсутствует физиологическая норма ФС.

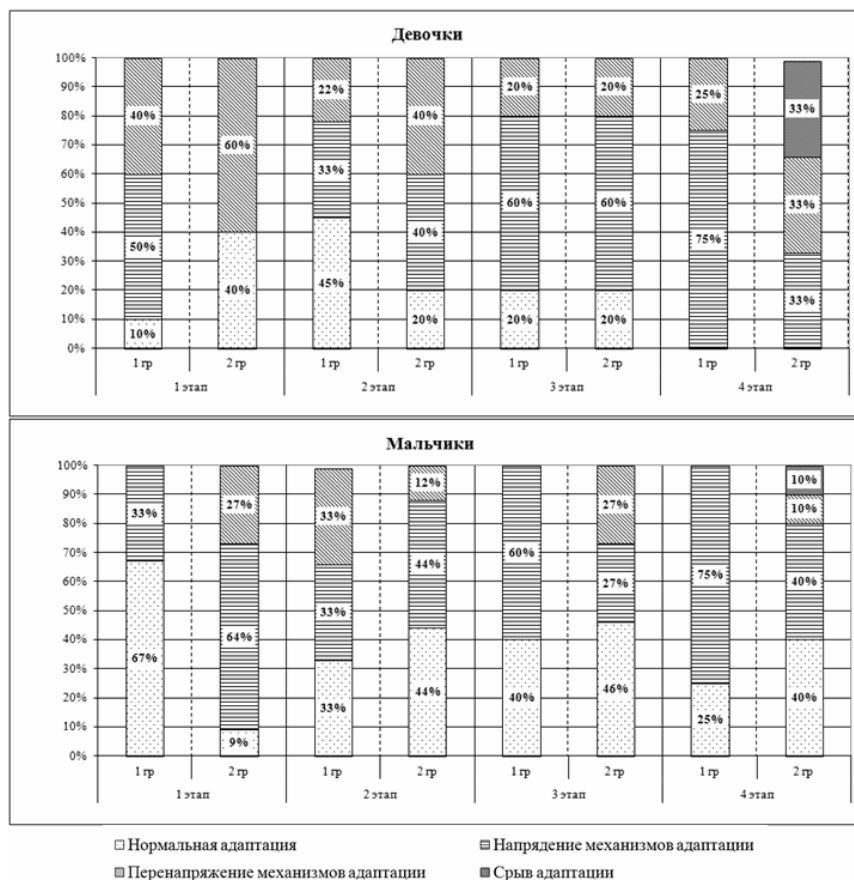


Рис. 1. Динамика функционального состояния обследуемых по показателю активности регуляторных систем (ПАРС)

У девочек первой группы ФС распределяется по двум градациям: 75% – донозологическое состояние и 25% – преморбидное, что соответствует напряжению и перенапряжению физиологических механизмов адаптации. Во 2 группе у 66% обследуемых наблюдается неудовлетворительная адаптация, а у 33% – срыв адаптации. Различия в распределении функционального состояния между группами обследуемых девочек в основном наблюдаются на 1, 2 и 4 этапах обследования. Девочки, обучающиеся на «хорошо» и «отлично», на 2 и 4 этапе адаптируются лучше, чем их сверстницы, обучающиеся в основном на «удовлетворительно». Но среди тех и других в конце первой четверти 5 года обучения нет респондентов, ФС которых соответствовало бы физиологической норме, а уровень адаптации к учебной деятельности можно было бы оценить как удовлетворительный.

В распределении мальчиков 1 и 2 группы по функциональному состоянию на всех этапах обследования, также как и среди девочек, выявлены существенные различия.

На 1 этапе функциональное состояние в пределах физиологической нормы выявлено у 67% мальчиков 1 группы и только у 9% мальчиков 2 группы. Остальные мальчики 1 группы на этом этапе обследования находились в донозологическом состоянии (33%), а во 2 группе – в донозологическом (64%) и преморбидном (27%).

На 2 этапе обследования число мальчиков 1 группы, имеющих нормальное функциональное состояние, снизилось до 33%, а во 2 группе – увеличилось до 44%.

Остальные обследуемые и 1 и 2 группы находились в донозологическом и преморбидном состоянии, что свидетельствовало о напряжении и перенапряжении механизмов адаптации.

На 3 этапе в 1 группе произошло улучшение адаптивных возможностей обследуемых за счет перехода детей из преморбидного состояния в донозологическое и физиологическую норму, а во 2 группе – ухудшение за счет перехода определенной части детей из донозологического состояния в преморбидное.

На 4 этапе обследования число пятиклассников 1 группы, имеющих нормальное функциональное состояние, а следовательно, удовлетворительную адаптацию, снизилось до 25%. У остальных 75% было донозологическое состояние и неудовлетворительная адаптация. Во 2 группе, напротив, число детей с нормой функционального состояния в конце первой четверти составило 40%. Остальные мальчики этой группы распределились следующим образом: 40% – донозологическое состояние, 10% – преморбидное и 10% – срыв адаптации

Общая оценка функционального состояния и адаптивных возможностей мальчиков, обучающихся на «хорошо» и «отлично» (1 группа) и обучающихся на «удовлетворительно» (2 группа) такова: на 1, 3 и 4 этапах обследования мальчики 1 группы адаптируются к учебной деятельности с меньшими затратами функциональных резервов, нежели мальчики 2 группы.

Анализ функционального состояния обследуемых по динамике ПАРС свидетельствует также о наличии в группах обследования выраженной половой гетерохронии (рис. 1). Половые различия выявлены на протяжении всего периода обследования в обеих группах. Максимальная выраженность половой гетерохронии характерна для 1 и 4 этапов мониторинга. Существенные половые различия, свидетельствующие о лучшей адаптивности мальчиков, обучающихся на «хорошо» и «отлично», выявлены на 1, 3, 4 этапах обследования, а мальчиков, обучающихся в основном на «удовлетворительно», – на 2, 3, 4 этапах. Это позволяет сделать вывод о том, что адаптация к учебной деятельности не всегда зависит от уровня успеваемости и у мальчиков она протекает успешнее, чем у девочек.

Динамический ряд кардиоинтервалов является физиологическим сигналом, отражающим единство нейрогуморального регуляторного воздействия на сердце. Поэтому, одной из задач современных исследований в области анализа ВСР, участию в решении которой посвящена наша работа, является определение активности регуляторных контуров, формирующих это воздействие. Речь идет о сегментарных (периферические вегетативные регуляторные контуры) и надсегментарных (центральный контур регуляции) структурах головного мозга, участвующих в управлении сердечным ритмом.

В целом тонус вегетативной нервной системы рассматривается как одно из проявлений гомеостатического состояния и одновременно как один из механизмов его стабилизации. При этом симпатическая часть вегетативной нервной системы рассматривается как система тревоги и мобилизации функциональных ресурсов. Задачу восстановления и накопления энергетических ресурсов берет на себя парасимпатическая часть вегетативной нервной системы [8].

Отношение низкочастотной составляющей спектра к высокочастотной (LF/HF) условно характеризует вклад симпатических и парасимпатических влияний в автономную регуляцию сердечного ритма; его увеличение свидетельствует о симпатизации регуляции СР, уменьшение – об обратном эффекте [7].

Динамика распределения обследуемых нами школьников по данным отношения LF/HF представлена на рисунке 2.

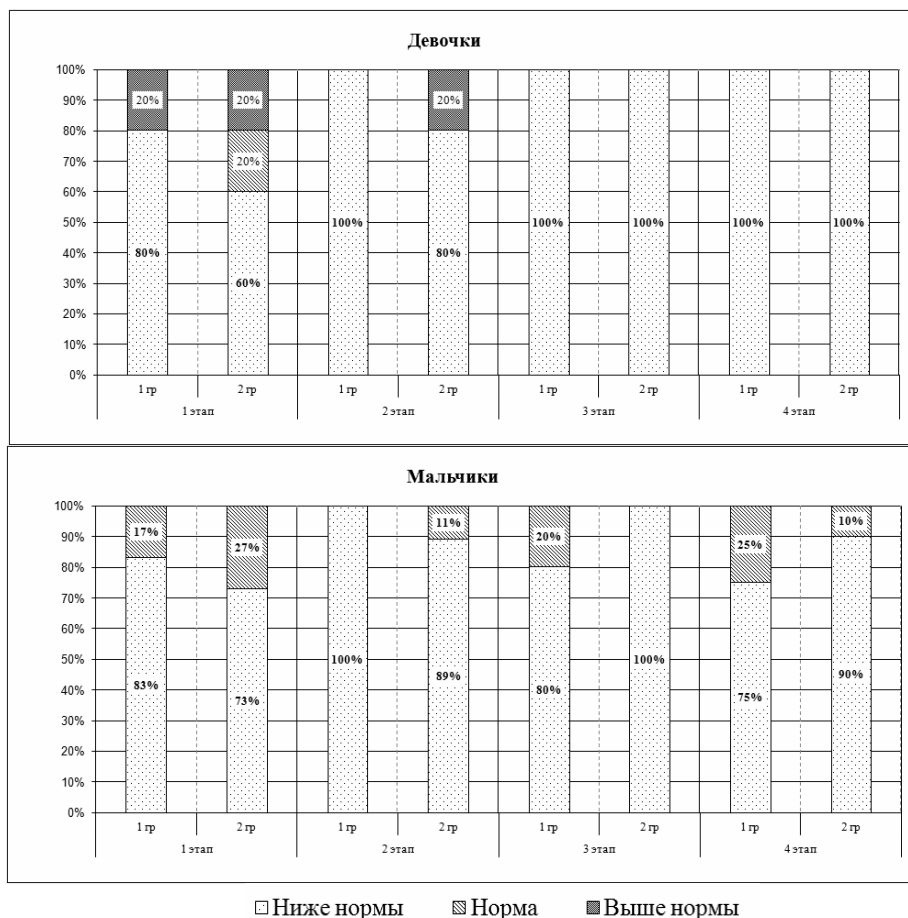


Рис. 2. Динамика отношения симпатических и парасимпатических влияний (LF/HF) на автономную регуляцию сердечного ритма

Как следует из рисунка 2 у большинства детей, независимо от качества успеваемости и пола, на протяжении всего периода обследования преобладают низкие значения соотношения LF/HF. Это говорит о том, что в адаптации к учебной деятельности младших школьников в переходный период из 4 в 5 класс ведущую роль играет парасимпатический тонус (LF/HF ниже нормы). Симпатотония, как вегетативная составляющая адаптации к учебной деятельности, характерна только для 20% девочек на начальном этапе обследования (LF/HF выше нормы). Нормотония чаще встречается у мальчиков: в первой группе вегетативное равновесие на разных этапах обследования колеблется от 17% до 25%, а во второй – от 10 до 27%. У девочек это состояние выявлено только во второй группе на первом этапе обследования.

Роль активности высших отделов ВНС в регуляции сердечного ритма при различном ФС подчеркивается многими отечественными и зарубежными исследователями ВСП. Обращается внимание на их способность модулировать парасимпатическую и симпатическую активность. Маркером этого звена принято считать очень низкочастотную компоненту спектра ритмограммы (VLF-диапазон) (Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use, 1996).

Исследование активности высших надсегментарных структур головного мозга в управлении сердечным ритмом посредством модуляции обоих отделов ВНС признано в настоящее время наиболее актуальным направлением в методологии анализа ВСП [9].

Степень участия высших отделов ЦНС в формировании ФС, отражающего уровень резервных и адаптивных возможностей организма, у большинства детей обследованного нами контингента минимальна (рис. 3).

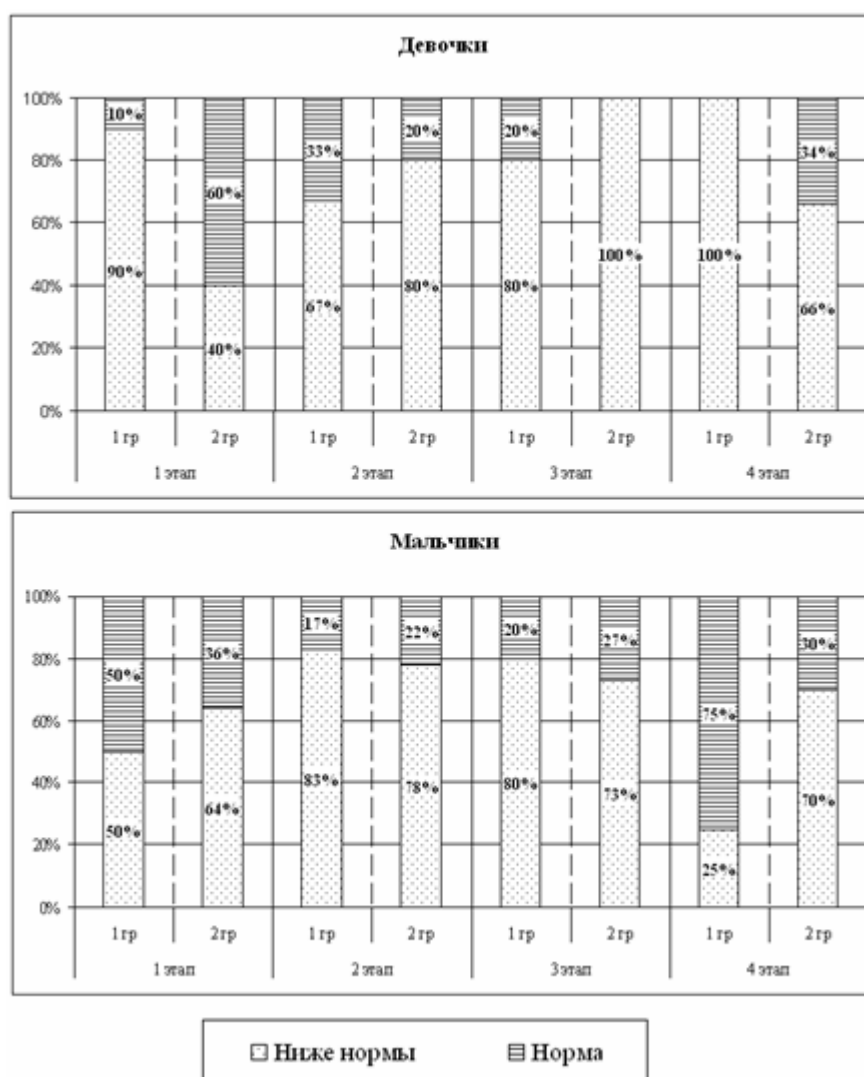


Рис. 3. Динамика мощности регуляторных воздействий на сердечный ритм надсегментарных структур (VLF-диапазон) ВНС

Так на 1 этапе обследования (в конце четвертого года обучения) благодаря нормативным показателям VLF оптимальное функциональное состояние зарегистрировано у 31% обследуемых. У 69% детей этой группы активность надсегментарных структур ниже нормы, ФС не оптимально, а регуляторные механизмы адаптации к учебной деятельности в конце 4-го учебного года испытывают напряжение и перенапряжение. Известно, что у взрослых, независимо от возраста, переход к устойчивой долговременной адаптации наблюдается при высокой модулирующей активности надсегментарных структур.

Выявленное нами минимальное модулирующее воздействие надсегментарных структур свидетельствует о доминировании автономного контура регуляции висцеральных функций при истощении адаптивных резервов, уровень которых у детей и подростков значительно ниже, чем у взрослых.

Представленные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. У школьников 11–12 лет, независимо от качества успеваемости, формирование определенного уровня функционирования регуляторных систем при переходе из 4 в 5 класс в основном осуществляется за счет высокой автономности парасимпатической составляющей сегментарного уровня регуляции. Уровень надсегментарной модуляции (VLF-диапазон) симпатического и парасимпатического тонуса в этом возрасте служит маркером резервных возможностей детского организма.

2. Высокую информативность имеет не только начальное функциональное состояние индивидуума, но и процесс перехода из одного функционального состояния в другое. При этом регуляторные механизмы включаются в развитие адаптационного процесса в определенной последовательности и с определенным уровнем активности.

3. В начальном пубертате формируется тип регуляции сердечного ритма, характеризующийся преобладанием парасимпатического отдела ВНС, что соответствует данным, полученным нами ранее. Такой вариант регуляции сердечного ритма способствует повышению адаптационных возможностей и наиболее эффективному восстановлению функциональных резервов сердечно-сосудистой и других висцеральных систем, например, пищеварительной [10].

4. Практическая значимость представленного исследования очевидна, поскольку знание индивидуальных особенностей физиологических механизмов адаптации младших подростков к эндогенным (половое созревание) и экзогенным (образовательная среда) факторам риска, являясь прогностической информацией о функциональном состоянии и особенностях адаптивных реакций всего организма, приобретают особую значимость для изучения адаптивных и резервных возможностей детского организма в процессе его адаптации к образовательной среде в критические периоды учебной деятельности.

Примечания:

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология: (Физиология развития ребенка). М.: Академия, 2003. 416 с.
2. Псеунук А.А. Сердечно-сосудистая система как индикатор адаптационных возможностей организма и особенности ее деятельности у школьников 5-х–6-х классов // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2007. Вып. 4 (28). С. 159-164. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
3. Данилова Н.Н. Психофизиология. М.: Аспект Пресс, 1998.
4. Криволапчук И.А., Сухецкий В.К. Психофизиологическая характеристика функционального состояния подростков на разных стадиях полового созревания в условиях напряженной информационной нагрузки // Физиология человека. 2005. № 6. С. 13-25.

References:

1. Bezrukikh M.M., Sonkin V.D., Farber D.A. Age physiology: (Physiology of child's development). M.: Academia, 2003. 416 p.
2. Pseunok A.A. Cardiovascular system as the indicator of adaptation capacities of an organism and peculiarities of its activity of schoolchildren of the 5th–6th forms // The Bulletin of the Adyghe State University. Series Natural-Mathematical and Technical Science. 2007. Iss. 4 (28). P. 159-164. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
3. Danilov N.N. Psychophysiology. M.: Aspect Press, 1998.
4. Krivolapchuk I.A., Sukhetsky V.K. The psychophysiological characteristics of teenagers' functional state at different stages of pubescence in conditions of intense information load // Human physiology. 2005. No. 6. P. 13-25.

-
5. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. М.: Наука, 1982. 270 с.
 6. Баевский Р.М., Кириллов О. И., Клецкин С.З. Математический анализ сердечного ритма при стрессах. М.: Наука, 1984. 225 с.
 7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. 290 с.
 8. Функциональные и адаптивные изменения сердечно-сосудистой системы студентов в динамике обучения / А.В. Шаханова, Т.В. Челышкова, Н.Н. Хасанова, М.Н. Силантьев // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. 2008. Вып. 9. С. 58-68. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
 9. Машин В.А. Нестационарность и длительность временного ряда сердечного ритма при диагностике функциональных состояний // Биофизика. 2007. Т. 52, № 2. С. 344-354.
 10. Трохимчук Л.Ф. Физиология развития пищеварительной системы (нейрогуморальные механизмы становления секреторной функции желудка у младших школьников). Ростов н/Д: Изд-во РГПУ, 2006. 100 с.
 5. Arshavskiy I.A. Physiological mechanisms and regularities of individual development. M.: Nauka, 1982. 270 p.
 6. Baevskiy R.M., Kirillov O.I., Kletskin S.Z. The mathematical analysis of a heart rhythm under stresses. M.: Nauka, 1984. 225 p.
 7. Mikhaylov V.M. Variability of a heart rate: experience of practical application. Ivanovo: Ivan. State. Med. academy, 2002. 290 p.
 8. Functional and adaptive changes of cardiovascular system of students in the dynamics of training / A.V. Shakhanova, T.V. Chelyshkova, N.N. Khasanova, M.N. Silant-ev // The Bulletin of the Adyghe State University. Series Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2008. Iss. 9. P. 58-68. URL: <http://vestnik.adygnet.ru>
 9. Mashin V.A. The nonstationarity and duration of a time series of a heart rate in the diagnosis of functional states // Biophysics. 2007. Vol. 52, No. 2. P. 344-354.
 10. Trokhimchuk L.F. Physiology of digestive system development (neurohumoral mechanisms of formation of stomach secretory function of younger schoolchildren). Rostov-on-Don: RGPU Publishing house, 2006. 100 p.