

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА УЧАЩИХСЯ 6-х КЛАССОВ В ОЦЕНКЕ АДАПТАЦИИ К УЧЕБНЫМ НАГРУЗКАМ

*Е.В. Быков, С.В. Маценко, К.А. Кашицина, А.В. Чипышев
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск*

В работе представлено исследование спектральных характеристик сердечного ритма учащихся 6-х классов как маркеров адаптационных процессов. Проведен сравнительный анализ для определения возрастно-половых особенностей нейровегетативной регуляции ритма сердца при активной ортостатической пробе и пробе с умственной нагрузкой.

Ключевые слова: адаптация, умственные нагрузки, ортостатическая проба, учащиеся, спектральный анализ, ритм сердца.

Психическая напряженность, формирующаяся в процессе обучения у детей и подростков, может ухудшать результаты учебной деятельности, оказывать отрицательное влияние на развитие, протекание когнитивных процессов и становление личности ребенка [4, 5]. В этой связи наиболее важной является проблема оценки адаптационного ресурса детей, который обеспечивает эффективность их деятельности. При этом следует учитывать адаптационные ресурсы как нервной системы, так и вегетативных систем. Именно такой комплексный подход позволяет оценить функциональные возможности ребенка и сформировать индивидуальную программу действий, позволяющую предотвратить дизадаптацию [9]. Информационные нагрузки, как известно, вызывают повышение уровня неспецифической активации, подавление парасимпатикотонии, нарастание вегетативных сдвигов, существенный рост ситуативной тревожности, следовательно, у них высока цена адаптации к информационным нагрузкам [6]. Школьная успешность не имеет однозначной корреляции по отдельно взятым параметрам, она определяется интегративным эффектом учебной нагрузки, онтогенетическими особенностями, наличием сенситивных и критических периодов развития ребенка, профессиональным мастерством педагогов, активности семьи, мотивацией самого обучающегося с обязательным условием сохранения, развития физического и психофизиологического здоровья ребенка [13]. В настоящее время наблюдается совершенствование методологии изучения ВРС в различных направлениях физиологической науки, в том числе в ходе выполнения ментальных нагрузок, когда проявляются когнитивная и эмоциональная составляющая деятельности [2, 7, 8, 17].

Выполнение ментальной нагрузки характеризуется определенной последовательностью физиологических и поведенческих реакций, которые адекватны специфике задачи и способам ее решения: так, в ситуации экзамена и модели ментальной нагрузки степень активности парасимпатического

отдела различна (в первом случае она ниже) [1]. Автор полагает, что при выявлении адаптационных изменений формы проявления ментального стресса целесообразна регистрация показателей вегетативных функций в режиме реального времени и использование спектрального анализа, позволяющего выявить степень участия в регуляции сердечного ритма церебральных эрготропных структур (VLF-компонент). При этом следует принципиально учитывать зависимость полученных результатов исследования срочных адаптивных реакций организма от типа ментальной нагрузки (ситуации моделирования и экзамена).

В ситуации модели ментальной нагрузки В.А. Машиним выражена активность надсегментарного уровня регуляции вариабельности ритма сердца (VLF-компонент) отмечена на фоне высокого вегетативного тонуса (высокие значения SDNN), что, по мнению автора, характеризует состояние эмоционального возбуждения, указывающего на мобилизацию, заинтересованность обследуемых к процессу и содержанию нагрузки. В ситуации же экзамена при высокой активности надсегментарного уровня регуляции вариабельности ритма сердца вегетативный тонус значительно снижен, что определяет состояние психического напряжения, признаками которого являются высокий уровень готовности, включенности в проблемную ситуацию. В последние годы предложена концепция «вагусного тона», объясняющая связь индивидуальных различий в поведенческой реактивности, лицевой экспрессии, устойчивости внимания и регуляции эмоций с особенностями парасимпатической регуляции сердечного ритма [21]. Считается, что дети и взрослые с высоким вагусным тоном обладают соответствующим уровнем вегетативных и поведенческих реакций на внешнюю стимуляцию. У них отмечается эффективная саморегуляция ФС, большая устойчивость внимания. Указанные особенности нейровегетативной регуляции РС при различных вариантах функциональных состояний (покой, различные виды ког-

нитивной деятельности), в целом, к настоящему времени мало изучены.

Целью работы является изучение возрастно-половых особенностей динамики спектральных характеристик ритма сердца учащихся как маркера индивидуальной и групповой адаптации к школьному фактору.

Исследования проведены на базе МОУ СОШ № 67 г. Челябинска и в научной лаборатории факультета физической культуры и спорта Южно-Уральского государственного университета (2012–2013 гг.). Обследованы учащиеся 6-х классов в возрасте 12–13 лет (мальчики (n = 21) и девочки (n = 22)). Оценка нейровегетативной регуляции ритма сердца (РС) проведена методом импедансной реографии при помощи сертифицированной компьютерной технологии «Кентавр» фирмы «Микролюкс» (г. Челябинск) со спектральным анализом в четырех диапазонах спектра. Мощность спектральной плотности анализировалась как функция частоты, показателем варибельности служит среднее квадратическое отклонение продолжительности R-R-интервалов (запись велась на протяжении 500 кардиоциклов). Анализ проведен в четырех диапазонах спектра:

- 1) ультранизкочастотный диапазон (УНЧ);
- 2) очень низкочастотный диапазон (ОНЧ);
- 3) низкочастотный диапазон (НЧ);
- 4) высокочастотный диапазон (ВЧ).

Изучены показатели в состоянии относитель-

ного покоя, при проведении пробы активного ортостаза (АОП) и после проведения пробы с умственной нагрузкой (УН) (в положении сидя).

Исследование является продолжением мониторинга психофизиологического и физиологического развития учащихся с различным уровнем физических и умственных нагрузок [10–12, 14].

В табл. 1 и 2 представлены результаты спектрального анализа ритма сердца учащихся.

Исходные величины ОМС у девочек и мальчиков достоверных различий не имели (у девочек она несколько выше, чем у мальчиков – на 15 %). По сравнению с предыдущим возрастным периодом варибельность показателя РС, представленная общей мощностью спектра, существенно не изменилась, имея тенденцию к увеличению у девочек.

Далее нами была изучена значимость различных уровней нейровегетативной регуляции ритма сердца. У лиц обоего пола превалировала НЧ-составляющая ОМС, но у девочек значимость НЧ-компоненты была достоверно выше, чем относительная мощность ВЧ- и ОНЧ-колебаний. У мальчиков хронотропная функция являлась результирующей влияния надсегментарных структур (ОНЧ, %), симпатического (НЧ, %) и парасимпатического отделов (ВЧ, %) вегетативной (автономной) нервной системы (ВНС); помимо этого, относительная доля НЧ-колебаний у девочек превышала ее величину у мальчиков на 18 %. Можно полагать, что

Таблица 1

Показатели общей и относительной мощности колебаний ритма сердца девочек (M ± m)

Показатель	Покой	Ортопроба	Умств. нагр.
ОМС	6056,79 ± 421,75	4930,54 ± 402,19	6301,58 ± 482,13
УНЧ, %	8,61 ± 1,67	15,01 ± 2,09***	8,83 ± 1,89
ОНЧ, %	25,78 ± 3,74	39,53 ± 2,92**	32,72 ± 3,73
НЧ, %	38,69 ± 3,18	41,08 ± 3,82	44,83 ± 4,65
ВЧ, %	26,92 ± 3,67	4,38 ± 0,52***	13,62 ± 1,55 ^{xxx}
НЧ/ВЧ, усл. ед.	1,43 ± 0,15	9,98 ± 0,37***	3,29 ± 0,30 ^{xxx}
ИЦ, усл. ед.	2,54 ± 0,29	1,15 ± 0,17***	1,78 ± 0,21 ^x

Примечания: ** – достоверность различий между показателями 1-й и 2-й пробы при p < 0,01, *** – при p < 0,001; ^x – достоверность различий между показателями 1-й и 3-й пробы при p < 0,05, ^{xxx} – при p < 0,001.

Таблица 2

Показатели общей и относительной мощности колебаний ритма сердца мальчиков (M ± m)

Показатель	Покой	Ортопроба	Умств. нагр.
ОМС	5133,93 ± 406,98	4335,58 ± 355,51	6765,58 ± 439,54
УНЧ, %	12,25 ± 2,09	14,47 ± 2,24	12,47 ± 2,60
ОНЧ, %	30,68 ± 3,21	36,00 ± 3,54	29,17 ± 3,03
НЧ, %	31,81 ± 2,64	44,94 ± 4,89*	39,05 ± 3,18
ВЧ, %	25,26 ± 3,62	4,59 ± 0,60***	19,31 ± 1,96
НЧ/ВЧ, усл. ед.	1,26 ± 0,17	9,79 ± 0,41***	2,02 ± 0,17 ^{xx}
ИЦ, усл. ед.	1,86 ± 0,20	1,37 ± 0,16	2,00 ± 0,22

Примечания: * – достоверность различий между показателями 1-й и 2-й пробы при p < 0,05, *** – при p < 0,001; ^{xx} – достоверность различий между показателями 1-й и 3-й пробы при p < 0,01.

этот факт является отражением более раннего начала полового созревания у девочек и активизации симпато-адреналовой системы. Изменения на ЭЭГ у 12-летних девушек с наличием подкорковых дизэнцефальных знаков отмечают Д.А. Фарбер с соавт. [15], увязывая их с возрастными эндокринными сдвигами.

Индивидуальный анализ активности уровней регуляции показал, что ОНЧ-компонента являлась доминирующей у 23 % девочек и у 33 % мальчиков; НЧ, % – у 54 % девочек и 43 % мальчиков и ВЧ, % – у 23 % и 24 % соответственно. Таким образом, в данном возрасте симпатикотонический исходный тонус является наиболее характерным для лиц обоего пола; почти четверть обследованных учащихся могут быть отнесены к «ваготоникам».

По сравнению с показателями учащихся 4-х классов у девочек снизилась доля УНЧ-колебаний (с 17 %) и ОНЧ (36,5 %) за счет возрастания активности симпатического отдела ВНС (был 25 %). У мальчиков 6-х классов мы отметили большую стабильность распределения ОМС по диапазонам спектра в сравнении с 10-летними учащимися.

Соотношение активности различных уровней регуляции оценивали с помощью индексов централизации (ИЦ = (НЧ + ВЧ) / ОНЧ) и вагосимпатического (НЧ/ВЧ). Вагосимпатический индекс не имел различий у мальчиков и девочек, а ИЦ был выше у девочек (на 26 %).

Ортопроба привела к росту значимости симпатического отдела ВНС – доля НЧ-колебаний превышала 40 % и была несколько выше, чем у мальчиков. Также отмечалось существенное повышение роли гуморально-метаболических факторов регуляции РС, судя по динамике УНЧ, % и ОНЧ, % у лиц обоего пола за счет резкого падения значимости ВЧ-составляющей ОМС. Соответственно, сама величина ОМС также снижалась в пределах 15–20 %. Резко возрастал вагосимпатический индекс при снижении ИЦ.

Под влиянием умственной нагрузки отмечена тенденция к возрастанию ОМС. Наблюдалась различная динамика ОНЧ, %: у мальчиков отмечена тенденция к снижению, а у девочек рост составил 28 %, у них же отмечена и выраженная активность симпатического отдела ВНС (НЧ, % составила около 45 %, у мальчиков около 39 %). У девочек, таким образом, ответ на УН был более оптимальным: повышалась мощность колебаний ОНЧ-диапазона, отражая вовлечение центральных структур ЦНС в обеспечение результативности проводимого теста. В возрастном аспекте реакция на УН стала также благоприятнее, судя по динамике роста ОНЧ- и НЧ-составляющей РС: в группе 10-летних детей симпатикотония составляла 43,6 % у девочек и 46,1 % у мальчиков – это свидетельствовало об избыточной активации симпато-адреналовой системы как ответной адаптационной реакции на воздействие стресс-фактора. Умственная нагрузка, таким образом, вела к перераспределению значи-

мости факторов регуляции, что подтверждалось и при анализе ИЦ и вагосимпатического индекса.

Заключение. Проведенное исследование показало, что адаптационные процессы у детей 12–13 лет имеют различия как по сравнению с предыдущим возрастным отрезком, так и в зависимости от пола. Более раннее начало полового созревания у девочек накладывает отпечаток на особенности адаптации к школьному фактору (умственным нагрузкам). Наличие более высокого уровня активности симпатического отдела ВНС в регуляции РС (более 31 % у мальчиков и более 38 % у девочек) в покое по сравнению с 10-летними детьми является отражением возрастных перестроек, а более высокий уровень НЧ, % в покое и ОНЧ, % при УН у девочек по сравнению с мальчиками можно считать гендерной особенностью. По данным литературы, подобного рода особенности присущи лицам женского пола в зрелом возрасте, и это трактуется как сопряжение с влиянием гуморальных факторов; также ОНЧ-диапазон характеризует процессы межсистемной интеграции на уровне высших отделов головного мозга [3, 18–21]. Можно также полагать, что девочки-шестиклассницы могут более успешно справляться с умственными нагрузками.

Литература

1. Байгужин, П.А. Динамические характеристики кардиоинтервалографии в зависимости от типа ментальной нагрузки / П.А. Байгужин // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Челябинск: ЧГПУ, 2008. – Т. 2. – С. 47–52.
2. Байгужина, О.В. Обоснование выбора метода анализа ритма сердца при оценке адаптивной реакции организма студенток на действие ментальной нагрузки / О.В. Байгужина, Д.З. Шибкова // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Челябинск: ЧГПУ, 2008. – Т. 2. – С. 52–58.
3. Дмитриев, Д.А. Изучение математических показателей кардиоциклопов у детей младшего школьного возраста / Д.А. Дмитриев, И.В. Сорокина, М.Н. Ташкова // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 150.
4. Казин, Э.М. Влияние социально-биологических факторов на особенности формирования приспособительных реакций учащихся в пубертатном периоде онтогенеза / Э.М. Казин, И.А. Свиридова, М.Г. Березина // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 4. – С. 47–56.
5. Криволапчук, И.А. Психофизиологическая цена напряженной информационной нагрузки у детей и подростков в 5–14 лет / И.А. Криволапчук // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 4. – С. 28–35.
6. Криволапчук, И.А. Психофизиологические показатели детей 6–8 лет при информационной

нагрузке в зависимости от тревожности как устойчивой индивидуальной характеристики / И.А. Криволапчук // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 6. – С. 13–21.

7. Литвинова, Н.А. Роль индивидуальных психофизиологических особенностей студентов в адаптации к умственной и физической деятельности: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Н.А. Литвинова. – Томск, 2008. – 38 с.

8. Машин, В.А. Психическая нагрузка, психическое напряжение и функциональное состояние операторов систем управления / В.А. Машин // Вопросы психологии. – 2007. – № 6. – С. 86–96.

9. Мельникова, И.Е. Гендерные особенности формирования адаптивных реакций у детей 6 и 7 лет / И.Е. Мельникова // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 268.

10. Особенности регуляции ритма сердца у детей с различным уровнем внимания / Е.В. Быков, А.В. Чипышев, Е.А. Мекешкин, О.В. Казакова // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 6. – С. 79–81.

11. Психофизиологические аспекты адаптации к умственным нагрузкам учащихся младших классов: моногр. / Е.В. Быков, А.В. Рязанцев, А.В. Чипышев, Е.А. Мекешкин. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 159 с.

12. Регуляция ритма сердца у 8-летних девочек с различной силой нервных процессов при воздействии умственных нагрузок / Е.В. Быков, Е.А. Мекешкин, О.А. Казакова, А.В. Чипышев // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 9. – С. 128–129.

13. Русинова, С.И. Предпосылки дезадаптации и дизадаптации к условиям школьной деятельности / С.И. Русинова // Науч. труды I съезда физиологов СНГ. – М.: Медицина-Здоровье, 2005. – Т. 1. – С. 144–145.

14. Рязанцев, А.В. Нейровегетативные и нейродинамические критерии оценки адаптации юных шахматистов к умственным нагрузкам / А.В. Рязанцев, Е.В. Быков, А.В. Чипышев // Теория и практика физ. культуры. – 2011. – № 4. – С. 7–10.

15. Функциональная организация развивающегося мозга и формирование когнитивной деятельности / Д.А. Фарбер, Т.Г. Бетелева, А.С. Горев и др. // Физиология развития ребенка. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 88.

16. Adrenaline during mental stress in relation to fitness, metabolic risk factors and cardiovascular responses in young men / H.M. Reims, K. Serve, E. Fossum et al. // Blood press. – 2005. – Vol. 14 (4). – P. 217–226.

17. An examination of the relationship between resting heart rate variability and heart reactivity to a mental arithmetic stressor / C.F. Schapley, P. Kammen, M. Galatsis et al. // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. – 2000. – Vol. 25, № 3. – P. 143–153.

18. Gender differences in autonomic cardiovascular regulation: spectral, hormonal and hemodynamic indexes / J.M. Evans, M.G. Ziegler, A.R. Patwardham et al. // J. Appl. Physiol. – 2001. – Vol. 91, № 6. – P. 2611.

19. Heart rate variability and heart rate in healthy volunteers. Is the female autonomic neurosystem cardioprotective? / D. Ramaekers, H. Ector, A.E. Aubert et al. // Eur. Heart J. – 1998. – Vol. 19, № 9. – P. 1334.

20. Liu, C.C. Effects of estrogen on gender-related autonomic differences in humans / C.C. Liu, T.B.J. Kuo, Ch.C.H. Yang // Am. J. Physiol. – Heart Circ. Physiol. – 2003. – Vol. 285, № 5. – P. 2188.

21. Sato, N. Cardiovascular reaction to mental stress: relationship with menstrual cycle and gender / N. Sato, S. Miyake // J. Physiol. Anthropol. Appl. Hum. Science. – 2004. – Vol. 23, № 6. – P. 215.

Быков Е.В., доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой Адаптивной физической культуры и медико-биологической подготовки, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск).

Маценко С.В., аспирант кафедры Адаптивной физической культуры и медико-биологической подготовки, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск).

Кашицина К.А., аспирант кафедры Адаптивной физической культуры и медико-биологической подготовки, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск).

Чипышев А.В., кандидат биологических наук, доцент кафедры Адаптивной физической культуры и медико-биологической подготовки, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск).

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF HEART RATE OF STUDENTS IN GRADES 6 TO ASSESS THE ADAPTATION TO TRAINING LOADS

E.V. Bykov, S.V. Matsenko, K.A. Kashitsina, A.V. Chipyshev

In this work the study of the spectral characteristics of heart rate of students in grades 6 as markers of adaptation processes. A comparative analysis to determine the age and sex

characteristics of autonomic regulation of heart rate in active orthostatic test and test with mental stress.

Keywords: adaptation, mental stress, orthostatic test, the students, the spectral analysis of heart rhythm.

Bykov E.V., doctor of medical Sciences (Grand MD), Professor, Head of the Department of Adaptive Physical Culture and Biomedical Training, South Ural State University (Chelyabinsk).

Matsenko S.V., Post-graduate Student of the Department of Adaptive Physical Culture and Biomedical Training, South Ural State University (Chelyabinsk).

Kashitcina K.A., Post-graduate Student of the Department of Adaptive Physical Culture and Biomedical Training, South Ural State University (Chelyabinsk).

Chipyshev A.V., candidate of biological Sciences (PhD), Associate Professor, Department of Adaptive Physical Culture and Biomedical Training, South Ural State University (Chelyabinsk).

Поступила в редакцию 11 мая 2013 г.