

# ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДЛЕННОВОЛНОВОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УЧАЩИХСЯ – УЧАСТНИКОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ИГРОВОГО ВСЕОБУЧА

*Е.В. Быков, А.В. Рязанцев, Е.А. Мекешкин, О.А. Казакова*  
ЮУрГУ, г. Челябинск

Представлены особенности ряда психофизиологических показателей и характеристик ритма сердца учащихся младших классов – участников программы интеллектуально-игрового всеобуча.

*Ключевые слова:* нейровегетативная регуляция, психофизиологические показатели, вариабельность ритма сердца.

**Актуальность проблемы.** В современном мире все более возрастает значимость интеллектуально-информационной деятельности как основного фактора научно-технического прогресса и важнейшего сектора инновационной экономики. В этой связи интеллектуальному развитию детей и подростков уделяется повышенное внимание. Однако негативное влияние ряда антропогенных и поведенческих факторов снижает уровень здоровья всего населения, в том числе и детей. «Экологический пресс», гипокинезия, рост информационных нагрузок (получивших определение «информационная болезнь») и другие факторы уже привели к значительному ухудшению здоровья детского контингента, уровень которого еще более снижается по мере обучения в школе, особенно в условиях постоянно внедряемых инновационных педагогических технологий [1–13]. В последние годы для 20–50 % учащихся начальных классов характерно наличие школьных трудностей [14–19].

Большинство ученых отмечают, что адаптация учащихся к условиям новой среды требует быстрого развития мозга, особенно его высших отделов – коры больших полушарий. Как показали исследования Института возрастной физиологии РАО, вне зависимости от практикуемых систем обучения большая учебная нагрузка, заложенная в базисном учебном плане, усугубляется дополнительным включением вариативных занятий и становится чрезмерной, следовательно, организм ребенка, обучающегося в школе, подвергается широкому спектру негативных воздействий, снижающих резервы его здоровья [20–23].

В этой связи приобретает особую актуальность выявление ранних неблагоприятных изменений в состоянии здоровья детей, разработка и физиологическое обоснование технологий, которые интегрируют различные методы укрепления

здоровья, сочетают в себе высокую эффективность и доступность, учитывают наличие сенситивных и критических периодов развития детей [7–9, 24, 25].

**Цель работы:** оценка влияния интеллектуально-информационных нагрузок на психофизиологическое состояние и медленноволновую вариабельность ритма сердца учащихся младших классов – участников интеллектуально-игрового всеобуча.

**Организация и методы исследования.** В исследовании приняло участие 85 учащихся младшего школьного возраста (2-й и 4-й классы), занимающихся по программе интеллектуально-игрового всеобуча на базе МОУ СОШ № 100 г. Челябинска. Первая группа (основная) – участники всеобуча, 2-я группа – сверстники группы контроля. Обследование проведено после зимних каникул (февраль) в первой половине дня, до начала учебных занятий в секции до нагрузки (проба 1) и после нагрузки (выполнение арифметических действий сложения и вычитания, проба 2).

Проведен спектральный анализ показателей частоты сердечных сокращений (ЧСС). В каждом положении регистрировались за 500 ударов сердца (ЭКГ), автоматически регистрировались абсолютные значения параметров и их вариабельность по методу быстрого преобразования Фурье. Вариабельность (флюктуации) рассматривалась как мера вегетативной (автономной) регуляции кровообращения. Мощность спектральной плотности (общая мощность спектра – ОМС,  $\text{м}^2/\text{Гц}$ , общая вариабельность) анализировалась как функция частоты, показателем вариабельности служит среднеквадратическое отклонение значений показателей.

Анализ колебательной активности показателей гемодинамики проведен в четырех диапазонах спектра: 1) ультранизкочастотный диапазон (УНЧ) – до 0,025 Гц (отражает активность метаболической регуляции); 2) очень низкочастотный диапазон

(ОНЧ) – 0,025–0,075 Гц, отражает активность высших центров вегетативной регуляции; 3) низкочастотный диапазон (НЧ) (0,075–0,15 Гц) – отражает активность симпатического отдела ВНС; 4) высокочастотный диапазон (ВЧ) – 0,15–0,5 Гц – влияние парасимпатического отдела ВНС. При расчете величин мощности использовалась фильтрация спектра 60 %. Это осуществлено для того, чтобы выявить и проанализировать только пиковую активность в спектрах [26].

Исследования психофизиологических показателей проведены с помощью аппаратно-программного комплекса «НС-ПсихоТест» фирмы «Нейрософт» г. Иваново (тесты «Оценка внимания» и «Помехоустойчивость»).

Результаты исследования медленноволновой варибельности ритма сердца учащихся вторых классов представлены в табл. 1.

доля ОНЧ-колебаний (31,20 % против 27,15 %) выше, чем в контрольной, а ВЧ-колебаний ниже (22,85 % против 27,35 %), в остальных диапазонах (НЧ и УНЧ) различий не зафиксировано. Можно полагать, что повышение доли очень низкочастотных колебаний, отражающих влияние надсегментарного уровня регуляции, свидетельствует о вовлечении структур ЦНС для лучшей адаптации к умственным нагрузкам.

Влияние умственной нагрузки привело к повышению ЧСС в обеих группах и сопровождалось тенденцией к повышению ОМС. При этом в 1-й группе мощность колебаний во всех диапазонах спектра была выше, чем во 2-й. В то же время динамика относительной мощности спектра была различна. Если в 1-й группе происходило повышение доли НЧ-колебаний до 41,10 %, что отражает активность симпатического отдела ВНС в ответ на

**Таблица 1**

**Данные показателей общей мощности спектра ритма сердца и ее распределение по диапазонам у 2-классников (M ± m)**

Показатель	1-я группа (n = 21)	2-я группа (n = 23)	p
1-я проба			
ЧСС, уд./мин	91,85 ± 2,86	88,10 ± 2,80	> 0,05
ОМС, усл. ед.	55,29 ± 5,31	40,03 ± 4,64	< 0,05
УНЧ, усл. ед.	6,28 ± 0,52	4,62 ± 0,49	< 0,05
ОНЧ, усл. ед.	16,88 ± 1,75	11,02 ± 1,76	< 0,01
НЧ, усл. ед.	18,88 ± 2,03	14,43 ± 1,60	> 0,05
ВЧ, усл. ед.	13,26 ± 1,50	9,97 ± 1,07	> 0,05
2-я проба			
ЧСС, уд./мин	99,85 ± 2,11	95,15 ± 2,68	> 0,05
ОМС, усл. ед.	62,05 ± 6,69	42,55 ± 5,49	< 0,05
УНЧ, усл. ед.	5,03 ± 0,51	2,44 ± 0,37	< 0,01
ОНЧ, усл. ед.	14,67 ± 1,58	10,75 ± 1,24	< 0,05
НЧ, усл. ед.	25,34 ± 2,37	19,16 ± 1,91	< 0,05
ВЧ, усл. ед.	17,01 ± 2,24	10,20 ± 1,32	< 0,05

Величина ЧСС соответствовала в обеих группах возрастной норме при отсутствии межгрупповых различий. Однако были установлены различия общей мощности спектра (ОМС): в основной группе ее величина была достоверно больше, чем в контрольной, что характеризует менее выраженное напряжение адаптации к школьным нагрузкам. Помимо этого, у лиц этой группы выше показатели мощности спектра практически во всех диапазонах, достоверно значимо в ультранизкочастотном и очень низкочастотном диапазонах (p < 0,05–0,01). Активность сегментарного уровня регуляции (НЧ- и ВЧ-колебания) также выше в среднем на 20 %, но не достигает степени достоверных различий.

Интерес представляет анализ относительной мощности колебаний в различных диапазонах спектра ритма сердца (РС). В основной группе

нагрузку при симвантном росте доли ВЧ-колебаний и снижении значимости надсегментарного уровня регуляции (доля ОНЧ-колебаний снизилась до 24,55 %), то во 2-й группе повышение тонууса симпатического отдела (доля НЧ-колебаний возросла до 40,10 %) происходило при увеличении доли ОНЧ-колебаний и снижении относительной мощности ВЧ-колебаний. Указанные особенности динамики спектральных характеристик, на наш взгляд, отражают более адаптивный ответ учащихся 1-й группы на предъявленную нагрузку; во 2-й группе перераспределение ОМС в пользу ОНЧ-колебаний и «ригидность» медленноволновой варибельности ритма сердца свидетельствуют о напряжении регуляторных механизмов. Также во 2-й группе при проведении пробы с умственной нагрузкой более высок индекс вагосимпатического

взаимодействия (НЧ/ВЧ) –  $1,73 \pm 0,12$  против  $1,59 \pm 0,10$  в 1-й группе, а также индекс централизации ( $3,04 \pm 0,14$  против  $2,53 \pm 0,09$ ).

Показатели ЧСС 4-классников не имели достоверных межгрупповых различий (табл. 2).

Исходная величина ОМС была незначительно выше во 2-й группе, но после пробы она существ-

стнее нажать на кнопку на зрительно-моторном анализаторе; число сигналов для детей составляет 30, продолжительность варьирует (от 0,5 до 2,5 с). У 2-классников 1-й группы среднее значение времени реакции на световой сигнал составило  $336,35 \pm 13,18$ , с у 4-классников –  $296,50 \pm 6,88$  с; во 2-й группе у 2-классников –  $328,89 \pm 5,18$  с, у 4-

Таблица 2  
Данные показателей общей мощности спектра ритма сердца и ее распределение по диапазонам у 4-классников (М ± m)

Показатель	1-я группа (n = 21)	2-я группа (n = 23)	p
1-я проба			
ЧСС, уд./мин	$83,00 \pm 3,21$	$85,67 \pm 3,42$	> 0,05
ОМС, усл. ед.	$46,52 \pm 5,84$	$55,43 \pm 6,79$	> 0,05
УНЧ, усл. ед.	$3,22 \pm 0,43$	$8,18 \pm 1,07$	< 0,001
ОНЧ, усл. ед.	$9,48 \pm 1,11$	$18,90 \pm 2,04$	< 0,001
НЧ, усл. ед.	$15,89 \pm 1,75$	$11,81 \pm 1,46$	> 0,05
ВЧ, усл. ед.	$17,93 \pm 1,96$	$16,53 \pm 2,03$	> 0,05
2-я проба			
ЧСС, уд./мин	$93,81 \pm 3,10$	$96,83 \pm 4,22$	> 0,05
ОМС, усл. ед.	$89,59 \pm 10,44$	$57,20 \pm 5,47$	< 0,001
УНЧ, усл. ед.	$7,57 \pm 0,91$	$5,11 \pm 0,94$	> 0,05
ОНЧ, усл. ед.	$21,04 \pm 2,22$	$14,42 \pm 2,29$	< 0,05
НЧ, усл. ед.	$33,48 \pm 4,05$	$25,68 \pm 3,17$	> 0,05
ВЧ, усл. ед.	$27,50 \pm 3,53$	$11,99 \pm 1,50$	< 0,001

венно повысилась у учащихся, занимающихся по программе интеллектуально-игрового всеобуча. В процентном отношении у них произошло повышение доли НЧ-колебаний с 37,75 до 39,60 % при снижении доли высокочастотных флюктуаций, но на фоне возрастания мощности колебаний в этом диапазоне спектра. У детей контрольной группы умственная нагрузка привела к двукратному увеличению доли НЧ-колебаний при существенном снижении как относительной, так и абсолютной мощности ВЧ-колебаний. Доля ОНЧ-колебаний составляла в группах 24–26 % (изменялась незначительно). Следовательно, реакция 4-классников на умственную нагрузку более адекватна, менее выражены различия между группами сравнения. Вероятно, отсутствие существенных различий реакции на пробу умственной нагрузки 4-классников 1-й группы по сравнению с группой контроля объясняется тем, что они занимаются по программе всеобуча полгода.

В то же время изучение результатов тестов «Оценка внимания» и «Помехоустойчивость» позволило выявить совершенствование свойств внимания и помехоустойчивости – способности сопротивляться воздействию фоновых помех при восприятии какого-либо объекта. Тест «Оценка внимания» предназначен для диагностики концентрации и устойчивости внимания – испытуемый должен в ответ на световой сигнал как можно бы-

классников –  $302,00 \pm 6,75$  с. Функциональный уровень системы: 1-я группа  $3,28 \pm 0,35$  усл. ед. (2-й класс) и  $3,64 \pm 0,35$  (4-й класс); во 2-й группе несколько ниже – соответственно  $2,86 \pm 0,43$  и  $2,93 \pm 0,58$ . Отдельного внимания заслуживает оценка устойчивости системы: она возростала в 1-й группе с 0,78 до 1,10 усл. ед., во 2-й существенно не изменилась (с 0,75 до 0,78).

Фоновые результаты исследования позволяют сформировать базу данных психофизиологических характеристик учащихся, дать в последующем оценку онтогенетических изменений, влияния различного уровня интеллектуально-информационных нагрузок на организм детей и подростков.

#### Литература

1. Экология, здоровье, качество жизни (очерки системного анализа) / Н.А. Агаджанян, Г.П. Ступаков, И.Б. Ушаков и др. – М.; Астрахань: Изд-во АГМА, 1996. – 260 с.
2. Агаджанян, Н.А. Интегративная медицина и экология человека / Н.А. Агаджанян, И.Н. Полунин. – М.; Астрахань: Изд-во АГМА, 1998. – 355 с.
3. Баранов, А.А. Здоровье детей России: научные и организационные приоритеты / А.А. Баранов // Педиатрия, 1999. – № 3. – С. 4–6.
4. Ненашева, А.В. Физиологическое обоснование программы сохранения и укрепления здоровья учащихся младшего школьного возраста: авто-

реф. дис. ... канд. биол. наук / А.В. Ненашева. – Челябинск, 2001. – 21 с.

5. Ненашева, А.В. Формирование аллостазы, особенности роста и развития детей из социально неблагополучных семей: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.В. Ненашева. – Челябинск, 2008. – 46 с.

6. 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.

7. Быков, Е.В. Влияние уровня двигательной активности на функциональное состояние здоровых учащихся и физиологическое обоснование рекреационных и коррекционных программ: дис. ... д-ра мед. наук / Е.В. Быков. – Челябинск, 2002. – 316 с.

8. Быков, Е.В. Сравнительная оценка функционального состояния кардиореспираторной системы детей с различным уровнем двигательной активности / Е.В. Быков, М.Н. Прокопьева // Материалы VI Российского научного форума «Реа-СпоМед». – М., 2006. – С. 23–24.

9. Быков, Е.В. Применение поверхностной рефлексотерапии для повышения работоспособности учащихся // Е.В. Быков, М.Н. Прокопьева, А.В. Чипышев // Материалы междунауч. конф. «Актуальные проблемы оздоровления населения, физической культуры, спорта и реабилитации». – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – С. 15–19.

10. Байгузгин, П.А. Особенности адаптации к учебной нагрузке школьников 8–9 лет с различным психотипом: автореф. дис. ... канд. биол. наук / П.А. Байгузгин. – Челябинск, 2005. – 18 с.

11. Сабирьянов, А.Р. Структура медленно-волновой вариабельности показателей гемодинамики, как интегральная характеристика активности уровней регуляции системы кровообращения у детей младшего и среднего школьного возраста: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.Р. Сабирьянов. – Курган, 2005. – 36 с.

12. Прокопьева, М.Н. Функциональное состояние кардиореспираторной системы детей 6–9 лет при применении оздоровительных технологий: автореф. ... дис. канд. мед. наук / М.Н. Прокопьева. – Курган, 2006. – 24 с.

13. Шибкова, Д.З. Особенности психофизиологических функций школьников / Д.З. Шибкова, О.А. Макунина, И.А. Якубовская // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2006. – № 3-2 (15). – С. 75–76.

14. О связи физического развития и иммунного статуса детей и подростков / В.Р. Кучма, Н.И. Суханова, Т.А. Семененко и др. // Гигиена и санитария. – 1996. – № 2. – С. 17–19.

15. Распространенность, диагностика и лечение синдрома дефицита внимания с гиперак-

тивностью у детей / В.Р. Кучма, А.Г. Платонова, Л.В. Баль и др. // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 1996. – № 2. – С. 43–45.

16. Реабилитация детей с минимальной дисфункцией мозга / Е.В. Лукина, Л.А. Кабанова, О.Г. Колесова и др. // 1-й Российский конгресс «Реабилитационная помощь населению России»: сб. научных трудов. – М., 2003. – С. 159–160.

17. Трухина, С.И. Факторы, влияющие на формирование школьных трудностей у первоклассников / С.И. Трухина, Е.В. Четверикова, О.В. Тулякова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 408.

18. Тулякова, О.В. Влияние факторов перинатального, физического и психического развития на мышление первоклассников / О.В. Тулякова, Е.В. Четверикова, В.И. Циркин // Физиология развития человека: материалы Междунар. науч. конф. – М., 2004. – С. 385.

19. Хрулева, Л.В. Психофизиологические детерминанты школьных трудностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л.В. Хрулева. – Ярославль, 2004. – 24 с.

20. Антропова, М.В. Физическое развитие и состояние здоровья учащихся / М.В. Антропова, Г.Г. Манке, Г.В. Бородкина // Здоровоохранение РФ. – 1997. – № 3. – С. 29–33.

21. Безруких, М.М. Теоретические аспекты изучения физиологического развития ребенка / М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 9–13.

22. Безруких, М.М. Особенности организации внимания у гиперактивных детей 5,5–7 лет / М.М. Безруких, Н.Е. Рейсих, Т.А. Филлипова // Научные труды I съезда физиологов СНГ. – М.: Медицина-Здоровье, 2005. – Т. 1. – С. 145–146.

23. Сонькин, В.Д. Теоретические основы физиологии развития / В.Д. Сонькин // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 360.

24. Критерии комплексной оценки здоровьесберегающих технологий в разных видах образовательных учреждений / Е.А. Бабенкова, З.И. Бачева, Н.В. Лазаренко и др. // Альманах «Новые исследования». – М., 2004. – № 1–2. – С. 69–70.

25. Критические и сенситивные периоды в онтогенезе человека / В.П. Рыбаков, Т.С. Пронина, Н.И. Орлова и др. // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова, 2004. – Т. 90, № 8. – С. 398.

26. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр»): в 2 т. / А.А. Астахов. – Челябинск, 1996. – Т. 2. – 102 с.

Поступила в редакцию 24 декабря 2008 г.