

ОНТОГЕНЕЗ НЕЙРОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ТОНУСА ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ СОСУДОВ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ УМСТВЕННЫХ НАГРУЗОК

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

В работе отражены возрастные и гендерные особенности активности уровней нейровегетативной регуляции тонуса периферических сосудов у учащихся младших классов при адаптации к различному уровню умственных нагрузок.

Ключевые слова: нейровегетативная регуляция, периферические сосуды, гендерные особенности, умственные нагрузки.

Успешность адаптации учащихся младшего школьного возраста к умственным нагрузкам определяется комплексом факторов: степенью психофизиологического развития, социально-педагогическими факторами, прежде всего адекватностью педагогических воздействий возможностям организма ребенка [2, 3, 10, 13]. В настоящее время активно обсуждается вопрос о внедрении шахматного всеобуча в учебный процесс в младших классах школы; в г. Челябинске программа интеллектуально-игрового всеобуча уже охватывает более 40 школ и 4000 учащихся младших классов, предусмотрено выделение 10 часов в неделю для проведения таких дополнительных занятий, однако должного научно-методического и психофизиологического обоснования этот проект пока не получил [11]. В этой связи оптимизация процесса обучения требует тщательного учета физиологической цены внедрения новых образовательных программ, связанных с дальнейшим повышением объема умственных нагрузок, интенсификации обучения, компьютеризации [4, 9]. Важную роль в адаптации к физическим и умственным нагрузкам имеет состояние периферического кровотока [1, 11, 12, 15]. Кровоток микроциркуляторного русла переменчив; динамические осцилляторные компоненты тонуса приносящих микрососудов обратно пропорциональны амплитуде соответствующих осцилляций; в низкочастотной области миогенного диапазона (0,047–0,069 Гц) возможно формирование самостоятельных осцилляций сенсорного пептидергического генеза [5–8, 13, 14]. В то же время, в литературе отсутствуют данные о возрастнo-половых особенностях нейровегетативной регуляции тонуса мелких у детей младшего школьного возраста при воздействии на их организм умственных нагрузок различного уровня.

Цель работы: изучение возрастной динамики спектральных характеристик тонуса периферических сосудов у младших школьников обоего пола с различным уровнем умственных нагрузок.

Исследования проведены на базе МОУ СОШ

№ 98 и № 100 г. Челябинска и в научной лаборатории факультета физической культуры и спорта Южно-Уральского государственного университета (2008–2010 гг.). Основную группу составили учащиеся 2–4-х классов обоего пола, занимающиеся по программе интеллектуально-игрового всеобуча, группу контроля – их сверстники: мальчики и девочки (n = 30 в каждой подгруппе).

Оценка нейровегетативной регуляции тонуса мелких сосудов (представлена показателем АРП – амплитуда револуны сосудов пальца стопы, мОм) проведена методом импедансной реографии при помощи сертифицированной компьютерной технологии «Кентавр» фирмы «Микролюкс» (г. Челябинск) со спектральным анализом в четырех диапазонах спектра. Изучены показатели центральной и периферической гемодинамики в состоянии относительного покоя и после проведения пробы с умственной нагрузкой (УН) (в положении сидя).

Результаты исследования. Периферическая – регулировалась в основном колебаниями в диапазонах УНЧ (метаболическая регуляция) и ОНЧ (гуморальные факторы) (см. таблицу).

При умственной нагрузке также существенно возрастала симпатического отдела ВНС – с 6 до 27 %. В то же время, во всех группах, кроме мальчиков контрольной группы, возрастала общая мощность спектра (ОМС). У последних тенденция к ее снижению сочеталась с аналогичной динамикой мощности ОНЧ-колебаний. Результаты оценки спектральных характеристик у учащихся 3-х классов показали, что выраженной динамики показателей за изучаемый возрастной период не было выявлено.

В группе 4-классников по сравнению с группой 2-классников имелась тенденция к снижению величин АРП и ОМС. В реакции на умственную нагрузку выявлено напряжение адаптационных процессов у девочек контрольной группы, имевших при пробе самые высокие абсолютные и относительные цифры НЧ-колебаний. Мы полагаем, что это согласуется с результатами оценки среднени-

Результаты спектрального анализа амплитуды реоволны сосудов пальца стопы учащихся 2-го класса (М ± m)

		Девочки			Мальчики		
		основная	контрол.	p	основная	контрол.	p
АРП, МОм	1	40,17 ± 4,20	45,05 ± 4,72	> 0,05	43,02 ± 4,58	42,33 ± 4,44	> 0,05
	2	34,88 ± 3,63	37,11 ± 3,84	> 0,05	36,94 ± 3,95	33,16 ± 3,62	> 0,05
	p	> 0,05	< 0,05		> 0,05	> 0,05	
ОМС, усл. ед.	1	181,05 ± 19,56	218,21 ± 23,80	> 0,05	195,65 ± 21,04	188,37 ± 19,15	> 0,05
	2	198,74 ± 20,88	221,93 ± 23,97	> 0,05	210,14 ± 23,36	186,06 ± 20,23	> 0,05
	p	> 0,05	> 0,05		> 0,05	< 0,05	
УНЧ, усл. ед.	1	51,37 ± 6,06	63,70 ± 6,14	> 0,05	64,27 ± 7,33	55,45 ± 5,90	> 0,05
	2	43,04 ± 4,70	41,81 ± 4,67	> 0,05	47,09 ± 5,18	42,72 ± 4,74	> 0,05
	p	> 0,05	< 0,05		> 0,05	> 0,05	
ОНЧ, усл. ед.	1	80,83 ± 9,13	99,42 ± 9,97	> 0,05	96,54 ± 9,81	77,18 ± 8,22	> 0,05
	2	97,25 ± 11,01	99,56 ± 12,38	< 0,05	111,30 ± 15,15	89,83 ± 10,10	< 0,05
	p	> 0,05	> 0,05		< 0,05	< 0,05	
НЧ, усл. ед.	1	29,31 ± 3,25	46,00 ± 6,61	> 0,05	23,93 ± 2,56	28,04 ± 2,70	> 0,05
	2	47,69 ± 5,11	54,93 ± 6,13	> 0,05	47,14 ± 5,29	49,62 ± 5,58	> 0,05
	p	> 0,05	> 0,05		< 0,01	< 0,01	
ВЧ, усл. ед.	1	4,50 ± 0,70	3,43 ± 0,62	> 0,05	4,24 ± 0,51	2,16 ± 0,42	< 0,01
	2	8,06 ± 1,48	3,55 ± 1,30	< 0,05	9,16 ± 1,33	4,07 ± 1,05	< 0,01
	p	< 0,01	> 0,05		< 0,01	> 0,05	

намического давления, в регуляции которого повышается роль симпатических влияний как следствие возрастных изменений.

При анализе регуляции тонуса сосудов с учетом фактора школьной тревожности (ШТ) мы выявили, что отсутствуют статистически значимые различия в подгруппах учащихся: детей с нормальным (1-я подгр.), повышенным (2-я подгр.) и высоким (3-я подгр.) уровнем ШТ. В то же время, амплитуда реоволны сосудов (АРП) пальца стопы была наибольшей в 1-й подгруппе мальчиков (более, чем на 20 %), следовательно, уровень периферического кровотока у них выше, чем учащихся с высокой ШТ. Представители 1-й подгруппы также имели наиболее высокие цифры ОМС изучаемого показателя. Во 2-й подгруппе нами установлены высокие значения мощности низкочастотных колебаний. В 3-й подгруппе ее величина была меньше более чем в 2 раза, однако, после УН активность симпатического отдела значительно (более чем в 2,5 раза) повысилась и достигла значений в 1-й и 2-й подгруппах. При УН было установлено выраженное повышение мощности ВЧ-колебаний во всех подгруппах при снижении в 1,5–2 раза мощности УНЧ-колебаний и ОНЧ-колебаний. В итоге изменения активности различных уровней регуляции результативались в тенденцию к повышению тонуса периферических сосудов (уменьшение АРП составляло 20–25 %). При анализе индивидуальных значений АРП такая картина выявлена у всех детей 1-й подгруппы, во 2-й подгруппе имело место повышение исходно низкой АРП у 16 % и в 3-й подгруппе у 23,3 % учащихся – у них УН

привела к более чем двукратному повышению мощности НЧ-колебаний, но при этом выявлялись и самые низкие показатели в УНЧ-диапазоне спектра.

У девочек величины АРП и ОМС в состоянии покоя не имели достоверных различий с мальчиками. Сравнительный анализ показал, что в 1-й подгруппе девочек была наибольшая мощность УНЧ-колебаний ($p < 0,05$) по сравнению с учащимися 2-й и 3-й подгруппы. Самые высокие значения мощности НЧ-колебаний, как и у мальчиков, определены во 2-й подгруппе, в то время как в 3-й – наиболее низкие. В ответ на воздействие УН произошли разнонаправленные сдвиги спектральных характеристик в диапазонах УНЧ- и ОНЧ-колебаний (снижение) и НЧ-колебаний (повышение). Наиболее значимый рост активности симпатического отдела автономной системы зарегистрирован в 3-й подгруппе – более, чем в 2,5 раз ($p < 0,001$). У учащихся с различным уровнем тревожности в исходном положении превалирует значимость гуморальных факторов (относительная мощность ОНЧ-колебаний составляла от 50 до 59 %) у всех обследованных лиц. Вклад местных метаболических факторов был наибольшим у девочек ($35,2 \pm 0,31$ %) и мальчиков ($34,6 \pm 0,33$ %) с нормальной ШТ – достоверно больше, чем во 2-й и 3-й подгруппах.

В исходном положении у девочек и мальчиков 1-й подгруппы доля НЧ-колебаний, отражающих вклад симпатического отдела в регуляцию тонуса периферических сосудов, был наименьшим; наиболее высокая относительная мощность НЧ-

колебаний определена у девочек 3-й подгруппы и мальчиков и девочек с повышенной ШТ. Умственная нагрузка сопровождалась повышением активности сегментарного уровня регуляции АРП. Доля НЧ-колебаний возрастала во всех подгруппах выше 35 %, что и определяло повышение ОМС, симпатикотоническая реакция на УН была наиболее выражена в подгруппах учащихся с повышенной (42,17 ± 3,53 % у мальчиков и 36,61 ± 3,37 % у девочек) и высокой ШТ (39,88 ± 3,61 % и 39,02 ± 3,65 % соответственно). Умеренная симпатикотоническая реакция была определена в 1-й подгруппе 36,60 ± 3,23 % у девочек и 35,86 ± 3,34 % у мальчиков). Высокий уровень симпатикотонии во 2-й и 3-й подгруппах учащихся определял наличие наиболее низких величин периферического кровотока (АРП).

В целом, во все возрастные периоды и независимо от пола и уровня интеллектуальных нагрузок наибольшую значимость в регуляции периферического кровотока имели гуморально-метаболические факторы, характеризующиеся мощностью УНЧ- и ОНЧ-колебаний; при умственной нагрузке превалирует доля гуморальных факторов (ОНЧ-колебания имеют наибольшую величину). Напряжение механизмов регуляции мелких сосудов при умственной нагрузке выявлено в контрольной группе у мальчиков 2-го класса и девочек 4-го класса (вероятно, как следствие возрастного повышения тонуса симпатического отдела автономной нервной системы), а также у лиц с повышенным уровнем школьной тревожности, что характеризует их как группу лиц с факторами риска дезадаптации к УН.

Работа выполнена при поддержке Гранта МО РФ № 4960 / 10929.

Литература

1. Адаптация сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам / Е.В. Быков, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров и др. // *Колебательная активность показателей функциональных систем организма спортсменов и детей с различной двигательной активностью*. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 92–207.
2. Безруких, М.М. Здоровьесберегающая школа / М.М. Безруких. – М.: Московский психолого-социальный ин-т, 2004. – 240 с.
3. Копосова, Т.С. Особенности эмоционального статуса младших школьников, обучающихся по разным образовательным программам / Т.С. Копосова, М.Ю. Кондратьева // *Новые исследования*. – № 1–2. – 2004. – С. 213–214.
4. 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.

5. Крупаткин, А.И. Влияние симпатической иннервации на тонус микрососудов и колебания кровотока кожи / А.И. Крупаткин // *Физиология человека*. – 2006. – Т. 32, № 5. – С. 95.

6. Крупаткин, А.И. Динамический колебательный контур регуляции капиллярной гемодинамики / А.И. Крупаткин // *Физиология человека*. – 2007. – Т. 33, № 5. – С. 93.

7. Крупаткин, А.И. Пульсовые и дыхательные осцилляции кровотока в микроциркуляторном русле кожи человека / А.И. Крупаткин // *Физиология человека*. – 2008. – Т. 34, № 3. – С. 70.

8. Крупаткин, А.И. Колебательные структуры кровотока отражают динамику информационных процессов в микрососудистых сетях / А.И. Крупаткин // *Физиология человека*. – 2010. – Т. 36, № 2. – С. 101–113.

9. Литвинова, Н.А. Роль психофизиологического потенциала в процессе адаптации к учебной деятельности / Н.А. Литвинова, Э.М. Казин, М.Г. Березина // *Науч. тр. 1 съезда физиологов СНГ*. – М.: Медицина-Здоровье, 2005. – Т. 1. – С. 197.

10. Мачинская, Р.И. Особенности формирования высших психических функций у младших школьников с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга / Р.И. Мачинская, О.А. Семенова // *Журн. эволюц. биохимии и физиологии*. – 2004. – Т. 40, № 5. – С. 427.

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

12. Сабирьянов, А.Р. Структура медленноволновой 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.

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

14. Hamer, M. Psychological Distress, Television Viewing, and Physical Activity in Children Aged 4 to 12 Years / M. Hamer, E. Stamatakis, G. Mishra // *Pediatrics*. – 2009. – Vol. 123, № 5. – P. 1263–1268.

15. Malpas, S.C. The rhythmicity of sympathetic nerve activity / S.C. Malpas // *Progress in Neurobiology*. – 1998. – Vol. 56. – P. 65.

Поступила в редакцию 12 июня 2010 г.