

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ УРОВНЕЙ НЕЙРОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ШАХМАТНЫХ ЗАДАЧ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ВРЕМЕНИ

Е.В. Быков, А.В. Рязанцев
ЮУрГУ, г. Челябинск

Представлены изменения активности различных уровней нейровегетативной регуляции центрального и периферического звена системы кровообращения при действии умственной нагрузки в условиях ограниченного времени для решения шахматных задач.

Ключевые слова: нейровегетативная регуляция, система кровообращения, умственная нагрузка.

Детский организм быстро реагирует на изменения окружающей среды и социальных факторов. Исследования последних лет свидетельствуют о значительном ухудшении состояния здоровья детей, оцениваемых по таким интегральным параметрам, как индекс здоровья, число острых заболеваний, количество длительно и часто болеющих детей, уровень физического развития [1–3].

Дети и подростки особенно подвержены внешним влияниям в так называемые критические и сенситивные периоды развития. Одним из таких важнейших критических периодов является возраст начала обучения в школе, когда качественные перестройки морфофункционального созревания базовых мозговых процессов приходится на период резкой смены социальных условий [4]. В возрасте 5–8 лет происходят глубокие изменения, во многом меняющие физиологические возможности растущего организма, и обозначают его как период «первичной социализации», т.е. наступления готовности к школе и начального школьного обучения. Биологическое созревание мозга, и тем самым, обеспечение возможности устойчивой умственной деятельности – механизмов, обеспечивающих активное внимание, необходимых для успешной учебы в школе – связано с увеличением энергопотенциала клеток мозга в данном возрасте [5].

Н.К. Кормилицына [6] выявила, что под влиянием повышенной внешкольной умственной нагрузки, идущей в ущерб физическим занятиям, наблюдается ухудшение работоспособности, напряжение физиологических возможностей ребенка, что ведет к развитию выраженного утомления к концу учебного года. В этом аспекте значительный интерес представляет оценка степени напряжения адаптационных процессов и механизмов вегетативной регуляции деятельности, которые наиболее чутко реагируют на внешние воздействия [7].

Цель работы: определение активности различных уровней регуляции деятельности системы кровообращения детей младшего школьного возраста, занимающихся шахматами, как маркеров

психофизиологического состояния учащихся шахматистов.

Организация и методы исследования. В исследовании приняло участие 18 учащихся младшего школьного возраста, занимающихся шахматами на протяжении 3–4 лет. Обследование проведено в период зимних каникул (январь) в первой половине дня, до начала занятий в секции (с 10 до 12 часов) (в положении сидя) (проба 1) и после нагрузки (решение 3 шахматных задач повышенной сложности за 10 минут, проба 2).

Проведен спектральный анализ показателей частоты сердечных сокращений (ЧСС), ударного объема (УО), фракции выброса (ФВ) и амплитуды револвны сосудов пальца стопы (АРП). В каждом положении регистрировались за 500 ударов сердца (ЭКГ), автоматически регистрировались абсолютные значения параметров и их вариабельность по методу быстрого преобразования Фурье. Вариабельность (флуктуации) рассматривались как мера вегетативной (автономной) регуляции кровообращения. Мощность спектральной плотности (общая мощность спектра – ОМС, $мс^2$) (общая вариабельность) анализировалась как функция частоты, показателем вариабельности служит среднеквадратическое отклонение значений показателей.

Анализ колебательной активности показателей гемодинамики проведен в четырех диапазонах спектра: 1) ультра низкочастотный 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) – отражают 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 [8].

Результаты исследования представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Спектральные характеристики показателей гемодинамики до проведения пробы ($M \pm m, \%$)

	ЧСС	ОМС	УНЧ	ОНЧ	НЧ	ВЧ
ЧСС	88,89	129,71	6,19	22,63	45,11	55,77
	3,61	10,56	0,73	1,71	2,16	2,57
	%		4,78	17,45	34,78	43,00
УО	46,78	17,68	1,41	3,64	7,50	5,13
	2,44	1,34	0,13	0,39	0,58	0,60
	%		7,98	20,59	42,40	29,03
ФВ	58,67	8,44	0,83	2,54	3,83	1,24
	1,34	0,65	0,10	0,28	0,41	0,15
	%		9,80	30,15	45,45	14,68
АРП	19,33	281,52	23,90	91,70	129,07	36,86
	2,66	22,35	2,02	3,10	8,05	2,56
	%		8,49	32,57	45,85	13,09

В исходном положении (табл. 1) хронотропная функция сердца находилась преимущественно под воздействием сегментарного уровня регуляции: наиболее высока мощность колебаний в диапазоне ВЧ, далее – в диапазоне НЧ, отражающих соответственно влияние парасимпатического и симпатического отделов ВНС на ритм сердца, индекс вагосимпатического взаимодействия был менее 1,0 усл. ед. ($НЧ/ВЧ=0,81$). Индекс централизации ($ОНЧ+НЧ/ВЧ$) составил 1,22 усл. ед., что отражает отсутствие напряжения регуляторных механизмов у школьников-шахматистов до нагрузки.

В регуляции сократительной функции (ударный объем, фракция выброса) преобладали также влияния сегментарного (симпатического) отдела вегетативной нервной системы. В то же время, в регуляции ударного объема существенное значение имел и парасимпатический отдел ВНС (29%), а фракция выброса – надсегментарный уровень регуляции ($ОНЧ$ -колебания составили 30,2%), что, вероятно, способствует поддержанию этой гомеостатической величины на относительно постоянном уровне в состоянии покоя.

В регуляции периферического кровотока доминировали симпатический отдел ВНС и надсегментарный уровень регуляции, что, на наш взгляд, отражает несовершенство механизмов местной регуляции периферической гемодинамики (низкий уровень $УНЧ$ -модуляций, составивший всего 9%), а также, возможно, это является следствием низкой двигательной активности детей-шахматистов.

Далее рассмотрены спектральные характеристики показателей системы кровообращения после умственной нагрузки (решение шахматных задач в условиях ограниченного времени) (табл. 2).

Нами установлено, что реакция ЧСС на нагрузку у детей была адекватной (тенденция к снижению) с существенным повышением значимости надсегментарного уровня регуляции (с 17,5% до 38,5%) и повышением мощности колебаний в ука-

занном диапазоне. В других диапазонах произошло снижение мощности колебаний, что определило и падение ОМС ритма сердца более чем в 1,5 раза. После проведения пробы напряжение адаптационных механизмов характеризовалось резким снижением сегментарного уровня регуляции (суммарно доля $НЧ+ВЧ$ составила 45%), индекс централизации увеличился в 2 раза (до 2,15 усл. ед.). В 2 раза возросла мощность колебаний в $УНЧ$ -диапазоне и его относительная доля в ОМС составила около 16% (против 4,8% в исходном положении). Вероятно, возрастала и роль внутрисердечных факторов регуляции хронотропной функции.

Значимых изменений сократительной функции не происходило, но ОМС УО претерпела серьезные изменения: увеличилась в 3 раза за счет повышения мощности колебаний во всех диапазонах (при сохранении доли каждого из уровней регуляции). В то же время, сохранение фракции выброса и ее ОМС на неизменном уровне определялось повышением доли $ОНЧ$ -колебаний до 40% за счет уменьшения роли сегментарного уровня регуляции ($НЧ$ - и $ВЧ$ -колебания).

Снижение ОМС АРП отражало существенное повышение $ОНЧ$ - и $УНЧ$ -флюктуаций. Доля этих колебаний составила 42,2% и 12,3% соответственно. Следовательно, роль гуморальных и местных метаболических факторов регуляции после пробы возрастала.

Таким образом, влияние умственной нагрузки с ограничением времени на решение поставленных задач приводит не только к изменениям гемодинамических показателей, но и их спектральных характеристик. Полученные нами результаты значительно расширяют представления о механизмах регуляции различных звеньев системы кровообращения у детей, поскольку до настоящего времени основные изыскания в этой области ограничиваются анализом медленноволновой вариабельности только ритма сердца. Так, изучение особенно-

Спектральные характеристики показателей гемодинамики после проведения пробы (M ± m, %)

	ЧСС	ОМС	УНЧ	ОНЧ	НЧ	ВЧ
ЧСС	92,56	76,74	12,21	29,48	14,54	20,50
	3,34	23,98	1,34	2,20	1,21	1,90
	%		15,91	38,42	18,95	26,72
УО	48,22	54,85	3,30	9,22	24,02	18,31
	2,64	2,37	0,46	0,60	1,92	2,13
	%		6,02	16,82	43,79	33,38
ФВ	58,11	8,66	1,23	3,39	3,12	0,93
	1,29	0,76	0,11	0,04	0,29	0,08
	%		9,68	30,76	37,37	22,19
АРП	20,00	155,98	19,12	65,80	61,99	9,07
	6,39	83,06	2,04	3,47	3,23	0,10
	%		12,26	42,19	39,74	5,81

стей вариабельности сердечного ритма у детей в возрасте от 7 до 12 лет различных групп вегетативной регуляции сердечного ритма позволило Н.И. Шлык с соавт. [9] определить 4 группы детей, имеющих различные статистически значимые количественно-качественные соотношения механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма, указывающих на различную степень напряжения сегментарных (симпатического, парасимпатического отделов ВНС) и надсегментарных (центральных) механизмов регуляции сердечного ритма.

Д.А. Дмитриев с соавт. [10] в период с начала первого учебного года до окончания второго класса происходит некоторое увеличение парасимпатического тонуса, и снижение симпатического тонуса регуляции.

Т.Г. Кириллова с соавт. [11] выявили при оценке возрастной динамики статистических показателей сердечного ритма у детей 5–7,5 лет волнообразную динамику становления вегетативной регуляции, на возрастном этапе от 7 до 7,5 лет определена синхронная дезактивация симпатического отдела в пользу холинэргической проявлений. При этом В.Н. Безобразова [12] указывает на физиологически важную роль преобладания симпатических влияний ВНС у детей в увеличении силы сокращения сердца, повышении КДО и массы миокарда левого желудочка, в то время как проявления парасимпатикотонии в младшем школьном возрасте могут свидетельствовать о снижении адаптационных возможностей организма детей, сопряжены с более выраженным напряжением механизмов вегетативной регуляции, в связи с чем учащиеся с исходным ваготоническим тонусом ВНС нуждаются в индивидуальном подборе режима двигательной активности и контроле функционального состояния организма [13].

О.В. Кузнецовой [14] при спектральном анализе ритма сердца, артериального давления и дыхания мальчиков и девочек 8–11 лет выявлено

наличие хорошо выраженных волн в трех диапазонах частот (HF, LF, VLF). Анализ индивидуальных вариантов вегетативного обеспечения респираторно-гемодинамической системы здоровых детей 8–11 лет показал большое разнообразие вегетативного ответа на действие тестовых нагрузок, как по направленности изменений показателей, так и по их амплитуде. По данным автора, наиболее чувствительными индикаторами воздействия умственных нагрузок на организм детей 8–11 лет являются спектральные характеристики ритма сердца, объема дыхания и общей мощности спектра исследуемых ритмов. Полученные нами результаты позволяют считать, что принципиально важным является оценка более широкого спектра показателей с оценкой активности регуляторных механизмов центрального и периферического звена сердечно-сосудистой системы (в том числе как хронотропной, так и инотропной функции сердца, а также периферического отдела ССС).

Литература

1. Марченко, Т.К. Медико-биологические основы оздоровления часто болеющих детей: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Т.К. Марченко. – М., 2003. – 44 с.
2. Ямпольская, Ю.А. Физическое развитие школьников г. Москвы к началу XXI века / Ю.А. Ямпольская // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 441.
3. Уровень физической подготовленности школьников различного функционального класса физического здоровья / С.В. Хрущев, С.Д. Поляков, И.Т. Корнеева и др. // Материалы VI Всероссийского научного форума «РеаСпоМед2006». – М., 2006. – С. 160–161.
4. Безруких, М.М. Теоретические аспекты изучения физиологического развития ребенка / М.М. Безруких, Д.А. Фарбер // Физиология разви-

тия ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 9–13.

5. Основные закономерности и типологические особенности роста и физического развития / В.Д. Соськин, И.А. Корниенко, Р.В. Тамбовцева и др. // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 31–59.

6. Кормилицына, Н.К. Сохранение умственной работоспособности младших школьников / Н.К. Кормилицына // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 216.

7. Вейн, А.М. Классификация вегетативных нарушений / А.М. Вейн // Вегетативные расстройства: Клиника, лечение, диагностика. – М.: МИА, 2000. – С. 103–108.

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

9. Шлык, Н.И. Индивидуальные особенности механизмов регуляции сердечного ритма у человека (по данным вариабельности сердечного ритма) / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова // Новые направления в системе подготовки специалистов физической культуры и спорта и оздоровительной работе с населением: тезисы докл. междунар. науч.-

практ. конф. – Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 1999. – С. 270–271.

10. Дмитриев, Д.А. Изучение математических показателей кардиоциклов у детей младшего школьного возраста / Д.А. Дмитриев, И.В. Сорокина, М.Н. Ташкова. // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 150.

11. Безобразова, В.Н. Влияние особенностей автономной нервной регуляции на функциональное состояние кровообращение головного мозга детей 7–8 лет / В.Н. Безобразова // Альманах «Новые исследования». – М., 2004. – № 1–2. – С. 73–74.

12. Кириллова, Т.Г. Динамика статистических характеристик сердечного ритма у детей 6–8 лет в процессе обучения / Т.Г. Кириллова, Л.Ф. Трохимчук // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90. – № 8. – С. 408.

13. Лушпа, А.А. Влияние режима двигательной активности на вариабельность сердечного ритма у младших школьников с различным тонусом вегетативной нервной системы / А.А. Лушпа, Л.Г. Лушпа // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 254–255.

14. Кузнецова, О.В. Особенности вегетативной регуляции респираторно-гемодинамической системы у детей 8–11 лет / О.В. Кузнецова // Альманах «Новые исследования». – М.: Вердана, 2004. – № 1–2. – С. 232.