

Н.В. Королева, О.В. Бугун, С.И. Колесников, В.В. Долгих

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ ШКОЛЬНОЙ ДИЗАДАПТАЦИИ

Учреждение РАМН «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека СО РАМН», г. Иркутск, РФ

Хорошо известно, что одним из ведущих факторов, определяющих успешную адаптацию к школьным нагрузкам и возможности для мобилизации интеллектуальных и физических сил, является соответствующий уровень зрелости всех систем организма ребенка. В первую очередь это имеет отношение к уровню регуляции ЦНС и функциональной зрелости структур головного мозга [1, 2].

Многими исследованиями показано, что неготовность ребенка, начинающего систематическое обучение,

по морфофункциональным и нервно-психическим параметрам откликается формированием функциональных отклонений в деятельности различных органов и систем и рассматривается как проявление дизадаптации у детей в динамике обучения [3, 4]. Существенный вклад в прирост таких функциональных отклонений вносят различные нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС) [5, 6].

Исходя из сказанного выше, изучение особенностей изменения деятельности ССС у детей в период обучения

Контактная информация:

Королева Наталья Владимировна – старший научный сотрудник лаб. экологической педиатрии и реабилитации Научного центра проблем здоровья семьи и репродукции человека СО РАМН

Адрес: 664003 г. Иркутск, ул. Тимирязева, 16

Тел.: (3952) 20-73-67, **Е-mail:** koroleva@sbamsr.irk.ru

Статья поступила 15.09.09, принята к печати 30.09.10.

в начальной школе в зависимости от уровня зрелости функциональной активности головного мозга закономерно вызывает объективный интерес и имеет большое практическое значение для разработки методов профилактики школьной дизадаптации.

Нами были обследованы 68 учащихся школы-гимназии – 37 мальчиков и 31 девочка. Дети поступили в 1-й класс в возрасте 7–8 лет, не имели отклонений в интеллектуальном развитии и по состоянию здоровья чаще принадлежали II и III группам здоровья (27 – 39,7% и 35 – 51,5% соответственно), реже – I и IV группам здоровья (1 – 1,5% и 5 – 7,3% соответственно).

Среди наиболее часто встречающихся заболеваний у детей отмечались болезни органов дыхания (42 – 61,8%), нервной системы (40 – 58,8%) и органов пищеварения (30 – 44,1%). Реже встречались болезни системы кровообращения (21 – 30,9%) и костно-мышечные заболевания (19 – 27,9%).

Учащиеся наблюдались нами в период их обучения в начальной школе. Ежегодно всем детям проводили электроэнцефалографическое (ЭЭГ) исследование, а в 1-м и 3-м классах – электрокардиографическое (ЭКГ) исследование.

ЭЭГ регистрировали с помощью 34-канального электроэнцефалографа «Neurotravel» (Россия–Италия) по стандартной методике [7]. При расположении электродов на голове обследуемого по международной схеме «10–20» были использованы отведения с усредненным электродом. ЭЭГ регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами и с использованием функциональных проб: пробы с открыванием глаз, ритмической фотостимуляцией разной частоты (1–18 Гц) и гипервентиляцией (3 мин). ЭЭГ оценивали по разработанной нами классификации [8] как «соответствующая возрастной норме» (I тип), «ЭЭГ с легкой задержкой электрогенеза» (II тип), «ЭЭГ с выраженной задержкой электрогенеза» (III тип) и «ЭЭГ с характерными патологическими феноменами» (IV тип).

ЭКГ-исследование выполняли 57 детям в возрасте 7–8 лет и 49 детям – 9–10 лет с помощью электрокардиографа «Fukuda Denshi FX-3010» (Япония). ЭКГ регистрировали и оценивали по стандартной методике, измерение длительности интервалов проводили во II стандартном отведении [9, 10].

Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью интегрированной системы для комплексного статистического анализа и обработки данных в среде Windows STATISTICA 6.0 (StatSoft® Inc., USA) с использованием t-критерия Стьюдента, U-критерия Манна–Уитни, R-критерия Пирсона и Z-критерия оценки достоверности доли (с поправкой Йетса).

Результаты ЭЭГ-исследования показали, что только у 19 (27,9%) первоклассников ЭЭГ соответствовала возрастной норме (I тип), у 24 (35,3%) детей выявлялись ЭЭГ с легкой задержкой электрогенеза (II тип), у 23 (33,8%) детей – ЭЭГ с выраженной задержкой электрогенеза (III тип) и у 2 (3%) детей – ЭЭГ с характерными патологическими феноменами (IV тип).

Следует отметить, что ЭЭГ IV типа характеризова-

лись наличием локальной эпилептиформной активности и дети с этим типом ЭЭГ в настоящем исследовании нами были исключены из дальнейшего анализа.

Во 2-м классе было выявлено сокращение в 2 раза доли детей с I типом ЭЭГ и увеличение в 1,5 раза доли детей со II типом ЭЭГ, которая значимо не изменилась к 3-му классу. К 9–10 годам доля детей с I типом ЭЭГ восстановилась до уровня, который был в 7–8-летнем возрасте, а доля детей с III типом ЭЭГ сократилась в 1,8 раза.

В целом, динамика биоэлектрической активности головного мозга была выражена в переходе одних типов в другие и неоднородна в зависимости от зарегистрированного в 7–8 лет типа ЭЭГ. В 9–10 лет I тип представлен ЭЭГ, принадлежавшими в 7–8 лет как к I, так и к II типу; II тип чаще представлен ЭЭГ, принадлежавшими в 7–8 лет к III типу, реже – к I и II типам; III тип чаще представлен ЭЭГ, относившимися в 7–8 лет к этому же типу, реже – к II типу.

Распределение детей в зависимости от типа ЭЭГ и пола показало, что в 7–8 лет I тип ЭЭГ регистрировался преимущественно у мальчиков (16 – 43,3%). У девочек преобладали ЭЭГ II и III типов (13 – 41,9% и 14 – 45,2%) соответственно. К 9–10 годам у девочек доля ЭЭГ с I типом увеличилась вдвое, а у мальчиков доля детей со II типом ЭЭГ увеличилась до таковой с I типом ЭЭГ.

Оценка основных показателей ЭЭГ выявила, что у детей с I типом в младшем школьном периоде происходят возрастные изменения биоэлектрической активности головного мозга, характеризующие продолжающиеся процессы морфофункционального созревания нейронного аппарата коры больших полушарий, межкортикальных и корково-подкорковых функциональных структур.

Так, у детей с этим типом ЭЭГ отмечается увеличение индекса α -активности с $43 \pm 1,7$ до $49 \pm 2,85\%$ и снижение индекса θ -ритма с $34,1 \pm 2,06$ до $19,3 \pm 1,41\%$ с 7–8 к 9–10 годам. Тенденцию к снижению с возрастом имеют показатели амплитуд θ - и Δ -ритмов, повышается степень выраженности реакции активации на открывание глаз, в 9–10-летнем возрасте более чем у половины детей α -ритм слабо модулирован.

У детей со II типом ЭЭГ, вероятно, из-за более низких адаптационных резервов наибольшего напряжения регуляторных систем возрастная динамика замедляется и замещается процессами сохранения необходимого баланса биоэлектрической активности головного мозга в период адаптации к школе.

В группе с этим ЭЭГ-типом показатели α -индекса колеблются в пределах $28,8 \pm 1,92$ – $38,5 \pm 3,17\%$ и так же как и показатели θ -индекса не показывают возрастной динамики. Амплитуда α -активности составляет $51,4 \pm 4,8$ – $70,2 \pm 4,71$ мкВ и достоверно ($p < 0,05$) ниже таковой у детей с I типом ($77,8 \pm 3,9$ – $86,7 \pm 6,42$ мкВ) на протяжении всего возрастного периода. Не модулированный α -ритм и сглаженный зональный α -градиент отмечаются достоверно ($p < 0,05$) чаще, чем у детей с I типом ЭЭГ.

Для детей с III типом ЭЭГ наряду со слабой возраст-

Таблица 1

Распределение показателей ЭКГ у детей в зависимости от возраста и пола

Показатели ЭКГ	Возраст, годы	Мальчики		Девочки	
		М±m	σ	М±m	σ
RR (min), с	7–8	0,599±0,02	0,11	0,630±0,02	0,1
	9–10	0,611±0,01	0,06	0,645±0,02	0,08
RR (max), с	7–8	0,759±0,02	0,13	0,774±0,03	0,15
	9–10	0,770±0,03	0,11	0,870±0,03 ¹	0,11
R–R, с	7–8	0,160±0,03	0,16	0,143±0,02	0,09
	9–10	0,159±0,02	0,09	0,205±0,03	0,11
RR (среднее), с	7–8	0,682±0,02	0,09	0,700±0,02	0,12
	9–10	0,692±0,02	0,08	0,759±0,02 ¹	0,06
P, с	7–8	0,078±0,001	0,006	0,077±0,001	0,007
	9–10	0,069±0,002 ²	0,01	0,068±0,003 ²	0,01
PQ, с	7–8	0,12±0,002	0,01	0,117±0,003	0,01
	9–10	0,131±0,002 ²	0,01	0,126±0,004 ¹	0,01
QRS, с	7–8	0,079±0,001	0,01	0,077±0,001	0,01
	9–10	0,074±0,002 ²	0,01	0,067±0,003 ²	0,01
QT, с	7–8	0,315±0,004	0,02	0,313±0,006	0,03
	9–10	0,314±0,004	0,02	0,318±0,005	0,02
ЧСС, уд/мин	7–8	88,9±2,27	12,82	88,6±2,98	14,91
	9–10	89,2±2,31	10,31	82,5±2,47 ¹	8,91

$p < 0,05$: ¹ при сравнении показателей у мальчиков и девочек соответствующего возраста, ² при сравнении показателей у детей в возрасте 7–8 лет.

ной динамикой характерно выраженное отставание по основным показателям ЭЭГ как в возрасте 7–8, так и в 9–10 лет. Значения α -индекса у детей данной группы достоверно ($p < 0,05$) ниже в течение всего возрастного периода в сравнении с I типом ЭЭГ, в то время как индекс θ -ритма хотя и снижается с 52,2±3,83% в 7–8 лет до 33,4±3,31% в 9–10 лет, но сохраняется достоверно ($p < 0,05$) высоким. В сравнении с I (9,5±0,08 – 9,6±0,09 кол/с) и II (9,1±0,09 – 9,4±0,11 кол/с) типами ЭЭГ здесь также достоверно ($p < 0,05$) ниже средняя частота α -активности, варьирующая в пределах 8,3±0,06 – 8,5±0,09 кол/с. В ЭЭГ этого типа практически не встречается модулированного а-ритма и чаще выявляется сглаженный α -градиент. Показатели выраженности реакции активации не отражают возрастной динамики и отмечаются достоверно ($p < 0,05$) высокие значения величины сохранения амплитудного уровня фона при открывании глаз (до 74,4±3,74%) в 7–10 лет в сравнении с I типом ЭЭГ.

Проведенное ЭКГ-исследование показало, что у первоклассников помимо нормальных ЭКГ достоверно ($p < 0,05$) чаще – в 45 (78,9%) случаях – выявляются абнормальные ЭКГ. К последним отнесены ЭКГ с признаками синусовой аритмии IV и V степени, синусовой тахи- и брадикардии, неполной блокады правой ножки пучка Гиса, атриовентрикулярной блокады I степени, синоатриальной блокады II степени I типа (непостоянной, уходящей при пробе с физической нагрузкой), миграции водителя ритма и синдрома Вольфа–Паркинсона–Уайта.

Отмечено, что абнормальные ЭКГ достоверно ($p < 0,05$) чаще выявлялись у мальчиков (28 – 62,1%) в сравнении с девочками (17 – 37,8%).

В возрасте 9–10 лет у детей были отмечены только абнормальные ЭКГ. Выявлено достоверное ($p < 0,05$) увеличение в сравнении с 7–8-летним возрастом частоты встречаемости синусовой аритмии (IV–V степени) с 17 (29,85%) до 34 (69,4%) случаев и феномена укороченного интервала PQ с 4 (7%) до 15 (30,6%) случаев.

Примечательным является то, что к 9–10 годам достоверно ($p < 0,05$) увеличивается частота встречаемости выраженной синусовой аритмии у детей, у которых в 7–8-летнем возрасте регистрировался II тип ЭЭГ, а феномена укороченного интервала PQ – у детей с III типом ЭЭГ в 7–8 лет.

Согласно показателям ЭКГ к 9–10 годам как у мальчиков, так и у девочек отмечается достоверное в сравнении с 7–8-летним возрастом снижение продолжительности зубца P и комплекса QRS, что отражает ускорение проведения возбуждения в миокарде предсердий и желудочков и связано с процессами морфофункционального совершенствования проводящей системы (табл. 1).

Длительность интервала PQ, наоборот, к 9–10 годам достоверно увеличивается и отражает возрастную динамику. Удлинение интервала PQ свидетельствует о замедлении проведения возбуждения по атриовентрикулярному соединению и на уровне системы Гиса–Пуркинье. В целом увеличение продолжительности рефрактерного периода атриовентрикулярного узла, сочетающееся с укорочением рефрактерного периода предсердий, связано с повышением тонического влияния блуждающего нерва. Учитывая то, что величина интервала PQ зависит от интервала RR, у детей в этом возрасте отмечено его удлинение в сравнении с 7–8-летним возрастом. Однако, если у девочек отмечается

достоверное увеличение длительности интервала RR (связанное с ослаблением симпатических влияний и усилением тонуса блуждающего нерва на сердечную деятельность), то у мальчиков – только слабо выраженная тенденция такого характера.

Значимые различия между мальчиками и девочками в этом возрасте отмечаются по величинам частоты сердечных сокращений (ЧСС) и длительности интервала RR. Для девочек характерны более выраженные изменения, связанные с удлинением интервала RR, уменьшением ЧСС и их вариабельности. Так, у девочек ЧСС достоверно ниже, чем у мальчиков и составляет $82,5 \pm 2,47$ уд/мин, средняя и наибольшая в записи величины интервала RR также достоверно выше у девочек, чем у мальчиков.

Характер распределения показателей ЭКГ у детей с различными типами ЭЭГ в возрасте 7–8 лет не выявил достоверных различий. Анализ показателей ЭКГ в возрасте 9–10 лет показал, что у детей со II типом ЭЭГ отмечаются достоверно ($p < 0,05$) наименьшая величина RR (max) ($0,74 \pm 0,03$ с) и его варьирование в пределах одной ЭКГ-записи ($0,12 \pm 0,02$ с) в сравнении с I и III типами ЭЭГ. У детей с III типом ЭЭГ отмечаются достоверно ($p < 0,05$) наибольшая длительность среднего интервала RR и RR (max) ($0,80 \pm 0,02$ с и $0,92 \pm 0,03$ с соответственно) и наименьшая ЧСС ($78,4 \pm 2,23$ уд/мин) в сравнении с I и II типами ЭЭГ. Эти данные четко коррелируют с характером биоэлектрической активности головного мозга, отраженном в типе ЭЭГ, и обусловлены дисбалансом в регуляции деятельности сердца. Так, для детей со II типом ЭЭГ характерно повышенное тоническое влияние симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), в то время как у детей с III типом ЭЭГ деятельность симпатического отдела ВНС ослаблена и преобладают парасимпатические влияния. В целом в младший школьный период характерна достоверно ($p < 0,05$) наибольшая длительность максимального интервала RR у детей с III типом ЭЭГ в сравнение со II типом ЭЭГ.

Анализ изменения показателей ЭКГ у детей в 9–10 лет в зависимости от типа ЭЭГ, зарегистрированного в 7–8 лет, показал, что у детей, у которых в 7–8 лет регистрировался II тип ЭЭГ, в 9–10 лет отмечаются увеличение длительности интервала RR (max) (с $0,75 \pm 0,03$ до $0,83 \pm 0,03$ с) и величины его вариабельности в пределах одной ЭКГ-записи (с $0,13 \pm 0,02$ до $0,21 \pm 0,03$ с).

Последние результаты свидетельствуют о том, что у детей, у которых в 7–8 лет регистрируется II тип ЭЭГ, к 9–10 годам отмечается возрастная динамика, связанная со снижением длительности сердечного цикла (вместе с повышением его вариабельности), в то время как у детей с исходными I и III типами ЭЭГ таких изменений не происходит. Повышение ЧСС и снижение длительности сердечного цикла у детей 9–10 лет со II типом ЭЭГ связаны с переходом в группу со II типом ЭЭГ к 9–10 годам детей из других групп, а именно (как показано выше) из группы детей с III типом ЭЭГ.

Другими словами, у детей, у которых в 7–8 лет выявляется III тип ЭЭГ, продолжающаяся возрастная

динамика биоэлектрической активности мозга (переход в группу со II типом ЭЭГ) сочетается со значительным повышением ЧСС (в сторону легкой и умеренной тахикардии), обусловленным повышенной деятельностью симпатического отдела ВНС. У детей с III типом ЭЭГ, у которых не отмечается значимой возрастной динамики биоэлектрической активности головного мозга, деятельность симпатического отдела ВНС в регуляции работы сердца ослаблена и преобладают парасимпатические влияния.

С полученными данными сочетаются результаты оценки структуры корреляционных связей между ЭКГ-показателями у детей 9–10 лет в зависимости от характера биоэлектрической активности головного мозга, зарегистрированного в 7–8-летнем возрасте. Эти данные свидетельствуют о сохранности целостной системы взаимосвязей параметров биоэлектрической активности миокарда только у детей, у которых исходно был выявлен I тип ЭЭГ, об ее ослаблении и нарушении у детей с исходно II и III типами ЭЭГ (табл. 2). Примечательным является то, что у детей с исходным III типом ЭЭГ показатель вариабельности сердечного ритма не коррелирует с другими ЭКГ-показателями, что говорит в пользу нарушения его центральной регуляции.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о прямой зависимости динамики сердечной деятельности у детей в младший школьный период от уровня зрелости функциональной активности мозга. Установлено, что дети, у которых при поступлении в школу выявляются признаки запаздывания становления биоэлектрической активности головного мозга, имеют риск формирования к окончанию начальной школы функциональных нарушений со стороны ССС.

Так, у первоклассников с признаками легкой задержки электрогенеза высока вероятность возникновения к 9–10-летнему возрасту выраженной синусовой аритмии. У детей, начинающих систематическое обучение и имеющих признаки выраженной задержки электрогенеза, возрастные изменения функциональной

Таблица 2

Распределение достоверных значений коэффициента корреляции между показателями ЭКГ у детей 9–10 лет в зависимости от типа ЭЭГ, зарегистрированного в возрасте 7–8 лет

Соотношения показателей ЭКГ	Тип ЭЭГ		
	I	II	III
RR (min) – ЧСС	-0,77	–	-0,93
RR (min) – RR (среднее)	0,71	–	0,87
RR (max) – RR (среднее)	0,95	–	0,92
RR (max) – R-R	0,90	0,86	–
RR (max) – ЧСС	-0,89	–	-0,81
RR (среднее) – QT	0,54	–	–
RR (среднее) – ЧСС	-0,96	-0,84	-0,96
RR (среднее) – R-R	0,73	–	–
R-R – ЧСС	-0,63	–	–
QT – ЧСС	–	-0,79	-0,71
RR (min) – R-R	–	-0,83	–

активности головного мозга сочетаются с проявлением синусовой тахикардии. Отсутствие у последних необхо-

димой возрастной ЭЭГ-динамики коррелирует с возникновением синусовой брадикардии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Поборский А.Н., Пшенцова И.Л.* Функциональное состояние кровообращения и некоторые показатели крови у детей в процессе адаптации к школе в условиях Севера. *Педиатрия.* 2000; 4: 58–61.
2. *Мачинская Р.И., Соколова Л.С., Крупская Е.В.* Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение II. Анализ когерентности α -ритма ЭЭГ. *Физиология человека.* 2007; 33: 2: 5–15.
3. *Звездина И.В., Сухарева Л.М., Жигарева Н.С. и др.* Особенности формирования здоровья младших школьников в динамике обучения. *Рос. пед. журн.* 2009; 2: 8–11.
4. *Гордеев С.А.* Особенности биоэлектрической активности мозга при высоком уровне тревожности человека. *Физиология человека.* 2007; 33 (4): 11–17.
5. *Рапопорт И.К., Храмцов П.И., Звездина И.В., Сотникова Е.Н.* Состояние здоровья воспитанников детских дошкольных учреждений Москвы. *Рос. пед. журн.* 2009; 2: 49–52.
6. *Псеунок А.А.* Адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы детей, обучающихся по новым образовательным программам. *Педиатрия.* 2005; 6: 77–79.
7. *Зенков Л.Р.* Функциональная диагностика нервных болезней: Руководство для врачей. М.: МЕДпресс-информ, 2004.
8. *Королёва Н.В., Колесников С.И.* Формирование биоэлектрической активности головного мозга у детей в онтогенезе. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2005.
9. *Кубергер М.Б.* Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста. Л.: Медицина, 1983.
10. *Осколкова М.К., Куприянова О.О.* Электрокардиография у детей. М.: МЕДпресс, 2001.

© Коллектив авторов, 2009

И.Г. Кретьова, Н.В. Русакова, И.И. Березин, А.И. Манюхин, Е.А. Косцова,