

РЕОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АСИММЕТРИИ МОЗГОВОГО КРОВОТОКА У ДЕТЕЙ 8-11 ЛЕТ В ПОКОЕ И ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ.

В.А. Животова, Н.В. Воронова

Педагогический институт Южного федерального университета
vera-serg@yandex.ru

Реоэнцефалография (РЭГ) – классический метод исследования мозгового кровообращения, основанный на изменении электропроводимости тканей организма, обусловленных пульсовыми колебаниями их кровенаполнения при каждой систоле [5,7].

Наличие физиологической асимметрии пульсового кровенаполнения, чаще проявляющейся в большем кровенаполнении левого полушария головного мозга, что обусловлено функциональной асимметрией головного мозга [5, 7]. Отношение амплитуды реоэнцефалограммы (РИ) с правого и левого полушария у взрослых в норме не превышает 15-20% [5, 6].

В период с 7 до 11 лет у детей происходят интенсивные перестройки всех звеньев сердечнососудистой системы, морфологии и регуляции тонуса сосудов, созревания коры и становления межполушарных связей, приводящие к активации интеллектуального и психического развития ребенка [1, 6]. ЭЭГ детей младшего школьного до 10 лет возраста характеризуется симметризацией пространственной организации электрической активности коры полушарий головного мозга [8].

К концу периода второго детства (к 11 годам) завершается становление показателей, отражающих степень кровенаполнения крупных артерий; совокупный просвет мелких сосудов; тонус артериальных сосудов, средних и крупных вен; состояние небольших вен, мелких артерий [4, 6, 9].

Целью работы явилось выявление возрастных особенностей асимметрии мозгового кровотока у здоровых детей с 8 до 11 лет в состоянии спокойного бодрствования и при интеллектуальной деятельности.

Нами было обследовано группа условно здоровых школьников (147 чел.: 72 мал., 75 дев.) в возрастном диапазоне с 8 до 11 лет.

Исследование мозгового кровообращения у детей проводили в два этапа: фон и информационная нагрузка.

Фоновой считали пробу, в течение которой ребенок находился в состоянии спокойного бодрствования, испытуемый располагался сидя в удобном кресле, в расслабленной позе с открытыми глазами.

В качестве информационной нагрузки детям предъявляли пособия – «вкладыши Монтессори» (невербальное логическое зрительно-моторное задание).

Динамику РЭГ отслеживали в 4 отведениях: фронто-мастоидальных левого и правого полушарий (FM-L; FM-R), позволяющих судить о состоянии кровотока в бассейне внутренних сонных артерий; бифронтальном (FF), информирующем о кровообращении лобных областей больших полушарий; бимастоидальном (MM), отражающем особенности кровотока в вертебро-базиллярном бассейне. Длительность записи реоэнцефалограммы на каждом этапе (фон, нагрузка) составила не менее 5 минут [2, 5].

Рассчитывали средние значения следующих показателей: реографического индекса (РИ), характеризующего степень кровенаполнения бассейна; модуля упругости (МУ), с помощью которого оценивался тонус артериальных сосудов; дикротического индекса (ДКИ), свидетельствующего о состоянии мелких артерий; показателя периферического сопротивления сосудов (ППСС), отражающего совокупный просвет мелких сосудов; диастолического индекса (ДСИ), характеризующего состояние вен мелкого калибра; индекса венозного оттока (ИВО), свидетельствующего о состоянии тонуса средних и крупных вен.

Рассчитывали коэффициент асимметрии (КА) реографического индекса по формуле:

$$(РИ FM R - РИ FM L) / (РИ FM R + РИ FM L) * 100\%.$$

Наличие асимметрии мозговой гемодинамики констатировали в случае достоверного отличия между значениями РИ в бассейнах полушарий мозга для каждого ребенка индивидуально по t – критерию Стьюдента для зависимых переменных с уровнем достоверности 0,05.

В анализе исследованные величины были представлены в виде: выборочное среднее значение и стандартная ошибка средней величины. Все статистические процедуры проводили с использованием пакета прикладных программ “Statistica 6.0” (StatSoft, USA, 2001).

По результатам анализа асимметрии кровенаполнения бассейнов головного мозга, всех обследованных нами детей разделили на группы: с повышенным кровенаполнением бассейна правого полушария, бассейна левого полушария, без асимметрии кровоснабжения полушарий головного мозга. Так, в состоянии спокойного бодрствования 65,9% детей не имели асимметрии кровенаполнения полушарий

головного мозга. Повышенное кровенаполнение бассейна левого полушария зарегистрировано у 18,4%, правого – 15,7%.

В таблице 1 представлены средние значения рассматриваемых нами параметров реоэнцефалограммы детей с разными типами асимметрии кровоснабжения полушарий головного мозга в фоне.

Таблица 1

Показатели РЭГ детей в состоянии спокойного бодрствования (M±m)

Показатели РЭГ	Отведения			
	FM-L	FM-R	FF	MM
	Без асимметрии			
РИ, Ом	0,20±0,02	0,19±0,02	0,27±0,03	0,12±0,02
ИВО, %	17,43±2,75	15,41±3,92	15,70±3,16	21,60±1,96
ППСС, %	69,98±11,75	65,05±10,52	68,84±8,44	70,77±11,38
ВРПВ, мс	115,79±2,56	119,75±3,65	126,33±5,75	111,90±1,15
ДСИ, %	58,13±8,84	56,14±7,44	55,44±8,14	63,62±9,68
ДКИ, %	56,58±10,12	54,81±7,63	54,05±8,98	62,59±10,19
МУ, %	16,49±2,17	15,16±1,47	16,23±2,55	14,53±1,81
Левополушарная асимметрия				
РИ, Ом	0,22±0,04	0,18±0,04	0,26±0,05	0,15±0,03
ИВО, %	21,15±4,61	20,76±6,59	19,12±4,38	27,25±7,51
ППСС, %	74,78±7,05	74,74±10,40	73,65±7,48	78,49±11,52
ВРПВ, мс	110,58±9,60	113,03±10,29	122,04±10,68	104,45±8,56
ДСИ, %	64,55±6,53	66,21±9,96	62,54±7,01	73,10±11,16
ДКИ, %	63,16±6,84	63,51±10,34	60,96±7,10	69,44±12,45
МУ, %	15,91±2,31	15,34±1,86	15,39±1,96	14,91±2,32
Правополушарная асимметрия				
РИ, Ом	0,19±0,05	0,23±0,07	0,26±0,09	0,16±0,05
ИВО, %	21,93±6,24	20,20±6,85	19,38±6,58	25,38±6,80
ППСС, %	77,67±13,02	75,47±11,01	74,86±11,69	75,46±13,71
ВРПВ, мс	112,16±10,81	113,96±9,76	122,85±10,75	106,80±10,62
ДСИ, %	67,60±11,14	65,07±10,51	63,49±10,44	69,62±10,32
ДКИ, %	65,31±10,76	62,80±11,38	61,90±10,74	65,62±11,78
МУ, %	16,08±1,66	15,64±1,51	15,49±1,62	15,12±1,77

У детей без асимметрии кровенаполнения в фоне РИ в FF выше MM на 55,6% (p<0,001). Дети с левополушарной асимметрией мозговой гемодинамики имеют более высокое значение РИ FF относительно РИ MM (на 42,3%; p<0,001). У детей правополушарного типа разница амплитуды реоэнцефалограммы между FF и MM бассейнами составила 38,46% (p<0,001).

ВРПВ в бимастоидальной области достоверно ниже (p<0,01), чем в бифронтальной: в группе без асимметрии – на 11,72%; у левополушарных – на 14,43%; у правополушарных – на 13,7 %.

Тонус крупных вен у детей с разными типами асимметрии кровенаполнения полушарий ГМ также различался при сравнении бифронтального и бимастоидального бассейнов. Так, у детей с отсутствием асимметрии кровенаполнения ИВО бифронтальный достоверно ниже бимастоидального на 37,58%; у левополушарных – ниже на 42,5% и у правополушарных на 31% ($p < 0,001$).

ДСИ бимастоидальный достоверно выше ($p < 0,01$), чем бифронтальный: у детей без асимметрии – на 14,75%; у левополушарных – на 16,9%; у правополушарных – на 9,5%.

Для ДКИ, отражающего тонус артерий малого калибра, характерны более высокие значения в бимастоидальной области относительно бифронтальной. Различие составило: у детей без асимметрии – 15,9% ($p < 0,01$); у левополушарных – на 13,9% ($p < 0,01$); у правополушарных здоровых школьников – на 6,0% ($p < 0,05$).

Значимых различий средних показателей ППСС и тонуса артерий большого и среднего калибра (МУ) у здоровых детей с разным типом асимметрии кровенаполнения полушарных бассейнов головного мозга не обнаружено ($p > 0,05$).

При выполнении информационной нагрузки у 52,7% детей не выявлено достоверного отличия в кровенаполнении (РИ) бассейнов правого и левого полушарий ($p > 0,05$), данные дети составили группу без асимметрии мозгового кровотока. Количество детей с левополушарной асимметрией – 22%, правополушарной – 25,3%

При индивидуальном анализе реакции кровенаполнения полушарных бассейнов головного мозга на выполнение информационной нагрузки установлено, что у 31,3% детей 8-11 лет интеллектуальная деятельность вызвала изменение асимметрии кровенаполнения бассейнов внутренней сонной артерии.

Мы выявили следующие виды изменения асимметрии мозгового кровотока: у лиц в фоне не имевших различия кровенаполнения бассейнов внутренней сонной артерии в нагрузке зарегистрировано лево- либо правосторонняя асимметрия; у некоторых детей 8-9 лет при выполнении информационной нагрузки зафиксирована симметризация амплитуды реоэнцефалограммы, при асимметрии кровенаполнения внутренних сонных артерий в состоянии спокойного бодрствования. По все видимости такая динамика асимметрии мозгового кровотока связана с тем, что данный период онтогенеза является временем активного созревания межполушарных связей.

Далее проводили анализ изменения реографических показателей при выполнении информационной нагрузки в зависимости от асимметрии кровенаполнения полушарий мозга (таблица 2).

Таблица 2

Показатели РЭГ детей при выполнении информационной нагрузки, (M±m)

Показатели РЭГ	Отведения			
	FM-L	FM-R	FF	MM
	Без асимметрии			
РИ, Ом	0,20±0,03	0,20±0,04	0,25±0,05	0,14±0,03
ИВО, %	25,39±1,15	19,99±1,44	18,85±1,08	30,72±1,37
ППСС, %	74,51±7,53	73,11±8,93	73,45±9,69	76,42±9,47
ВРПВ, мс	126,17±8,85	129,53±9,56	136,95±12,51	117,43±8,26
ДСИ, %	61,64±7,33	62,62±8,83	58,95±9,35	61,82±8,96
ДКИ, %	62,14±2,93	61,16±3,55	57,76±1,06	61,03±4,25
МУ, %	15,67±2,48	15,12±1,77	15,33±2,07	15,72±2,94
Левополушарная асимметрия				
РИ, Ом	0,18±0,03	0,15±0,03	0,20±0,04	0,13±0,03
ИВО, %	26,02±4,49	25,44±6,75	21,77±5,38	32,92±6,27
ППСС, %	74,29±7,53	73,98±8,93	73,91±9,69	76,74±9,47
ВРПВ, мс	119,05±14,95	118,48±15,94	128,61±14,92	109,89±15,00
ДСИ, %	63,80±7,33	65,32±8,83	62,78±9,35	70,27±8,96
ДКИ, %	61,14±8,08	60,34±9,73	59,78±10,32	62,46±7,66
МУ, %	16,62±1,80	16,48±1,65	16,45±1,77	15,92±1,85
Правополушарная асимметрия				
РИ, Ом	0,16±0,04	0,20±0,06	0,22±0,08	0,14±0,05
ИВО, %	29,25±6,69	25,73±4,69	25,00±4,65	32,06±8,33
ППСС, %	78,57±11,30	72,87±9,85	75,50±11,11	76,79±12,22
ВРПВ, мс	121,76±15,25	123,30±14,49	130,53±16,10	114,09±13,35
ДСИ, %	68,15±7,75	63,53±7,45	64,89±8,61	69,48±9,26
ДКИ, %	65,52±8,16	61,26±8,60	63,15±9,93	65,94±11,31
МУ, %	16,71±1,90	15,66±1,58	15,89±1,74	15,47±1,67

Дети с левополушарным типом мозговой гемодинамики при выполнении информационной нагрузки имеют меньший уровень кровенаполнения (РИ) в правом полушарии относительно левого (на 15%; $p<0,0001$), амплитуда реограммы в лобной зоне у них достоверно выше чем в бимастоидальной области на 38% ($p<0,0001$). ВРПВ FF выше ВРПВ MM на 15% ($p<0,0001$); показатель ИВО в бифронтальном бассейне ниже относительно бимастоидального (на 51%; $p<0,0001$), а значение ДСИ FF области достоверно ниже по сравнению с бассейном задних мозговых артерий на 12% ($p<0,0001$).

Достоверных отличий значений ППСС, ДКИ и МУ в рассматриваемых бассейнах кровоснабжения головного мозга у детей левополушарным типом гемодинамики в пробе нагрузка не зарегистрировано ($p>0,05$).

У школьников с правополушарной асимметрией мозгового кровотока при интеллектуальной деятельности также выявлено большее кровенаполнение фронтальной области мозга относительно мастоидальной (12,6%; $p < 0,01$). У данных детей значения ППСС и ДКИ в правом полушарии ниже по сравнению с левым (а именно, показатели ППСС - на 7,3%; $p < 0,01$, а ДКИ - на 6,5%; $p < 0,01$). Значение ИВО в левом полушарии выше на 12,0% ($p < 0,01$) относительно правого, а в мастоидальной области - выше на 28,3% ($p < 0,01$). Кроме того, показатель ДСИ, характеризующий тонус мелких вен, в правом полушарии у данных школьников ниже, чем в бассейне левого полушария на 6,8% ($p < 0,01$), а значение ДСИ во фронтальной области – ниже, чем в мастоидальной на 7% ($p < 0,05$) (табл. 17).

Интересно, что сравнение среднего значения коэффициентов асимметрии кровоснабжения полушарных бассейнов мозга детей с разными типами асимметрий не выявило достоверных отличий его величины между состоянием спокойного бодрствования и при информационной нагрузке (табл. 3).

Таблица 3

Средние значения коэффициента асимметрии кровоснабжения полушарных бассейнов головного мозга детей 8-11 лет.

Тип асимметрии	Фон	Информационная нагрузка
Без асимметрии	0,31±0,55	1,48±1,38
Левополушарный	10,24±1,90	8,66±2,32
Правополушарный	-10,03±3,53	-10,86±2,89

Полученные нами результаты реоэнцефалографического обследования детей с разной асимметрией мозговой гемодинамики согласуются с данными литературы, согласно которым в процессе выполнения умственной нагрузки происходит перераспределение функциональной активности полушарий. Увеличение трудности опознания формы изображения (тест на невербальное мышление) вызывает наиболее выраженные изменения вызванной биоэлектрической активности в правом полушарии [8]. При информационной нагрузке встречается симметризация кровенаполнения правого и левого бассейнов мозга. Что совпадает данным А.В. Грибанова (2009), показавшего, что межполушарная асимметрия энергозатрат мозга здоровых детей и детей с ММД при выполнении умственной работы практически отсутствует, что автор объясняет падением уровня постоянного потенциала в правом височном отведении [3].

Правое полушарие более реактивно в младшем школьном возрасте и обеспечивает внимание [10], что согласуется с полученными нами данными о меньшей реактивности бассейна левой внутренней сонной артерии при интеллектуальной деятельности.

Таким образом, нами показано, что большинство детей в возрастном диапазоне с 8 до 11 лет характеризуются как лица без асимметрии кровоснабжения бассейнов правой и левой внутренней сонной артерии. В зависимости от характера асимметрии мозгового кровенаполнения установлены особенности функциональной организации гемодинамических процессов мозга детей. Показано, что интеллектуальная деятельность (невербальное логическое задание) вызывает изменение типа асимметрии мозгового кровотока у части детей в возрасте 8-11 лет. Средние значения коэффициентов асимметрии кровенаполнения бассейнов правой и левой внутренней сонной артерии (по группам асимметрий) в состоянии спокойного бодрствования и при информационной нагрузке достоверно не различаются.

Литература:

1. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и предплечья у детей 5-9 лет // Физиология человека, 2001, Т.27, №5. - С.49-53
2. Безобразова В.Н., Зиненко Е.С. Функциональное состояние кровообращения головного мозга детей 5-летнего возраста // Альманах Новые исследования, №1, 2008. - с. 36-40.
3. Грибанов А.В. Методологические походы к изучению энергетического состояния головного мозга у детей с СДВГ./ В сб.: Очерки психофизиологии детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью. - Архангельск: Поморский университет, 2009. – С. 66-96
4. Долгих Г.Б. Цереброваскулярные дистонии у детей. – Казань: Медлитература, 2007 – 256 с.
5. Иванов Л.Б., Макаров В.А. Лекции по клинической реографии. – М.: МБН, 2000 – 319 с.
6. Костина Т.В. Особенности венозной недостаточности детей с патологией ЦНС // Дети со сложностями нарушения развития. Психофизиологические исследования / Под ред. Л.П. Григорьевой. – М.: Изд-во «Экзамен», 2006. – 352,с. (Серия «коррекционная педагогика») – с. 327-345.

7. Москаленко Ю.Е. Функциональное единство внутричерепных сосудистой, ликворной систем и биомеханических свойств черепа в механизме циркуляторного обеспечения деятельности головного мозга // Механизмы функционирования висцеральных систем: VII Всероссийская конференция с международным участием. Тезисы докладов. – СПб.: Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 2009. – 488 с., с. 298-299
8. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка/ под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: изд-во НПО «МОДЭК», 2009. – 432 с.
9. Росин Ю.А. Доплерография сосудов головного мозга у детей. – СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2006. – 120 с.
10. Сандомирский М.Е., Белгородский Л.С., Еникеев Д.А Периодизация психического развития с точки зрения онтогенеза функциональной асимметрии полушарий. // Современные проблемы физиологии и медицины. – Уфа: Башкирский гос. мед. университет, 1997. – С. 44-63