

УДК [616.831-005:616.89-008.47]-053.2-073

МЕЛЬКОВА Людмила Артемьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории кардио-респираторной системы института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 20 научных публикаций

ФЕДОТОВ Денис Михайлович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории кардио-респираторной системы института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 30 научных публикаций

БАГРЕЦОВА Татьяна Владимировна, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории кардио-респираторной системы института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 2 научных публикаций

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО КРОВОТОКА У ДЕТЕЙ 7-14 ЛЕТ С СИНДРОМОМ ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ И ГИПЕРАКТИВНОСТИ

В статье представлены особенности состояния церебрального кровотока, изученные методом реоэнцефалографии у 153 мальчиков 7-14 лет с синдромом дефицита внимания и гиперактивности. Показано, что с возрастом наблюдается реорганизация системы мозгового кровообращения. В каротидной и вертебробазиллярной областях с возрастом отмечается значимое снижение большинства амплитудных и временных реографических показателей. Выявлено значимое снижение величины и интенсивности кровотока как в каротидной, так и вертебробазиллярной областях головного мозга, улучшение венозного оттока, уменьшение явлений венозной дисгемии. Эти изменения скоростных показателей указывают на повышение тонуса сосудов распределения (крупного и среднего калибра), а значит, и улучшение их пропускной способности, что является важным фактором, оказывающим влияние на механизмы, регулирующие приток крови к головному мозгу. Установленные тенденции к повышению скорости медленного кровенаполнения в левом полушарии головного мозга и снижению в правом полушарии рассматриваются как компенсаторная реакция, связанная с функциональной доминантностью левого полушария у большинства людей. Полученные результаты согласуются с данными проведенных ранее исследований и свидетельствуют о возрастной физиологической экономизации мозгового кровообращения. Однако обращает на себя внимание факт сохранения функциональных отклонений в состоянии микроциркуляторного русла (повышенный тонус артериол, прекапилляров, посткапилляров, венул по сравнению с должными возрастными величинами). Данные

изменения согласуются с представлениями о функциональном развитии организма ребенка в онтогенезе и в большей степени связаны с процессами адаптации микроциркуляторного русла к метаболическим потребностям головного мозга детей с СДВГ.

Ключевые слова: младший и средний школьный возраст, мозговой кровоток, синдром дефицита внимания и гиперактивности.

Синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) – одна из наиболее распространенных форм психоневрологических расстройств у детей школьного возраста. Распространенность данной патологии в детской популяции по данным отечественных и зарубежных авторов варьируется от 7 до 24 % [1–5].

Несмотря на множество исследований, этиология и патогенез СДВГ изучены недостаточно. Среди патогенетических концепций его развития выделяют нейрофизиологическую, биохимическую, нейропсихологическую и генетическую теории, что в свою очередь предполагает возможность влияния множества факторов: раннее органическое поражение ЦНС, наследственная предрасположенность, нарушение катехоламинового обмена и т. д. [6–8]. Как показывают исследования других авторов, степень тяжести проявления СДВГ во многом зависят от уровня сформированности функциональных систем [2, 9, 10]. Несовершенство регуляторной функции центральной нервной системы у детей с СДВГ нередко способствует развитию функциональной неполноценности церебральной гемодинамики, отягощая течение данного расстройства.

Особенности организации и функционирования сосудистой системы головного мозга у детей определяют степень выраженности нарушений мозговой гемодинамики и зависят от их эластичности и пропускной способности. У детей с СДВГ система кровообращения имеет ряд морфологических и функциональных особенностей [3, 6, 9, 11–16]. Однако в настоящее время в литературных данных отсутствуют четкие представления о возрастных изменениях мозговой гемодинамики у детей с СДВГ, что диктует необходимость дальнейшего изучения данного вопроса.

Материалы и методы. Всего обследовано 153 мальчика с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью, из них 97 детей относились к возрастной группе младшего школьного возраста (7–10 лет), 56 – к группе среднего школьного возраста (11–14 лет).

С целью оценки состояния мозгового кровотока проводилась реоэнцефалография при помощи диагностического автоматизированного комплекса «Валента+». Это позволило оценить интенсивность кровенаполнения, состояния тонуса и эластичности мозговых сосудов, а также венозного оттока [17, 18]. На основе реоэнцефалограмм с фронто-мастоидальным (F-M) и окципито-мастоидальным (O-M) расположением электродов в симметричных зонах кровоснабжения внутренних сонных и позвоночных артерий вычислялись следующие показатели: амплитуда систолической волны (M, мОм), максимум артериальной компоненты (A, мОм), максимум венозной компоненты (B, мОм), уровень максимальной крутизны анакроты (K, мОм), уровень инцизуры (И, мОм), высота дикротической волны (Д, мОм), интегральный показатель наполнения пульса (S, у.е.), реографический индекс (РИ, у.е.), амплитудно-частотный показатель (АПЧ, 1/с), относительный объемный пульс (Pr, %), время максимального систолического наполнения сосудов (α , с), время быстрого наполнения (α_1 , с), время медленного наполнения (α_2 , с), модуль упругости (МУ, %), временной показатель сосудистого тонуса (ВПСТ, у.е.), амплитудный показатель сосудистого тонуса (АПСТ, у.е.), средняя скорость наполнения сосудов ($V_{ср}$, Ом/с), скорость быстрого наполнения ($V_б$, Ом/с), скорость медленного наполнения ($V_м$, Ом/с), средняя скорость

нарастания венозной компоненты (V_v , Ом/с), средняя скорость убывания на последней четверти сердечного цикла ($V_{ув}$, Ом/с), венозный отток (ВО, %), дикротический индекс (ДКИ), индекс периферического сопротивления (ИПС), диастолический индекс (ДСИ).

Регистрация показателей мозговой гемодинамики осуществлялась в первой половине дня в состоянии относительного покоя в положении испытуемого сидя.

Статистический анализ полученных результатов проводили с помощью пакета программ «SPSS 21.0». Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро-Уилка. В случае нормального распределения результаты представляли в виде среднего значения (M) и стандартного отклонения (s), при ненормальном – в виде медианы (Me) и первого (Q_1) и третьего (Q_3) квартилей. При нормальном распределении применяли двухвыборочный t -критерий Стьюдента для независимых выборок, при ненормальном – критерий Мана-Уитни, для непараметрических данных использовали критерий χ^2 . Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в исследовании принимали $p < 0,05$.

Результаты. При проведении сравнительного анализа реоэнцефалограмм у детей младшего и среднего школьного возраста выявлены следующие статистически значимые различия (см. таблицу). Так, в каротидной области с возрастом отмечается снижение всех амплитудных реографических показателей: амплитуды систолической волны (M) слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$); максимума артериальной компоненты (A) слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$); максимума венозной компоненты (B) слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$); уровня максимальной крутизны анакроты (K) слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$); уровня инцизуры (I) слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$); высоты дикротической волны (D) слева ($p = 0,001$) и справа ($p = 0,000$). В вертебробазиллярной области с возрастом также отмечалось значимое снижение данных показателей: M справа ($p = 0,044$); A справа ($p = 0,019$); B слева ($p = 0,012$) и справа ($p = 0,013$);

I слева ($p = 0,003$) и справа ($p = 0,004$); D справа ($p = 0,030$).

Временные показатели реографической волны также значимо снижались с возрастом: в каротидной области время распространения револны (α) слева ($p = 0,002$) и справа ($p = 0,001$); время медленного наполнения (α_2) слева ($p = 0,001$) и справа ($p = 0,001$); в вертебробазиллярной области α ниже слева ($p = 0,020$) и справа ($p = 0,010$); α_2 ниже слева ($p = 0,002$) и справа ($p = 0,007$). Время быстрого кровенаполнения (α_1) с возрастом значимо не изменяется.

При оценке расчетных показателей мозговой гемодинамики установлено, что с возрастом у детей с дефицитом внимания и гиперактивностью отмечается значимое снижение кровенаполнения сосудов головного мозга в каротидной области: реографический индекс (РИ) ниже слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$); относительный объемный пульс (Pr) слева ($p = 0,006$) и справа ($p = 0,000$); амплитудно-частотный показатель (АЧП) слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$); в вертебробазиллярной области РИ ниже справа ($p = 0,022$); АЧП справа ($p = 0,003$); Pr ($p = 0,002$), а слева данные показатели имели тенденцию к снижению. Также выявлено значимое снижение интегрального показателя наполнения пульса (S) в бассейнах внутренних сонных артерий слева ($p = 0,000$), справа ($p = 0,000$) и позвоночных артерий слева ($p = 0,048$) и справа ($p = 0,011$).

С возрастом значимо повышается величина временного показателя сосудистого тонуса (ВПСТ) как в бассейне внутренних сонных артерий слева ($p = 0,003$) и справа ($p = 0,009$), так и в бассейне позвоночных артерий слева ($p = 0,006$) и справа ($p = 0,006$). Величина амплитудного показателя сосудистого тонуса (АПСТ) значимо повышается только в бассейне правой позвоночной артерии ($p = 0,035$).

Оценка тонуса сосудов распределения и сопротивления осуществлялась по скоростным показателям. С возрастом выявлялась тенденция к снижению средней скорости кровотока ($V_{ср}$) справа и тенденция к повышению слева в бассейнах внутренней сонной и позвоночной

артериях. Отмечалось значимое снижение скорости быстрого кровенаполнения (V_b) в каротидной области слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$), а в вертебробазиллярной области – тенденция к снижению. Скорость медленного кровенаполнения (V_m) имела тенденцию к повышению в левых и снижению в правых отделах головного мозга.

Также с возрастом значимо снижаются и показатели, характеризующие состояние микроциркуляторного русла: дикротический индекс (ДКИ) в бассейне внутренних сонных артерий слева ($p = 0,013$) и справа ($p = 0,006$) и в бассейне левой позвоночной артерии ($p = 0,006$); индекс периферического сопротивления (ИПС) в каротидной области слева ($p = 0,008$) и справа ($p = 0,007$), в вертебробазиллярной области слева ($p = 0,005$) и справа ($p = 0,008$). Значимых изменений диастолического индекса (ДСИ) с возрастом не выявлено.

При оценке венозного звена церебрального кровотока установлено значимое снижение средней скорости нарастания венозной компоненты (V_v) в бассейне внутренних сонных артерий слева ($p = 0,027$) и справа ($p = 0,000$); в бассейне левой позвоночной артерии ($p = 0,035$). Одновременно снижается средняя скорость убывания венозной компоненты на последней четверти сердечного цикла ($V_{ув}$) в каротидной области слева ($p = 0,000$) и справа ($p = 0,000$); в вертебробазиллярной области слева ($p = 0,033$) и справа ($p = 0,010$). Показатель венозного оттока (ВО) с возрастом значимо не изменялся.

Обсуждение. При сравнительном анализе показателей мозгового кровообращения у детей с СДВГ младшего и среднего школьного установлены следующие особенности. Отмечается снижение амплитудных показателей револн в каротидной области: М – слева на 16,9 % и справа на 23,4 %; А – слева на 15,1 % и справа на 22,5 %; В – слева на 13,7 % и справа на 26,5 %; К – слева на 18,1 % и справа на 24,2 %; И – слева на 18,8 % и справа на 27,2 %; Д – слева на 10,9 % и справа на 24,5 %. В вертебробазиллярной области данные показатели также значимо снижались:

М – слева на 16,5 % и справа на 23,7%; А – слева на 16,5 % и справа на 21,1 %; В – слева на 24,6 % и справа на 21,5 %; К – слева на 14,9 % и справа на 15,2 %; И – слева на 30,5 % и справа на 21,5 %; Д – слева на 20,8 % и справа на 17,8 %.

Данные изменения амплитудных показателей свидетельствуют о том, что с возрастом у детей с нарушением внимания и гиперактивностью отмечается снижение наполняемости сосудов крупного, среднего и мелкого калибра, которые зависят от центральной и региональной гемодинамики, а также снижение тонуса венул и вен. Полученные результаты согласуются с данными проведенных ранее исследований и свидетельствуют о возрастной физиологической экономизации мозгового кровообращения [19].

Одновременно с амплитудными отмечено снижение и временных показателей револн, в каротидной области значимо снижаются α слева на 15,4 % и справа на 15,4 %; α_2 слева на 27,3 % и справа на 20,0 %. В вертебробазиллярной области α значимо снижается слева на 25,0 % и справа на 26,7 %; α_2 слева на 23,1 % и справа на 25,0 %. Время быстрого кровенаполнения (α_1) с возрастом не изменяется.

Изменение времени максимального систолического наполнения сосудов указывает на снижение тонуса и эластичности артерий с преобладающим снижением тонуса сосудов сопротивления при сохранении тонуса сосудов распределения, что в свою очередь может свидетельствовать о снижении кровотока на микроциркуляторном уровне.

Среди показателей, характеризующих интенсивность мозгового кровотока, наибольшего внимания заслуживают РИ, АЧП, Рг, которые с возрастом значимо снижались. Так, в каротидной области РИ снизился слева на 15,5 % и справа на 25,1 %; АЧП слева на 17,0 % и справа на 25,8 %; Рг слева на 12,5 % и справа на 21,1 %. В вертебробазиллярной области РИ снизился в бассейне правой позвоночной артерии на 24,1 %, АЧП на 20,5 %, Рг на 22,4 %. В бассейне левой позвоночной артерии

ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО КРОВОТОКА У ДЕТЕЙ 7-14 ЛЕТ
С СИНДРОМОМ ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ И ГИПЕРАКТИВНОСТИ

Показатели	Группы	FM лев	FM прав	OM лев	OM прав
M ^{1,2} , мОм	М.ш.в.	219,04 ± 52,80	214,30 (187-262,00)	134,90 (103,80-185,15)	136,30 (92,30-178,05)
	С.ш.в.	182,72 ± 41,16***	164,10 (146,40-216,80)***	112,60 (80,45-191,95)	104,05 (79,33-157,03)*
A ^{1,2} , мОм	М.ш.в.	212,91 ± 52,74	210,50 (180,55-259,20)	131,90 (99,15-178,00)	129,00 (85,35-174,65)
	С.ш.в.	180,69 ± 39,84***	163,15 (145,68-219,03)***	110,15 (80,63-178,88)	101,75 (77,88-143,33)*
B ² , мОм	М.ш.в.	180,00 (155,30-227,10)	186,60 (160,45-229,70)	117,10 (92,40-160,40)	109,20 (78,25-161,25)
	С.ш.в.	155,30 (118,35-183,35)***	137,15 (119,15-188,75)***	88,30 (68,30-154,93)*	85,75 (68,75-133,78)*
K ² , мОм	М.ш.в.	86,40 (67,25-102,95)	86,90 (73,10-106,80)	51,10 (37,15-70,70)	48,90 (33,60-65,60)
	С.ш.в.	70,80 (61,45-85,35)***	65,90 (59,18-87,65)***	43,50 (31,80-70,38)	41,45 (33,65-60,63)
I ² , мОм	М.ш.в.	165,40 (137,95-215,45)	173,90 (144,25-214,85)	108,80 (84,40-152,85)	100,90 (69,10-150,80)
	С.ш.в.	134,25 (105,88-168,98)***	126,60 (108,23-170,03)***	75,65 (59,30-135,18)**	79,20 (58,60-122,08)**
D ² , мОм	М.ш.в.	170,20 (145,50-215,70)	177,30 (150,30-228,10)	115,70 (89,15-159,60)	106,30 (78,25-152,95)
	С.ш.в.	151,70 (114,90-177,23)***	133,85 (122,10-182,33)***	91,60 (70,35-154,43)	87,35 (68,65-134,90)*
S ^{1,2} , у.е.	М.ш.в.	118,89 ± 31,43	118,20 (101,54-145,03)	76,12 (58,47-102,25)	72,50(51,40-102,21)
	С.ш.в.	96,10 ± 28,24***	90,45 (80,66-107,96)***	63,19 (43,78-103,45)*	56,60 (45,44-89,26)*
PI ^{1,2} , у.е.	М.ш.в.	2,19 ± 0,53	2,19 (1,89-2,64)	1,35 (1,04-1,85)	1,37 (0,93-1,78)
	С.ш.в.	1,85 ± 0,48***	1,64 (1,47-2,17)***	1,13 (0,82-1,92)	1,04 (0,80-1,57)*
АНП ^{1,2} , 1/с	М.ш.в.	2,88 ± 0,73	2,98 (2,53-3,53)	1,77 (1,33-2,38)	1,71 (1,25-2,56)
	С.ш.в.	2,39 ± 0,70***	2,21 (1,86-2,80) ***	1,54 (1,12-2,48)	1,36 (1,05-1,96)**
PГ ²	М.ш.в.	0,88 (0,73-1,09)	0,95 (0,75-1,13)	0,68 (0,54-0,94)	0,67 (0,47-0,98)
	С.ш.в.	0,77 (0,65-0,91)**	0,75 (0,63-0,94)***	0,64 (0,41-0,97)	0,52 (0,38-0,69)**
α ² , с	М.ш.в.	0,13 (0,11-0,18)	0,13 (0,10-0,19)	0,16 (0,11-0,20)	0,15 (0,11-0,19)
	С.ш.в.	0,11 (0,10-0,15)**	0,11 (0,10-0,13)***	0,12 (0,10-0,18)*	0,11 (0,09-0,16)**
α 1 ² , с	М.ш.в.	0,03 (0,03-0,03)	0,03 (0,03-0,03)	0,03 (0,03-0,03)	0,03 (0,02-0,03)
	С.ш.в.	0,03 (0,03-0,03)	0,03 (0,03-0,03)	0,03 (0,03-0,03)	0,03 (0,02-0,03)
α2 ² , с	М.ш.в.	0,11 (0,08-0,15)	0,10 (0,07-0,16)	0,13 (0,08-0,17)	0,12 (0,08-0,17)
	С.ш.в.	0,08 (0,07-0,12)***	0,08 (0,07-0,10)***	0,10 (0,07-0,14)**	0,09 (0,07-0,13)**

Окончание таблицы

Показатели	Группы	ФМ лев	ФМ прав	ОМ лев	ОМ прав
МУ ³ , %	М.ш.в.	18,00 (14,00-23,00)	17,00 (14,00-23,00)	20,00 (14,00-26,00)	19,00 (13,50-27,00)
	С.ш.в.	15,00 (12,00-18,00)	14,00 (12,00-17,00)	17,00 (12,00-21,00)	15,00 (12,00-20,00)
ВПСТ ²	М.ш.в.	0,34 (0,25-0,40)	0,31 (0,22-0,39)	0,26 (0,17-0,34)	0,25 (0,19-0,35)
	С.ш.в.	0,39 (0,30-0,43)**	0,37 (0,31-0,42)**	0,32 (0,22-0,37)**	0,33 (0,25-0,38)**
АПСТ ²	М.ш.в.	0,41 (0,39-0,42)	0,41 (0,39-0,42)	0,38 (0,35-0,40)	0,38 (0,35-0,41)
	С.ш.в.	0,41 (0,39-0,42)	0,41 (0,39-0,43)	0,39 (0,36-0,41)	0,40 (0,37-0,42)*
V _{ср} ² , Ом/с	М.ш.в.	1,56 (1,19-2,27)	1,70 (1,24-2,18)	0,96 (0,63-1,54)	0,97 (0,60-1,38)
	С.ш.в.	1,60 (1,15-1,95)	1,55 (1,32-2,04)	1,04 (0,76-1,42)	0,92 (0,69-1,32)
V _б ² , Ом/с	М.ш.в.	2,96 (2,31-3,45)	3,09 (2,65-3,67)	1,86 (1,42-2,62)	1,95 (1,39-2,70)
	С.ш.в.	2,35 (2,05-2,86)***	2,43 (2,05-3,09)***	1,67 (1,24-2,64)	1,68 (1,21-2,41)
V _м ² , Ом/с	М.ш.в.	1,23 (0,89-1,85)	1,33 (0,93-1,79)	0,76 (0,49-1,17)	0,78 (0,47-1,09)
	С.ш.в.	1,32 (0,93-1,58)	1,23 (1,04-1,65)	0,86 (0,61-1,16)	0,75 (0,55-1,14)
V _в ² , Ом/с	М.ш.в.	1,61 (1,13-2,14)	1,51 (1,14-2,14)	0,96 (0,65-1,78)	1,00 (0,57-1,40)
	С.ш.в.	1,24 (0,92-1,80)*	1,13 (0,86-1,51)***	0,86 (0,51-1,27)*	0,76 (0,54-1,24)
V _{ув} ² , Ом/с	М.ш.в.	0,33 (0,25-0,40)	0,35 (0,27-0,41)	0,22 (0,17-0,33)	0,24 (0,16-0,33)
	С.ш.в.	0,26 (0,18-0,33)***	0,25 (0,16-0,34)***	0,18 (0,11-0,30)*	0,16 (0,13-0,28)**
ВО ³ , %	М.ш.в.	23,00 (18,00-27,00)	24,00 (19,00-27,00)	23,00 (18,00-29,00)	26,00 (20,00-32,00)
	С.ш.в.	21,00 (17,00-24,75)	22,00 (18,00-27,00)	22,50 (16,00-28,00)	25,50 (18,25-32,00)
ДКИ ²	М.ш.в.	0,82 (0,71-0,87)	0,82 (0,74-0,87)	0,83 (0,74-0,90)	0,82 (0,76-0,89)
	С.ш.в.	0,76 (0,66-0,84)*	0,76 (0,65-0,83)**	0,77 (0,62-0,85)**	0,78 (0,64-0,87)
ИПС ^{1,2}	М.ш.в.	2,04 (1,72-2,25)	1,99 ± 0,34	2,25 ± 0,56	2,16 ± 0,52
	С.ш.в.	1,86 (1,60-2,10)**	1,84 ± 0,32**	1,99 ± 0,47**	1,94 ± 0,48**
ДСИ ²	М.ш.в.	0,84 (0,76-0,89)	0,83 (0,77-0,89)	0,87 (0,77-0,84)	0,87 (0,75-0,92)
	С.ш.в.	0,81 (0,73-0,89)	0,83 (0,73-0,89)	0,86 (0,72-0,92)	0,89 (0,74-0,96)

Примечания: сравнение показателей у детей младшего и среднего школьного возраста осуществлялось: ¹ – параметрическим двухвыборочным критерием Стьюдента для независимых выборок, $M \pm s$, ² – критерием Манна-Уитни, $Med (Q_1-Q_3)$, ³ – критерием χ^2 Пирсона; звездочками отмечены статистически значимы отличия между детьми младшего и среднего школьного возраста: * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$.

отмечалась тенденция к снижению РИ, АЧП и Pr (рис. 1).

У детей среднего школьного возраста по сравнению с младшими школьниками также

Кроме того, с возрастом значимо возрос ВПСТ в бассейне внутренних сонных артерий слева на 14,7 % и справа на 19,4 %; в бассейне позвоночных артерий слева на 23,1 % и справа

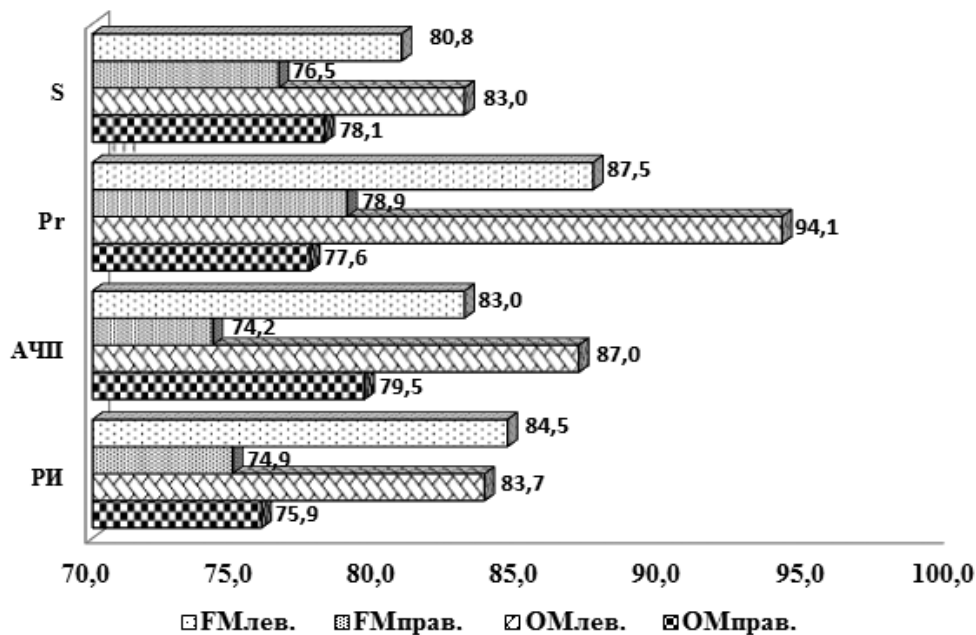


Рис. 1. Показатели величины и интенсивности кровотока у мальчиков среднего школьного возраста с СДВГ в сравнении с детьми младшего школьного возраста с СДВГ: за 100 % приняты значения показателей мальчиков младшего школьного возраста; звездочками обозначена статистическая значимость различий между показателями: * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$

значимо снизился интегральный показатель наполнения пульса (S) в бассейне внутренних сонных артерий слева на 19,2 % и справа на 23,5 %, а в бассейне позвоночных артерий – на 17,0 и 21,9 % соответственно, что также подтверждает тенденцию к снижению интенсивности кровенаполнения церебральных сосудов.

Значимых изменений значений модуля упругости, характеризующего эластико-тонические свойства сосудов, с возрастом не выявлено. Однако отмечается тенденция к его снижению в бассейнах внутренних сонных (слева на 16,7 %, справа на 17,6 %) и позвоночных артерий (слева на 15,0 %, справа на 21,1 %).

на 32,0 %. Величина АПСТ значимо повысилась в области правой позвоночной артерии на 5,3 %; в бассейнах внутренних сонных и левой позвоночной артерий значимых изменений не выявлено (рис. 2). Выявленные изменения также подтверждают отмеченное ранее снижение тонуса сосудов сопротивления. Стоит обратить внимание на тот факт, что у детей младшего школьного возраста тонус сосудов сопротивления значительно превышает возрастные нормы и отмечаемое его снижение следует рассматривать как благоприятную тенденцию, свидетельствующую об улучшении микроциркуляции.

С помощью скоростных показателей наполнения можно оценить состояние тонуса цере-

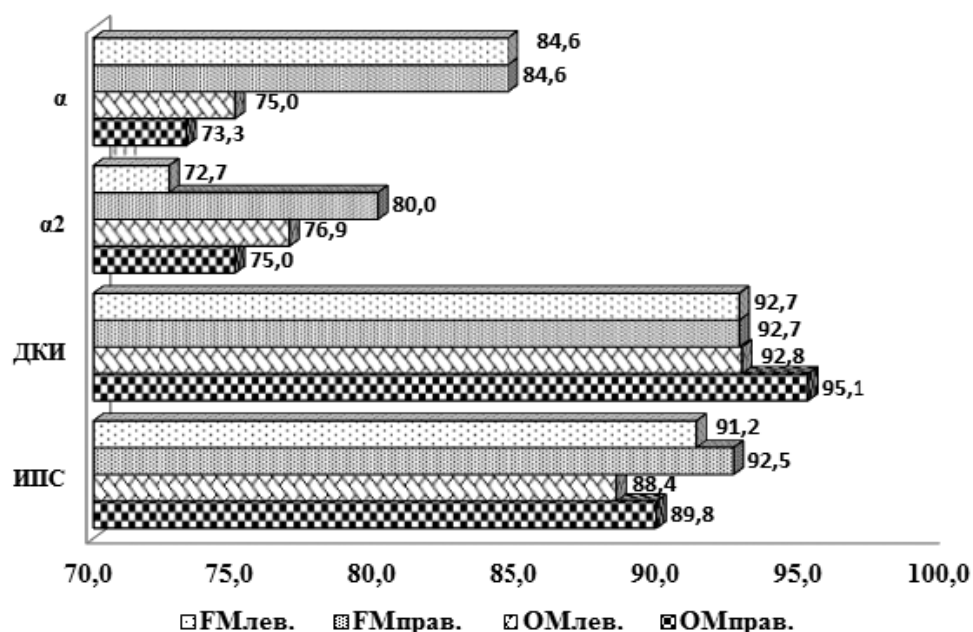


Рис. 2. Показатели состояния микроциркуляторного компонента церебрального кровотока у мальчиков среднего школьного возраста с СДВГ в сравнении с детьми младшего школьного возраста с СДВГ: за 100 % приняты значения показателей мальчиков младшего школьного возраста; звездочками обозначена статистическая значимость различий между показателями: * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$

бральных сосудов. У детей с СДВГ с возрастом значимых изменений $V_{ср}$ и V_m не выявлено. Вместе с тем отмечались разнонаправленные тенденции к изменению данных показателей в левом и правом полушариях головного мозга. Так, $V_{ср}$ повышалась в бассейне внутренних сонных артерий слева на 2,6 % и снижалась справа на 8,8 %, а в бассейне позвоночных артерий повышалась слева на 8,3 % и снижалась справа на 5,2 %. V_m в каротидной области повышалась слева на 7,3 % и снижалась справа на 7,5 %, в вертебробазиллярной области повышалась слева на 13,2 % и снижалась слева на 3,8 %. $V_{ср}$ значительно снижалась в каротидной области слева на 20,6 % и справа на 21,4 %, а в вертебробазиллярной области отмечается тенденция к снижению слева на 10,2 % и справа на 13,8 %. Изменения скоростных показателей свидетельствуют о повышении тонуса сосудов распределения, а значит, и улучшении их пропускной способности, что является важным

фактором, оказывающим влияние на механизмы, регулирующие приток крови к головному мозгу. Тенденция к повышению скорости медленного кровенаполнения в левом полушарии головного мозга и снижение в правом полушарии в исследуемых сосудах мы рассматриваем как компенсаторную реакцию, связанную с функциональной доминантностью левого полушария у большинства людей.

К показателям, характеризующим состояние микроциркуляторного русла, также относятся DKI, ДСИ и ИПС. Анализ полученных результатов показал, что с возрастом у детей с СДВГ значительно снизилась величина DKI в бассейне внутренних сонных артерий слева на 7,3 % и справа на 7,3 %; а в бассейне позвоночных артерий слева на 7,2 % и справа отмечалась тенденция к снижению на 4,9 %. Одновременно с этим отмечается значимое снижение ИПС в каротидной области слева на 8,8 % и справа на 7,5 %; в вертебробазиллярной области

слева на 11,6 % и справа на 10,2 %. ДСИ имел тенденцию к снижению в каротидной области слева на 3,6 %; в вертебробазилярной области повысился справа на 2,3 %. Данные изменения свидетельствуют о снижении тонуса сосудов микроциркуляторного русла. Обращает на себя внимание тот факт, что значения ДКИ, ИПС и ДСИ превышают должные нормативы в обеих возрастных группах. Таким образом, мы можем констатировать отличительную особенность церебрального кровообращения у детей с СДВГ в виде сохранения повышенного тонуса артериол, прекапилляров, посткапилляров, мелких вен и венул, что также подтверждается данными других исследователей [6, 10, 20].

Выявленные изменения состояния микроциркуляторного русла в свою очередь могут приводить к развитию компенсаторных изменений венозной составляющей кровотока головного мозга у детей в процессе роста и развития.

При оценке венозного звена церебрального кровотока отмечается значимое снижение средней скорости нарастания венозной компоненты (V_v) в бассейне внутренних сонных артерий слева на 23,0 % и справа на 25,2 % и в бассейне левой позвоночной артерии на 10,4 % и тенденция к ее снижению в бассейне правой позвоночной артерии на 24,0 %. Одновременно снижается средняя скорость убывания венозной компоненты на последней четверти сердечного цикла ($V_{ув}$) в каротидной области слева на 21,2 % и справа на 28,6 %; в вертебробазилярной области слева на 18,2 % и справа на 33,3 %. Снижение скорости нарастания венозной компоненты кровотока свидетельствует о снижении скорости оттока из артериального русла в венулы, что в свою очередь объясняется снижением тонуса сосудов сопротивления.

При оценке возрастной динамики показателей венозного оттока отмечается тенденция к снижению его величины в каротидной области слева на 8,7 % и справа на 8,3 %, а в вертебро-

базилярной области слева на 2,2 % и справа на 3,8 %. В то же время показатели венозного оттока у детей младшего и среднего школьного возраста превышали средние значения нормы. Данные изменения венозного оттока позволяют говорить об оптимизации развития и функционирования центральной нервной системы у детей с СДВГ в процессе роста и развития.

Заключение. Таким образом, в результате исследования выявлены следующие возрастные особенности мозгового кровообращения у детей с СДВГ. У мальчиков среднего школьного возраста, по сравнению с младшими школьниками отмечается значимое снижение артериального притока, пульсового кровенаполнения сосудов головного мозга в каротидной и вертебробазилярной областях с одновременным тоническим напряжением мозговых артерий крупного и среднего калибра и улучшение микроциркуляции, а значит, и улучшение венозного оттока из артериального русла в венулы. Полученные с помощью реоэнцефалографии данные об изменении артериальной и венозной гемодинамики свидетельствуют, по всей вероятности, об оптимизации организации системы мозгового кровообращения, что проявляется снижением остроты и (или) исчезновением клинических симптомов СДВГ у детей. Данные изменения согласуются с представлениями о функциональном развитии организма ребенка в онтогенезе и в большей степени связаны с процессами адаптации микроциркуляторного русла к метаболическим потребностям головного мозга детей с СДВГ.

Однако обращает на себя внимание факт сохранения функциональных отклонений в состоянии микроциркуляторного русла (повышенный тонус артериол, прекапилляров, посткапилляров, венул по сравнению с должными возрастными величинами), что может рассматриваться как один из критериев сохранения данного синдрома даже при исчезновении его клинических проявлений.

Список литературы

1. Глозман Ж.М. Нейропсихология детского возраста. М., 2009. 272 с.
2. Заваденко Н.Н. Синдром дефицита внимания и гиперактивности: новое в диагностике и лечении // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2014. № 1. С. 31–39.
3. Касатикова Е.В., Брызгунов И.П. Характеристика детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью // Педиатрия. 2001. № 2. С. 40–42.
4. Foreman D.M. Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Legal and Ethical Aspects // Archives of Disease in Childhood. 2006. Vol. 91 (2). P. 192–194.
5. Guiding Principles for the Diagnosis and Treatment of Attention Deficit / Hyperactivity Disorder. Washington, 2006. P. 12.
6. Мубаракишина А.Р. Ультразвуковая доплерографическая оценка церебрального кровотока у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Казань, 2009. 23 с.
7. Семаго Н.Я., Семаго М.М. Проблемные дети: основы диагностической и коррекционной работы психолога. М., 2003. 208 с.
8. Kim B.N., Lee J.S., Shin M.S. et al. Regional Cerebral Perfusion Abnormalities in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. Statistical Parametric Mapping Analysis // Eur. Arch. Psychiatry Clin. Neurosci. 2002. Vol. 252 (5). P. 219–225.
9. Белоусова Е.Д., Никонова М.Ю. Синдром дефицита внимания / гиперактивности // Рос. Вестн. перинатологии и педиатрии. 2000. № 3. С. 39–42.
10. Amen D.G., Carmichael B.D. High-Resolution Brain SPECT Imaging in ADHD // Ann. Clin. Psychiatry. 1997. Vol. 9, № 2. P. 81–86.
11. Грибанов А.В., Мелькова Л.А., Старцева Л.Ф. Мозговая гемодинамика у гиперактивных детей с дефицитом внимания // Экология человека. 2013. № 10. С. 49–54.
12. Грибанов А.В., Мелькова Л.А., Федотов Д.М. Мозговая гемодинамика у детей 11-14 лет с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2014. № 3. С. 16–26.
13. Дьяконова Е.Н. Последствия легкого перинатального гипоксически-ишемического поражения головного мозга у детей 3–12 лет: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Иваново, 2009. 41 с.
14. Животова В.А. Сравнительный анализ реоэнцефалографических показателей детей в норме и при минимальных мозговых дисфункциях: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов н/Д., 2012. 24 с.
15. Заломихина И.Ю. Синдром дефицита внимания с гиперактивностью у детей // Логопед. 2007. № 3. С. 33–39.
16. Тухбатуллин М.Г., Мубаракишина А.Р., Сафуиллина Л.Р., Зайкова М.Ф., Белоусова М.В. Ультразвуковое исследование в оценке церебрального кровотока у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2008. № 1. С. 78–84.
17. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: рук-во для врачей, 5-е изд. М., 2013. 488 с.
18. Ронкин М.А., Иванов Л.Б. Реография в клинической практике. М., 1997. 403 с.
19. Железкова А.А., Скоробогатов Ю.Ю., Филатова О.В. Возрастные особенности линейной и объемной скорости кровотока во внутренних сонных артериях // Изв. Алт. гос. ун-та. 2010. № 3(2). С. 29–34.
20. Батуева Ю.В. Особенности нервно-психического развития, церебральной гемодинамики и микроциркуляции у детей 5–9 лет с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Иваново, 2008. 18 с.

References

1. Glozman Zh.M. *Neuropsychologiya detskogo vozrasta* [Neuropsychology of Childhood]. Moscow, 2009. 272 p.
2. Zavadenko N.N. *Sindrom defitsita vnimaniya i giperaktivnosti: novoe v diagnostike i lechenii* [Attention Deficit Hyperactivity Disorder: New Developments in Diagnosis and Treatment]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2014, no. 1, pp. 31–39.

3. Kasatikova E.V., Bryazgunov I.P. Kharakteristika detey s sindromom defitsita vnimaniya i giperaktivnost'yu [Description of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. *Pediatriya*, 2001, no. 2, pp. 40–42.
4. Foreman D.M. Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Legal and Ethical Aspects. *Archives of Disease in Childhood*, 2006, vol. 91 (2), pp. 192–194.
5. *Guiding Principles for the Diagnosis and Treatment of Attention Deficit / Hyperactivity Disorder*. Washington, 2006, p. 12.
6. Mubarakshina A.R. *Ul'trazvukovaya doplerograficheskaya otsenka tserebral'nogo krovotoka u detey s sindromom defitsita vnimaniya i giperaktivnost'yu*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk [Ultrasonic Dopplerography of Cerebral Blood Flow in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Kazan, 2009. 23 p.
7. Semago N.Ya., Semago M.M. *Problemy deti: osnovy diagnosticheskoy i korrektsionnoy raboty psikhologa* [Problem Children: The Fundamentals of Diagnosis and Remediation for Psychologists]. Moscow, 2003. 208 p.
8. Kim B.N., Lee J.S., Shin M.S., et al. Regional Cerebral Perfusion Abnormalities in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. Statistical Parametric Mapping Analysis. *Eur. Arch. Psychiatry Clin. Neurosci.*, 2002, vol. 252 (5), pp. 219–225.
9. Belousova E.D., Nikonova M.Yu. Sindrom defitsita vnimaniya / giperaktivnosti [Attention Deficit/Hyperactivity Disorder]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii*, 2000, no. 3, pp. 39–42.
10. Amen D.G., Carmichael B.D. High-Resolution Brain SPECT Imaging in ADHD. *Ann. Clin. Psychiatry*, 1997, vol. 9, no. 2, pp. 81–86.
11. Gribanov A.V., Mel'kova L.A., Startseva L.F. Mozgovaya gemodinamika u giperaktivnykh detey s defitsitom vnimaniya [Cerebral Hemodynamics in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. *Ekologiya cheloveka*, 2013, no. 10, pp. 49–54.
12. Gribanov A.V., Mel'kova L.A., Fedotov D.M. Mozgovaya gemodinamika u detey 11–14 let s sindromom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu [Cerebral Hemodynamics in Children Aged 11–14 Years with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2014, no. 3, pp. 16–26.
13. D'yakonova E.N. *Posledstviya legkogo perinatal'nogo gipoksicheski-ishemicheskogo porazheniya golovno mozga u detey 3–12 let*: avtoref. dis. ... d-ra med. nauk [The Consequences of a Minor Perinatal Hypoxic-Ischemic Brain Injury in Children Aged 3–12 Years: Dr. Med. Sci. Diss. Abs.]. Ivanovo, 2009. 41 p.
14. Zhivotova V.A. *Sravnitel'nyy analiz reoentsefalograficheskikh pokazateley detey v norme i pri minimal'nykh mozgovykh disfunktsiyakh*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [A Comparative Analysis of Rheoencephalographic Parameters in Healthy Children and Those with Minimal Brain Dysfunctions: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Rostov-on-Don, 2012. 24 p.
15. Zalomikhina I.Yu. Sindrom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu u detey [Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Children]. *Logoped*, 2007, no. 3, pp. 33–39.
16. Tukhbatullin M.G., Mubarakshina A.R., Safuillina L.R., Zaykova M.F., Belousova M.V. Ul'trazvukovoe issledovanie v otsenke tserebral'nogo krovotoka u detey s sindromom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu [Ultrasound in Cerebral Blood Flow Evaluation in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*, 2008, no. 1, pp. 78–84.
17. Zenkov L.R., Ronkin M.A. *Funktsional'naya diagnostika nervnykh bolezney* [Functional Diagnosis of Neuropathology]. 5th ed. Moscow, 2013. 488 p.
18. Ronkin M.A., Ivanov L.B. *Reografiya v klinicheskoy praktike* [Rheography in Clinical Practice]. Moscow, 1997. 403 p.
19. Zhelezkova A.A., Skorobogatov Yu.Yu., Filatova O.V. Vozrastnye osobennosti lineynoy i ob'emnoy skorosti krovotoka vo vnutrennikh sonnykh arteriyakh [Age-Related Features of Linear and Volume Velocity of Blood Flow in Internal Carotid Arteries]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2010, no. 3 (2), pp. 29–34.
20. Batueva Yu.V. *Osobennosti nervno-psikhicheskogo razvitiya, tserebral'noy gemodinamiki i mikrotsirkulyatsii u detey 5–9 let s sindromom defitsita vnimaniya i giperaktivnost'yu*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk [Peculiarities of Mental Development, Cerebral Hemodynamics and Microcirculation in Children Aged 5–9 Years with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Ivanovo, 2008. 18 p.

Melkova Lyudmila Artemyevna

Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russia)

Fedotov Denis Mikhailovich

Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russia)

Bagretsova Tatyana Vladimirovna

Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russia)

COMPARATIVE ANALYSIS OF CEREBRAL BLOOD FLOW IN 7–14-YEAR-OLD CHILDREN WITH ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER

The paper studied cerebral blood flow using rheoencephalography in 153 boys aged 7–14 years with attention deficit hyperactivity disorder. We show that with age cerebral circulation undergoes reorganization. In the carotid and vertebrobasilar areas we observed a significant decrease in the majority of rheographic time and amplitude indicators. A significant reduction in the blood flow rate and intensity as well as improved venous outflow and circulation were observed in the carotid and vertebrobasilar areas. These changes in the circulation rate indicate increased vascular tone of distributing vessels (large and medium-sized) and, consequently, their improved capacity, which is an important factor for the mechanisms regulating blood supply to the brain. The increasing blood supply rate in the left hemisphere and decreasing one – in the right hemisphere is considered to be a compensatory response due to the functional dominance of the left hemisphere in the majority of people. The obtained results support those of previous studies and suggest a physiological age-related economization of cerebral circulation. We must point out, however, that functional deviations in microvasculature (increased tone of arterioles, precapillaries, postcapillaries and venules compared to the age norm) are preserved. These changes are consistent with the generally accepted views on a child's functional development and are caused by the microvasculature adapting to the metabolic needs of the brain in children with ADHD.

Keywords: *primary and middle school age, cerebral hemodynamics, attention deficit hyperactivity disorder.*

Контактная информация:

Мелькова Людмила Артемьевна,
адрес: 163045, г. Архангельск, ул. Бадигина, д. 3;
e-mail: l.melkova@narfu.ru;

Федотов Денис Михайлович
адрес: 163045, г. Архангельск, ул. Бадигина, д. 3;
e-mail: d.fedotov@narfu.ru;

Багрецова Татьяна Владимировна
адрес: 163045, г. Архангельск, ул. Бадигина, д. 3;
e-mail: t.bagretsova@narfu.ru

Рецензент – *Чутко Л.С.*, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией коррекции психического развития и адаптации, руководитель Центра поведенческой неврологии Института мозга человека имени Н.П. Бехтеревой РАН