

**А.М. Ожегов<sup>1</sup>, Е.А. Трубачев<sup>2</sup>, И.Н. Петрова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ижевская государственная медицинская академия

<sup>2</sup>Первая Республиканская клиническая больница Минздрава Удмуртской Республики, Ижевск

## **Мозговая и сердечная гемодинамика у детей первого года жизни, родившихся с задержкой внутриутробного развития**

В течение года под наблюдением находились 67 доношенных новорожденных: 42 ребенка родились с задержкой внутриутробного развития (ЗВУР), 25 – здоровые дети (контрольная группа). У детей обеих групп в декретированные сроки (10 дней, 1, 3, 6 и 12 мес) исследовали показатели церебрального кровотока и сердечной гемодинамики. У детей, родившихся с ЗВУР, наблюдались особенности становления мозговой и сердечной гемодинамики на первом году жизни: снижение линейных скоростей мозгового кровотока в неонатальном периоде, высокий уровень цереброваскулярного сопротивления с тенденцией к снижению к концу первого года жизни. У детей с ЗВУР уменьшены размеры левого желудочка и снижены показатели его систолической функции, дольше функционируют фетальные коммуникации, чаще встречаются аритмии; снижена эффективность ауторегуляции мозгового кровотока и функции левого желудочка, наиболее отчетливо проявляющиеся в первый месяц жизни.

**Ключевые слова:** новорожденные и грудные дети, задержка внутриутробного развития, мозговой кровотока, сердечная гемодинамика.

**Контактная информация:** Ожегов Анатолий Михайлович, д-р мед. наук, проф.  
E-mail: amozhegov@mail.ru

© Коллектив авторов, 2012

**A.M. OZHEGOV, E.A. TRUBACHEV, I.N. PETROVA**

### **Cardio-cerebral hemodynamics in children of the first year of life born with intrauterine growth restriction**

Sixty-seven full-term newborn babies were kept under observation over the course of a year: 42 babies were born with intrauterine growth restriction (IURG), 25 were healthy babies (control group). Within a specified period of time (10 days, 1, 3, 6 and 12 months) newborn infants in both groups had their cerebral blood flow and cardiac hemodynamics indices analyzed. Infants born with IURG manifested some peculiarities in the development of their cerebral and cardiac hemodynamics in the first year of life: reduced linear cerebral blood flow velocities in the neonatal period, a high level of cerebrovascular resistance trending downward towards the end of the first year of life. IURG infants are characterized by reduced left ventricular size and lower indices of left ventricular systolic function, longer-functioning maternal-fetal communications, frequently occurring arrhythmias; the autoregulation of cerebral blood flow is less effective and left ventricular function is compromised which manifest themselves most noticeably within the first month of life.

**Key words:** newborns and infants, intrauterine growth restriction, cerebral blood flow, cardiac hemodynamics.

**З**адержка внутриутробного развития (ЗВУР) – актуальная проблема современной перинатологии и педиатрии в целом. Накоплены данные, свидетельствующие о том, что у детей с ЗВУР наиболее выраженные морфологические изменения возникают в головном мозге [1], основное их следствие – цереброваскулярные расстройства [2]. Оценка церебрального кровотока у новорожденных с перинатальным поражением головного мозга имеет не только диагностическое, но и прогностическое значение [3].

Большое количество работ посвящено изучению мозгового и сердечного кровотока у новорожденных [4–7], но лишь в единичных публикациях рассматриваются центральная и церебральная гемодинамика у новорожденных не изолировано, а как звенья одной системы [8].

**Цель исследования:** установить особенности мозговой и центральной гемодинамики на первом году жизни у детей с ЗВУР.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Под наблюдением находились 42 доношенных новорожденных ребенка с ЗВУР (основная группа): 24 (57,1%) девочки и 18 (42,9%) мальчиков с массой тела от 2340 до 2780 г ( $2495 \pm 307$  г). У 34 (81,0%) новорожденных диагностирован гипотрофический вариант ЗВУР: у 15 (44,1%) – гипотрофия I степени, у 13 (38,2%) – II степени, у 6 (17,6%) – III степени. Гипопластический вариант ЗВУР зарегистрирован у 8 (19,0%) детей. Контрольную группу составили 25 здоровых новорожденных: 10 (40,0%) девочек и 15 (60,0%) мальчиков с массой тела от 3056 до 3780 г ( $3420 \pm 285$  г).

Клинико-инструментальное исследование у детей обеих групп проводили в возрасте 10 дней, 1 мес, 3 мес, 6 мес и 1 года.

Церебральный кровоток исследовали методом транскраниального дуплексного сканирования на ультразвуковом сканере *Siemens G60S* (Германия). Кровоток определяли в средней (СМА, М1), передней (НМА, А1) и задней (ЗМА, Р1) мозговых артериях, а также в основной артерии (ОА). При этом определяли количественные показатели кровотока: максимальную систолическую скорость ( $V_{ps}$ ), максимальную конечную диастолическую ( $V_{ed}$ ) и среднюю максимальную скорость ( $V_{tmax}$ ) с расчетом индекса резистентности (RI) и пульсационного индекса (PI). Эхокардиографию осуществляли на ультразвуковом сканере *Siemens G60S* (Германия). У всех детей проводили нейросонографию (НСГ) по стандартной методике [9]. Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ *Statistica 6.0*.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У матерей новорожденных детей с ЗВУР чаще выявляли неспецифические острые и хронические воспалительные заболевания мочеполовой системы – 92,8% случаев (в контрольной группе – 28,0%;  $p < 0,05$ ). Матери новорожденных детей основной группы во время беременности чаще имели перинатально значимые инфекции – 89,3% (в контрольной группе – 36,0%;  $p < 0,05$ ). В обеих группах в структуре инфекционных заболеваний преобладал хламидиоз: в основной группе – у 56,0% матерей, в группе контроля – у 55,6% ( $p > 0,05$ ). Кроме того, у матерей новорожденных с ЗВУР чаще встречалась отягощенная наследственность по заболеваниям сердечно-сосудистой системы – 71,4% случаев (в контрольной группе – 40,0%;  $p > 0,05$ ).

К концу 1-го мес жизни 2/3 детей основной группы имели физическое развитие ниже среднего и низкое. К 3 мес такое физическое развитие наблюдалось у половины детей, а к 1 году – у каждого третьего ребенка. В контрольной группе среднее физическое развитие к 12 мес регистрировали у 3/4 детей.

У 19 (45,2%) новорожденных с ЗВУР были установлены клинико-инструментальные признаки церебральной ишемии. К первому полугодю она сохранялась у 12 (28,0%) детей, а концу первого года – у 4 (10,1%). У здоровых детей церебральную ишемию регистрировали только в первом полугодии у каждого четвертого ребенка.

Перед тем как приступить к анализу линейных скоростей кровотока (ЛСК), полученных при помощи доплерографии, следует подчеркнуть их зависимость от угла инсонации потока крови [10]. В нашем исследовании оптимальные значения доплеровского угла получены в СМА ( $32^\circ \pm 4^\circ$ ) и ОА ( $12^\circ \pm 3^\circ$ ). Именно эти артерии мы использовали для последующего анализа.

Максимальная систолическая скорость кровотока в СМА, ОА у пациентов обеих групп имела большой разброс значений, наиболее выраженный у детей с ЗВУР (табл. 1). У них чаще ( $p = 0,02$ ), чем у здоровых детей, наблюдалась аритмия, что приводило к большому разбросу значений ЛСК на протяжении нескольких сердечных циклов.

У детей с ЗВУР на протяжении первого года жизни регистрировали более низкие значения ЛСК ( $V_{ps}$ ,  $V_{ed}$ ,  $T_{MAX}$ ). Это прослеживалось как в каротидном, так и в вертебробазиллярном бассейнах. Статистическая значимость этих различий была непостоянной в течение года и более отчетливо проявлялась в значениях  $V_{ed}$ . Показатели ЛСК в правой и левой половинах виллизиева круга не различались.

В отличие от абсолютных значений скоростей кровотока различие относительных показателей RI и PI было статистически значимым (см. табл. 1). У новорожденных детей с ЗВУР отмечалось достоверное повышение RI ( $p<0,05$ ) и PI ( $p<0,05$ ). Различия в уровне цереброваскулярного сопротивления наблюдались как в каротидном, так и в вертебробазиллярном бассейнах. При динамическом наблюдении у детей основной группы по сравнению со здоровыми детьми в течение первого года жизни сохраняется существенное повышение обоих индексов (см. табл. 1, график). До 6 мес данная тенден-

ция отчетливо проявлялась в обоих исследуемых бассейнах, а в 1 год – только в каротидном. В этом возрасте индексы RI и PI остаются единственными доплерографическими критериями, определяющими статистически значимые различия в сравниваемых группах. Тенденция к снижению выраженности периферического сосудистого сопротивления к концу первого года жизни, обнаруженная у здоровых детей ( $p=0,82$ ), отражает процесс физиологического развития церебральной ангиоархитектоники, становления ауторегуляции мозгового кровотока [11–14].

**Таблица 1**  
Показатели кровотока в СМА у грудных детей (M±m)

Признак	Возраст									
	10 дней		1 месяц		3 месяца		6 месяцев		1 год	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Vps (D), см/с	76±2,3	76±2,4	79±2,0	82±2,2	84±1,7*	87±1,2	80±1,7*	83±2,0	90±11,9*	94±2,0
Vps (S), см/с	79±1,7	80±2,6	81±1,7	83±2,0	85±1,6	86±2,0	90±1,1	88±1,2	104±1,6*	90±1,4
Ved (D), см/с	17±0,8*	25±1,0	21±0,9*	30±1,0	22±0,2*	30±1,0	26±0,8*	32±1,0	32±0,8	34±1,0
Ved (S), см/с	17±0,8*	24±1,4	20±0,8*	27±1,4	23±0,8*	31±1,4	27±0,8	31±1,6	19±0,8*	32±1,0
Vtmax (D), см/с	41±1,6	44±2,2	45±1,3*	52±2,0	38±1,3*	57±2,0	46±1,3*	54±2,0	56±1,1	58±1,4
Vtmax (S), см/с	45±1,4	48±0,8	47±1,4*	50±0,8	48±1,4*	53±0,8	53±1,4*	57±0,8	60±1,6*	55±1,2
RI (D)	0,78±0,006*	0,68±0,006	0,74±0,006*	0,64±0,01	0,70±0,006*	0,65±0,01	0,68±0,006*	0,65±0,01	0,65±0,01	0,64±0,01
RI (S)	0,78±0,009*	0,69±0,008	0,73±0,009*	0,66±0,008	0,70±0,008*	0,64±0,012	0,67±0,008*	0,65±0,01	0,64±0,04	0,64±0,01
PI (D)	1,48±0,004*	1,12±0,012	1,44±0,03*	1,0±0,012	1,39±0,02*	1,00±0,012	1,15±0,01*	1,05±0,008	1,04±0,006	1,03±0,004
PI (S)	1,37±0,004*	1,05±0,016	1,34±0,03*	1,06±0,016	1,30±0,03*	1,04±0,012	1,14±0,02*	1,00±0,012	1,02±0,01*	1,05±0,006

Примечание: I – основная группа; II – контрольная группа; D – справа, S – слева. \*  $p<0,05$ . Vps – максимальная систолическая скорость; Ved – максимальная диастолическая скорость; Vtmax – средняя максимальная скорость; RI – индекс резистентности; PI – пульсационный индекс.

**Таблица 2**  
Показатели сердечной гемодинамики у грудных детей (M±m)

Признак	Возраст									
	10 дней		1 месяц		3 месяца		6 месяцев		1 год	
	I	II								
КДР, мм	16,0±0,25*	19,2±0,20	18,0±0,31*	20,4±0,24	19,0±0,23*	22,5±0,52	23,9±0,31	24,6±0,30	25,7±0,36*	27,3±0,54
КСР, мм	10,0±0,16*	11,0±0,20	11,5±0,22*	13,6±0,24	12,0±0,19*	14,5±0,24	14,5±0,22*	15,6±0,24	15,7±0,22*	16,5±0,24
КДО, мл	6,8±0,30*	11,5±0,28	10,0±0,30*	13,0±0,28	11,0±0,23*	16,0±0,36	19,6±0,25*	22,0±0,28	23,0±0,27*	27,0±0,32
КСО, мл	2,1±0,05*	3,5±0,10	3,0±0,08*	4,1±0,16	3,8±0,08*	5,1±0,16	5,0±0,08*	7,1±0,12	7,4±0,08*	8,1±0,16
УО, мл	4,6±0,22*	8,1±0,18	6,8±0,23*	9,2±0,20	9,4±0,23*	10,7±0,20	15,4±0,31	14,7±0,20	17,4±0,16*	20,4±0,20
ФИ, %	71,0±0,30*	75,1±0,36	73,0±0,33*	74,5±0,40	70,0±0,33*	75,3±0,40	72,0±0,48*	73,6±0,40	74,0±0,66	73,8±0,40
ЧСС, уд./мин	153±1,6*	142±0,8	137±1,3	140±1,0	135±1,4	132±1,6	131±0,9	129±1,2	127±0,8	126±0,6
МО, л/мин	0,7±0,03*	1,2±0,02	0,9±0,03*	1,3±0,06	1,2±0,03*	1,4±0,06	2,0±0,03	1,9±0,02	2,2±0,03*	2,5±0,08
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	3,5±0,14*	2,2±0,04	3,0±0,02*	2,0±0,04	2,5±0,02*	1,8±0,04	1,9±0,05*	1,5±0,04	1,7±0,02*	1,4±0,04

Примечание: I – основная группа; II – контрольная группа; КДР – конечный диастолический размер; КСР – конечный систолический размер; КДО – конечный диастолический объем; КСО – конечный систолический объем; УО – ударный объем; ФИ – фракция изгнания; МО – минутный объем; СИ – сердечный индекс; \*  $p<0,05$ .

В отличие от здоровых новорожденных у детей с ЗВУР снижение цереброваскулярного сопротивления происходило позднее и более медленными темпами. Так, к концу первого месяца жизни у детей основной группы статистически значимого снижения RI ( $p=0,71$ ) и P1 ( $p=0,64$ ) не происходило. Постепенное снижение периферического сопротивления у детей с ЗВУР наблюдалось лишь в возрасте с 3 до 6 мес; до 1 года оно изменялось незначительно. Данный факт можно объяснить меньшей эффективностью ауторегуляции мозгового кровотока у этих детей, он может быть связан также с церебральной ишемией, перенесенной в раннем неонатальном периоде. Об этом свидетельствует положительная корреляция ( $r=0,70$ ;  $p=0,02$ ) между церебральной ишемией и уровнем периферического сосудистого сопротивления. Установлено, что церебральная ишемия имеет умеренную положительную корреляцию с уровнем периферического сосудистого сопротивления как в каротидном ( $r=0,46$ ;  $p=0,04$ ), так и в вертебробазиллярном бассейнах ( $r=0,54$ ;  $p=0,02$ ), причем в последнем указанная зависимость была сильнее и статистически более значима. Корреляции церебральной ишемии с ЛСК не выявлено.

В ходе исследования установлены определенные различия и в становлении сердечной гемодинамики у детей сравниваемых групп (табл. 2). В частности, у новорожденных с ЗВУР ЧСС была достоверно выше, чем у здоровых детей ( $p=0,04$ ). Эта закономер-

ность сохранялась до конца первого месяца жизни. Обнаружена отрицательная корреляция между ЧСС и Vps ( $r=-0,60$ ;  $p=0,03$ ). К 6-месячному возрасту ЧСС у детей обеих групп не различалась.

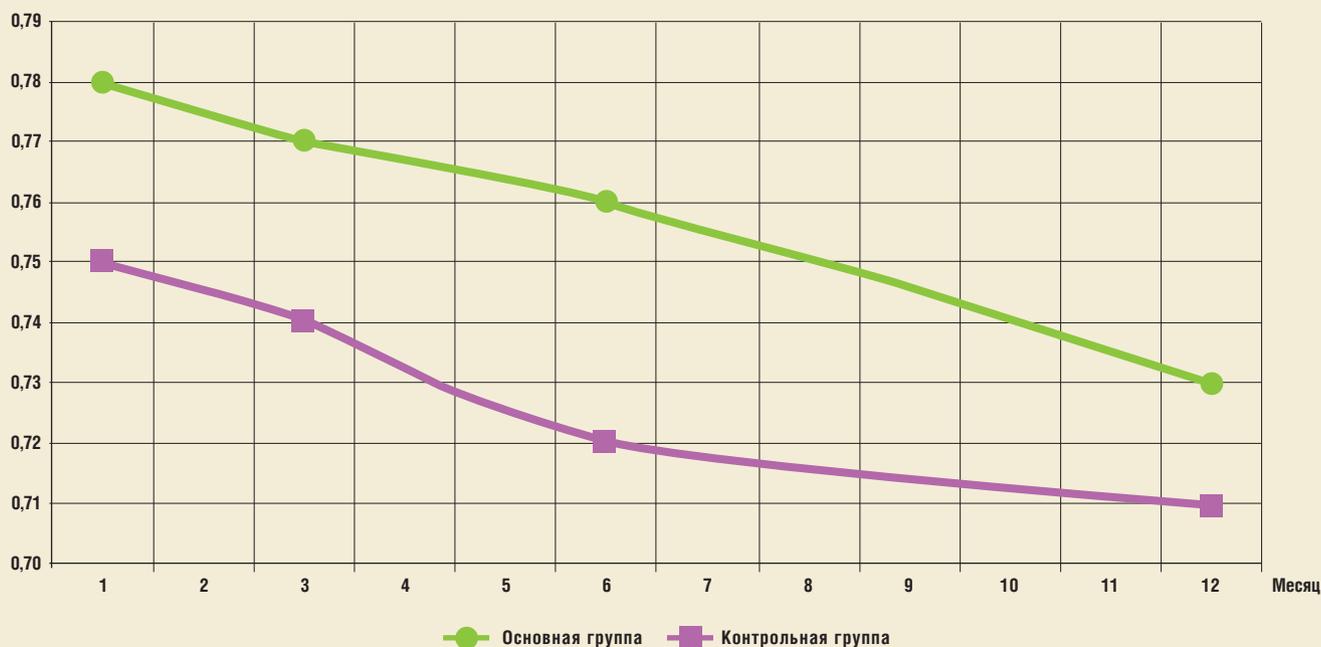
У детей с ЗВУР, особенно в периоде новорожденности, чаще встречались признаки гипоксического поражения миокарда в виде различных нарушений ритма (синдром тахи- и брадикардии, замедления внутрижелудочковой проводимости, преходящей перегрузки правых отделов сердца и значительных изменений конечной части желудочкового комплекса). Подобные изменения были обнаружены на ЭКГ у 56,4% новорожденных основной группы и у 15,8% – контрольной ( $p<0,05$ ).

В возрасте 10 дней у новорожденных обеих групп преобладала активность правых отделов сердца, а к концу неонатального периода постепенно увеличивалась гемодинамическая нагрузка на левые отделы. Это проявлялось в относительном увеличении активности левого желудочка (ЛЖ), ударного объема (УО) и сердечного индекса (СИ).

Размеры левого желудочка, показатели его насосной систолической функции (фракция изгнания, минутный объем) у детей с ЗВУР были достоверно меньше ( $p<0,05$ ), чем у детей контрольной группы (см. табл. 2). При этом меньше оказались не только абсолютные значения указанных величин, но и относительные, полученные при их расчете на площадь поверхности тела ( $p<0,05$ ). Установленная закономерность сохранялась на протяжении всего первого

График

Динамика RI у грудных детей в каротидном бассейне



года жизни. При динамическом наблюдении за детьми обеих групп отмечено повышение показателей насосной систолической функции. Менее интенсивно эти показатели увеличивались в течение первого месяца жизни у детей с ЗВУР. По нашему мнению, это связано с недостаточными компенсаторными возможностями сердечно-сосудистой системы у детей данной группы.

В отличие от показателей мозгового кровотока размеры левого желудочка ( $r=0,48$ ;  $p=0,05$ ), фракция изгнания ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ ), минутный объем ( $r=0,47$ ;  $p<0,05$ ) положительно коррелировали с массой тела новорожденных с ЗВУР в течение всего периода наблюдения. В контрольной группе такая зависимость не обнаружена.

Один из важнейших параметров гемодинамической адаптации новорожденных детей к условиям внеутробной жизни – наличие функционирующих фетальных коммуникаций. Гемодинамическая адаптация у детей с ЗВУР сопровождалась более длительным функционированием фетальных коммуникаций. В основной группе новорожденных в возрасте 10 дней открытое овальное окно было выявлено у 17 (69,7%), открытый аортальный проток (ОАП) – у 9 (36,4%) детей; в контрольной группе – соответственно у 25 (52,0%) и 7 (15,0%) детей. К 1 году открытое овальное окно оставалось функционирующим у 11 (45,7%) детей, родившихся с ЗВУР, и у 15 (36,0%) здоровых детей; ОАП оставался открытым у 3 (7,0%) детей основной группы и у 1 (4,0%) ребенка из группы контроля.

У детей с ЗВУР в периоде новорожденности и в возрасте 3 мес УО ( $r=0,32$ ;  $p=0,04$ ) и СИ ( $r=0,28$ ;  $p=0,03$ ) умеренно коррелируют с RI. К первому полугодю жизни корреляция была слабой ( $r=0,21$ ;  $p=0,03$ ), а к 1 году – недостоверной ( $r=0,26$ ;  $p=0,7$ ). В контрольной группе такой положительной связи не обнаружено. Учитывая тот факт, что одно из фундаментальных свойств церебрального и сердечного кровообращения – его относительная саморегуляция [3], можно предположить, что у новорожденных детей с ЗВУР эта способность ограничена.

## ВЫВОДЫ

Отличительная особенность мозговой гемодинамики у детей с ЗВУР – снижение линейных скоростей кровотока в неонатальном периоде, высокий уровень цереброваскулярного сопротивления, который постепенно снижается к концу первого года жизни, но не достигает нормальных значений. У детей, родившихся с ЗВУР, уменьшены размеры левого желудочка и снижены показатели его систолической функции, дольше функционируют фетальные комму-

никации, чаще встречаются аритмии (нарушения автоматизма и проводимости). Кровообращение у детей с ЗВУР отличается снижением эффективности ауторегуляции мозгового кровотока и функции левого желудочка, что проявляется наиболее отчетливо в течение первого месяца жизни.

## Литература

1. Пренатальная эхография (Под ред. М.В. Медведева). – М.: Реальное время, 2005, 524 с.
2. Долгих Г.Б. Ранняя диагностика дисциркуляторных нарушений в вертебробазилярной системе у детей в амбулаторно-поликлинических условиях. – М., 2005.
3. Зубарева Е.А., Лобанова Л.В. Оценка артериального кровотока в остром периоде перинатальных поражений головного мозга: диагностическое и прогностическое значение метода // Ультразвуковая и функциональная диагностика, 2002, №3, с. 41–49.
4. Воеводин С.М. Допплерометрическое исследование мозгового кровотока у плода и новорожденного / В кн.: Перинатальная неврология (Под ред. Ю.И. Барашнева. – М.: Триада-Х, 2001, с. 87–90.
5. Козлова Л.В., Бекезин В.В. Допплерографические варианты снижения мозгового кровотока у новорожденных с гипертензионно-гидроцефальным синдромом // Российский педиатрический журнал, 2000, №6, с. 12–14.
6. Котлукова Н.П. Кардиоваскулярная патология у новорожденных и детей раннего возраста // Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2001.
7. Быкова Ю.К., Ватолин К.В., Ефимов М.С. Допплерографическая характеристика церебральной гемодинамики у здоровых детей в неонатальном периоде // Ультразвуковая и функциональная диагностика, 2003, №2, с. 58–62.
8. Зайцева Н.В. Особенности ранней постнатальной адаптации новорожденных от матерей с артериальной гипертензией / Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – М., 2005, 26 с.
9. Детская ультразвуковая диагностика (Под общ. ред. М.И. Пыкова, К.В. Ватолина) – М.: Видар, 2001, 680 с.
10. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. – М.: Реальное время, 2003, 324 с.
11. Педиатрия. Учебник для медицинских вузов (Под ред. Н.П. Шабалова). 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: СпецЛит, 2003, 893 с.
12. Зубарева Е.А., Дворяковский И.В., Зубарев А.Р., Сугак А.А. Допплерография перинатальных поражений головного мозга. – М.: Видар, 1999, 92 с.
13. Росин Ю.А. Допплерография сосудов головного мозга у детей. – СПб., 2004, 110 с.
14. Рычкова И.В., Зубарева Е.А., Зубарев А.Р. Транскраниальное дуплексное сканирование у детей (возрастные особенности артериального кровотока) // Ультразвуковая и функциональная диагностика, 2005, №4, с. 52–57.