

# Оценка показателей церебральной и экстрацеребральной гемодинамики здоровых детей методами ультразвуковой диагностики

М.Ф. Абрамова<sup>1,2</sup>, М.И. Пыков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-практический центр психического здоровья детей и подростков им. Г.Е. Сухаревой», Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Российская Федерация

## РЕЗЮМЕ

Методы ультразвуковой диагностики являются одними из основных скрининговых методов в алгоритме ведения пациентов с цереброваскулярными нарушениями. При этом, в литературе оцениваются результаты обследования детей по данным полученным либо в небольших группах (до 20 условно здоровых детей), так называемого, «контроля», либо в соответствии с ультразвуковыми данными взрослых пациентов. Скоростные характеристики экстракраниального отдела БЦА представлены только у детей школьного возраста. Но, у детей в возрасте от 1 года и до 18 лет, а также у пациентов старшего возраста не могут быть одинаковыми параметры кровотока (скоростные показатели кровотока, индексы периферического сопротивления, показатели жесткости сосудистой стенки), и даже небольшие отклонения от нормы этих показателей могут отражаться на физическом и психоэмоциональном развитии ребенка и стать причиной сосудистых катастроф. Практически в каждой работе для сравнения как «норма» указываются результаты исследований Н. Bode, проведенных за один год (1985–1986 г.) у 502 пациентов детского возраста с различными неврологическими заболеваниями (обследования здоровых детей не проводились). В течение 25 лет нами проведено обследование более 10000 детей в возрасте от 1 года до 18 лет. Определены основные показатели церебральной и экстрацеребральной гемодинамики, стандартизированы протоколы исследования ТКДГ/ТКАС, УЗДС для детского возраста.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дети, ультразвуковые методы церебральной и экстрацеребральной гемодинамики: транскраниальная доплерография (ТКДГ), дуплексное сканирование (ДС), нормы основных параметров гемодинамики, протокол обследования брахиоцефальных сосудов, цереброваскулярная патология.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Evaluation of cerebral and extracerebral hemodynamics in healthy children by ultrasonic methods

M.F. Abramova<sup>1,2</sup>, M.I. Pikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Scientific and practical center for mental health and adolescents named after G.E. Sukhareva, Health Department of Moscow, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russian Federation

## SUMMARY

Ultrasound methods of radiation diagnostics are one of the main screening methods in the algorithm of management of patients with cerebrovascular disorders. As a rule, the results of examination of children are evaluated in literature either in small groups (up to 20 healthy children), or in accordance with the data of adult patients. There is also a comparison with the results of examination of patients from neurological hospital, represented by the "norm" (H. Bode, 1985–1986). However, blood flow parameters may not be the same in children aged 1 to 18 years and in older patients. And even small deviations can affect the physical and psycho-emotional development of the child and cause vascular catastrophes. Over the course of 25 years, more than 10,000 children aged 1 to 18 years have been examined. The main parameters of cerebral and extracerebral hemodynamics have been determined, TCD and ultrasound study protocols for children have been standardized.

**KEYWORDS:** Children, ultrasound methods cerebral and extra cerebral hemodynamics: Transcranial Doppler (TCD), duplex (DS), the data of norm the main parameters of hemodynamics, protocol of brachiocephalic vessels ultrasonic examination, cerebrovascular pathology.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare that they have no conflicts of interest.

## Введение

Методы ультразвуковой диагностики являются одними из основных в алгоритме ведения пациентов с цереброваскулярными нарушениями. Основой ультразвуковых методов диагностики является «доплеровский эффект», но в медицине применение ультразвуковых исследований по изучению скорости кровотока в сосудах (периферических, экстракраниальных, интракраниальных), определение направления кровотока, тур-

булентности, «спектрального анализа» началось только лишь через 100 лет после признания работ J.C. Doppler (1842 г.) [1, 2].

Ультразвуковая доплерография (УЗДГ) брахиоцефальных сосудов (БЦС) относится к скрининговому методу и является основой диагностического алгоритма сосудистых заболеваний, но врачи амбулаторной службы чаще используют традиционные методы исследования (эхоэнцефалография, реоэнцефалография, электроэнцефалогра-

фия), хотя УЗДГ БЦС позволяет даже при минимальном количестве предъявляемых жалоб и отсутствии клинических проявлений, выявить нарушения (структурные и/или функциональные) сосудистого характера, рекомендовать медикаментозную (патогенетически обоснованную) терапию, динамическое наблюдение.

Опубликован ряд исследований, в которых сопоставляются и оцениваются результаты обследования детей, либо в небольших группах, так называемого, «контроля» (обычно до 20 здоровых детей), либо в соответствии с ультразвуковыми данными взрослых пациентов [3–6, 12–14]. Но, у детей в возрасте от 1 года и до 18 лет, а также у пациентов старшего возраста (с 18 лет) не могут быть одинаковыми параметры кровотока, и даже небольшие их отклонения могут отражаться на физическом и психоэмоциональном развитии ребенка и стать причиной сосудистых катастроф в любом возрасте [3–6, 9].

При этом в русскоязычной и зарубежной литературе представлены единственные результаты исследований, проведенных за один год (1985–1986 г.) у 502 пациентов детского возраста с различными неврологическими заболеваниями (обследования здоровых детей не проводились) [12]. В поздней литературе приводятся данные «нормы» из детского онкологического стационара, мало отличающиеся от предыдущей «нормы» [14]. Итак, практически каждый исследователь свои полученные результаты сравнивает с этими данными как, с «нормой».

В литературе отсутствуют также методологические основы для определения исходного состояния и степени компенсации возможных нарушений церебральной венозной гемодинамики у детей с помощью функциональных проб (ортостатических проб и пробы Вальсальвы), проведение и оценку этих показателей представляют также по показателям взрослых пациентов [3–6, 10].

Отсутствие у детей возрастных нормативных значений церебральной и экстрацеребральной гемодинамики приводят к недостаточности или невозможности применения результатов ультразвуковых исследований БЦС в диагностическом и лечебном алгоритме.

Исследования экстракраниального отдела БЦА представлены у детей только школьного возраста (также в сравнении с показателями взрослых пациентов) [11, 12].

При возрастных изменениях эластичности (жесткости) сосудов в различные возрастные периоды регистрируется изменение показателей упруго-эластических свойств (артериальной жесткости), что может приводить к развитию цереброваскулярных нарушений [13–16].

При сосудистых катастрофах детского возраста необходимость применения новых технологий обусловлена недостаточностью информации, полученной применением скрининговых методов исследования (ТКДГ, ТКДС, УЗДС) с регистрацией только функционального состояния гемодинамики и комплекса интима – медиа (КИМ) и скорости распространения пульсовой волны (PWV, м/с) [13–16]. Данные эхотрекинга у детей в норме представлены также в единичных работах без учета возрастных особенностей, преимущественно у де-

тей с ожирением, сахарным диабетом, артериальной гипертензией. Показателей жесткости сосудистой стенки у детей в возрастном аспекте, с синдромом ДСТ, с нарушением мозгового кровообращения в доступной литературе не встречается [15–18]. Ранее выявление патологии сосудистой стенки методом эхотрекинга необходимо для профилактики и прогноза цереброваскулярных нарушений (НМК) у ребенка [19–21].

Опыт работы на базе детской неврологической консультативной поликлиники при Морозовской детской больнице с 2000–2018 гг. позволил представить анализ клинично-ультразвуковых исследований более 6000 детей в возрасте от 1 года до 18 лет. Методами ультразвуковой доплерографии в 2004–2015 годах были представлены, а в настоящее время дополнены, данные показателей кровотока по церебральным артериям и глубоким венам и синусам мозга: вене Галена, прямому венозному и кавернозным синусам у детей различных возрастных групп [9, 21–31, 33].

Учитывая сложности обследования детей, предложены для разных периодов детского возраста модификации методов ультразвуковой диагностики: при функциональных пробах – ТКДГ, исследовании кавернозного синуса и интракраниальных отделов ВСА – ТКДС, определение жесткости сосудистой стенки маркера нарушения мозгового кровообращения – УЗДС [27–31].

Таким образом, на сегодняшний день, остается актуальной проблема разработки критериев и квалификации УЗДГ-диагностики, их систематизации и стандартизации, как критериев ультразвуковой оценки церебрального и экстрацеребрального кровотока у детей в соответствии с выделенными возрастными периодами, на основании чего поставлены цель и задачи настоящего исследования.

Нами проведено обследование 1038 детей в возрасте от 1 года до 18 лет. Дети разделены на 8 групп: от 1 года до 3 лет (111 детей), 3–5 лет (217 детей), 5–7 лет (55 детей), 7–9 лет (126 детей), 9–11 лет (130 детей), 11–13 (103 ребенка), 13–15 лет (89 детей), от 15 до 18 лет (107 детей), в соответствии с классификацией Гундобина Н.П., модифицированной Петрухиным А.С. [34].

### Особенности проведения ультразвуковых исследований

Ультразвуковые обследования (ТКДГ, ТКДС, УЗДС) проведены с учетом возрастных особенностей детей (эмоциональная неустойчивость, страх, негативная реакция, невозможность проведения длительного исследования и т. д.).

При исследовании сосудов головного мозга (ТКДГ, ТКДС) у детей мы выбрали оптимальное расположение врача и пациента (врач располагается за головой ребенка, когда ребенок видит родителей, что успокаивает его). Пациент находится в горизонтальном положении на спине, затем на животе (при исследовании глубоких вен мозга), с небольшой подушкой под головой. При необходимости ребенок может сидеть на руках у мамы, с расположением врача за спиной ребенка [22, 33].

**Транскраниальная доплерография (ТКДГ).****Транскраниальное дуплексное сканирование (ТКДС)**

Мы рекомендуем начинать исследование у детей с сосудов головного мозга методами ультразвуковой транскраниальной доплерографии (ТКДГ или ТКДС), поскольку полученные данные зачастую достаточны для определения дальнейшей тактики.

Скорости регионального кровотока и показатели периферического сопротивления зависят от состояния центральной гемодинамики, показатели которой у детей весьма переменчивы, рекомендуется перед обследованием провести измерение АД на обеих верхних конечностях (целесообразнее методом ультразвуковой доплерографии). Также необходимо получить данные о состоянии клапанного аппарата сердца, величине фракции выброса, МАРС [12].

Эти данные необходимо учитывать при возможных динамических исследованиях.

Для детского возраста нами отредактирован протокол обследования брахиоцефальных сосудов НЦССХ им. А.Н. Бакулева, как наиболее информативный [22].

В обязательный протокол ТКДГ и ТКДС обследованных детей включены средние мозговые артерии (СМА) проксимального и дистального сегментов, передние мозговые артерии (ПМА), глазные артерии (ГА), сифоны внутренних сонных артерий (ВСА), экстракраниальный отдел внутренних сонных артерий (ВСА,) задние мозговые артерии (ЗМА), интракраниальный сегмент позвоночных артерий (ПА), основная артерия (ОА). Обязательно исследование прямого венозного синуса (ПВС), вены Галена (ВГ), кавернозных синусов (КС), глазных вен (ГВ), вен Розенталя (ВР), внутренних яремных вен (ВЯВ) и вен позвоночных венозных сплетений (ПВ). При регистрации церебральных венозных нарушений необходимо проведение функциональных нагрузочных проб (Вальсальвы, орто- и антиортостатических).

Дополнительный объем исследования представлен компрессионными пробами для оценки функциональной состоятельности соединительных артерий Виллизиева круга и выявления источников коллатеральной компен-

сации при гемодинамически значимой патологии экстракраниального отдела брахиоцефальных артерий. У детей артериальные и венозные пробы необходимо проводить в условиях стационара. На амбулаторном приеме проведение проб затруднено, особенно у детей младшего возраста (негативные реакции, длительность обследования и т. д.)

Исследование интракраниальных сосудов (артерий, вен) проведено методом ТКДГ(ТКДС) по методике R. Aaslid (1982 г.) через «ультразвуковые окна»:

- височное (чешуя височной кости) – локация основных стволов артерий, формирующих артериальный круг большого мозга (СМА, ПМА, ЗМА); орбитальное (задняя, медиальная стенка орбиты)
- сифона внутренних сонных артерий (ВСА), ГА и ГВ, КС; окципитальное (субокципитальная область – большое затылочное отверстие) возможна локация ОА, ПА v4 и участок P1 ЗМА [2].

Исследование глубоких вен мозга проведено по методике Ralf W. Baumgartner, через трансокипитальное ультразвуковое окно в области чешуи затылочной кости, ПВС на глубине 56 мм, ВГ – 65 мм [32].

Этот способ определен нами как наиболее информативный с визуализацией (приближается к 100%) и ПВС и ВГ, что обеспечивается меньшей потерей мощности при прохождении ультразвукового луча через тонкие кости черепа у детей.

У детей нами определены оптимальные уровни (глубина) локации: СМА 45–65 мм, проксимальные отделы (М1) 58–65 мм, дистально расположенные ветви (М2–М3) 45–50 мм; ПМА 60–70 мм; ЗМА 50–70 мм, сифон ВСА лоцируется на глубине 58–65 мм, ГА и ГВ на глубине 35–55 мм, ПА – на 40–70 мм, ОА на 60–80 мм.

Показано, что у детей имеет важное практическое значение пиковая систолическая скорость кровотока ( $V_{ps}$ ).

По данным ТКДГ представлены показатели пиковой систолической скорости кровотока ( $V_{ps}$ ) по интракраниальным артериям каротидного и вертебрально-базиллярного бассейнов в зависимости от возраста у здоровых детей (таблицы 1, 2).

**Таблица 1**  
ТКДГ. Показатели  $V_{ps}$  по артериям каротидного бассейна (СМА, ПМА, ВСА) у здоровых детей

№ п/п	Возраст п/группа 2, лет	Кол-во, всего	СМА			ПМА			ВСА		
			$M_{СМА(D)^{\lambda_{2d}}}$	$M_{СМА(S)^{\lambda_{2d}}}$	$M_{КА(СМА)^{\lambda_{2d}}}$ %	$M_{ПМА(D)^{\lambda_{2d}}}$	$M_{ПМА(S)^{\lambda_{2d}}}$	$M_{КА(ПМА)^{\lambda_{2d}}}$ %	$M_{ВСА(D)^{\lambda_{2d}}}$	$M_{ВСА(S)^{\lambda_{2d}}}$	$M_{КА(ВСА)^{\lambda_{2d}}}$ %
1	1–3	111	108,1	120,7	10	83,7	98,0	14	69,4	81,2	14
2	3–5	217	109,1	119,0	8	83,2	97,4	14	71,5	82,9	13
3	5–7	155	108,1	118,9	9	85,2	97,1	12	72,4	83,0	12
4	7–9	126	108,4	118,1	8	83,8	96,7	13	72,9	84,1	13
5	9–11	130	108,9	118,5	8	85,6	97,3	12	71,9	82,8	13
6	11–13	103	107,2	117,5	9	86,4	96,0	10	70,6	79,7	11
7	13–15	89	106,7	115,4	7	86,3	96,7	11	70,4	79,9	11
8	15–18	107	106,3	115,1	7	83,3	95,2	12	69,7	80,4	13
	Итого	1038	108,0	118	8,2	84,6	96,8	12,4	71,3	82,0	12,5

$V_{ps}$  – скорость кровотока пиковая систолическая, СМА – средняя мозговая артерия, ПМА – передняя мозговая артерия, ВСА – внутренняя сонная артерия, М – среднее значение по выборке, КА – коэффициент асимметрии, D – справа, S – слева,  $\lambda_{2d}$  – выборка – здоровые дети,  $M_{СМА(D)^{\lambda_{2d}}}$  /  $M_{СМА(S)^{\lambda_{2d}}}$  – среднее значение скорости кровотока СМА D (справа) / S (слева) по выборке здоровые дети (соответственно по ПМА, ВСА),  $M_{КА(СМА)^{\lambda_{2d}}}$  – среднее значение коэффициента асимметрии СМА (ПМА, ВСА – соответственно) по выборке здоровые дети.

Таблица 2

ТКДГ. Показатели Vps по артериям вертебрально-базиллярного бассейна (ЗМА, ПА, ОА) у здоровых детей

№ п/п	Возраст п/группа 2, лет	Кол-во, всего	ЗМА			ПА			ОА
			M <sub>ЗМА(D)Λзд</sub>	M <sub>ЗМА(S)Λзд</sub>	M <sub>КА(ЗМА)Λзд</sub> , %	M <sub>ПА(D)Λзд</sub>	M <sub>ПА(S)Λзд</sub>	M <sub>КА(ПА)Λзд</sub> , %	
1	1-3	111	45,8	59,5	22	62,2	74,3	16	79,0
2	3-5	217	44,0	58,6	24	60,5	75,4	19	80,2
3	5-7	155	45,5	57,9	21	62,4	74,0	15	80,4
4	7-9	126	44,6	57,7	22	62,3	74,1	15	82,3
5	9-11	130	46,5	59,3	21	60,4	74,3	18	80,8
6	11-13	103	45,1	56,5	19	61,8	74,8	17	80,1
7	13-15	89	44,9	56,6	20	60,9	72,1	15	79,9
8	15-18	107	45,0	56,2	19	61,4	73,2	16	79,4
	Итого	1038	45,1	57,9	21,1	61,4	74,1	16,7	80,3

Vps – скорость кровотока пиковая систолическая, ЗМА – задняя мозговая артерия, ПА – позвоночная артерия, ОА – основная артерия, M – среднее значение по выборке, КА – коэффициент асимметрии, D – справа, S – слева, Λзд – выборка: здоровые дети, M<sub>ЗМА(D)Λзд</sub>, M<sub>ЗМА(S)Λзд</sub> – среднее значение скорости кровотока ЗМА D (справа) / S (слева) по выборке здоровые дети (соответственно по ПМА, ВСА), M<sub>КА(ЗМА)Λзд</sub> – среднее значение коэффициента асимметрии ЗМА (ПА – соответственно) по выборке здоровые дети.

Из таблицы видно, показатели Vps церебрального кровотока разных артерий имели отличия. Самые высокие Vps регистрировались в бассейне СМА.

Нами определены допустимые для детского возраста значения асимметрии скоростных характеристик: по средним мозговым артериям – 8,2% (7–10%), по передним мозговым артериям – 12,4% (10–14%), по внутренним сонным артериям – 12,5% (11–14%), по задним мозговым артериям – 21,1% (19–24%) позвоночным артериям 16,7% (15–19%). Отмечено,

что важно обращать внимание на симметричность глубины сканирования и угол наклона курсора к оси сосуда при оценке и сравнении показателей кровотока с двух сторон.

Показатели скорости кровотока: систолической (Vps), диастолической (Vd); соотношения (S/D), индекса резистивности (резистентности) – Пурсело (RI), пульсаторный (пульсативности) – индекс Гослинга (PI), по интракраниальным артериям в зависимости от возраста у здоровых детей (M ± σ) представлены в таблице 3.

Таблица 3

ТКДГ. Показатели кровотока: Vps, Vd, RI, PI, S/D по интракраниальным артериям в зависимости от возраста у здоровых детей (M±σ)

Артерия	Возраст, лет	Показатели				
		Vps	Vd	S/D	RI	PI
СМА	1-3	108,1±10,7	62,5±7,5	1,72±0,54	0,52±0,04	0,86±0,15
	3-5	109,1±10,5	60,5±6,3	1,83±0,56	0,53±0,02	0,86±0,14
	5-7	108,1±10,8	65,3±8,4	1,85±0,59	0,55±0,03	0,87±0,13
	7-9	108,4±10,1	67,4±9,5	1,88±0,58	0,53±0,05	0,88±0,13
	9-11	108,9±9,5	55,3±9,4	2,09±0,66	0,53±0,05	0,89±0,12
	11-13	107,2±10,2	50,9±4,8	2,03±0,56	0,53±0,03	0,89±0,12
	13-15	106,7±7,8	45,5±7,5	2,02±0,44	0,55±0,04	0,89±0,13
	15-18	106,3±9,9	42,5±6,7	2,08±0,32	0,53±0,02	0,89±0,14
ПМА	1-3	83,7±6,4	52,5±6,5	1,72±0,54	0,52±0,02	0,79±0,13
	3-5	83,2±7,2	54,4±8,3	1,63±0,56	0,53±0,02	0,80±0,13
	5-7	85,2±6,5	57,4±7,5	1,82±0,59	0,55±0,03	0,81±0,14
	7-9	83,8±6,3	54,3±7,4	1,73±0,58	0,54±0,03	0,83±0,13
	9-11	85,6±6,6	45,3±8,4	1,71±0,66	0,53±0,04	0,84±0,13
	11-13	86,4±5,8	42,9±5,8	1,79±0,56	0,54±0,02	0,85±0,12
	13-15	86,3±5,3	40,5±5,5	1,89±0,44	0,56±0,02	0,85±0,13
	15-18	83,3±6,5	39,2±6,7	1,80±0,32	0,55±0,03	0,85±0,13
ЗМА	1-3	45,8±7	32,5±4,2	2,2±0,54	0,52±0,02	0,80±0,15
	3-5	44±6,5	31,4±4,3	2,23±0,56	0,54±0,03	0,81±0,14
	5-7	45,5±6,3	31,1±4,1	2,52±0,59	0,55±0,02	0,83±0,13
	7-9	44,6±6,3	30,3±4,0	2,25±0,58	0,53±0,03	0,84±0,13
	9-11	46,5±6,6	31,3±3,4	2,18±0,66	0,54±0,05	0,85±0,13
	11-13	45,1±6,5	29,4±4,1	2,12±0,56	0,53±0,04	0,85±0,12
	13-15	44,9±6,6	28,5±3,5	2,02±0,44	0,52±0,05	0,85±0,13
	15-18	45±6,7	27,2±3,7	1,95±0,32	0,51±0,04	0,83±0,12
ОА	1-3	79±5,4	36,1±5,2	2,01±0,54	0,54±0,03	0,76±0,15
	3-5	80,2±5,5	39,4±6,3	1,86±0,56	0,56±0,03	0,77±0,14
	5-7	80,4±5,9	41,8±6,4	1,95±0,59	0,57±0,03	0,78±0,13
	7-9	82,3±5,1	43,3±7,0	1,84±0,58	0,54±0,04	0,80±0,13
	9-11	80,8±5,1	42,3±8,1	1,85±0,66	0,53±0,04	0,81±0,13
	11-13	80,1±5,6	39,1±5,1	1,91±0,56	0,52±0,05	0,81±0,12
	13-15	79,9±5,9	36,5±5,5	1,95±0,44	0,53±0,03	0,82±0,14
	15-18	79,4±5,5	33,2±4,7	2,05±0,32	0,52±0,04	0,83±0,13
ПА	1-3	62,2±6,9	38,1±5,3	1,92±0,54	0,53±0,04	0,75±0,16
	3-5	60,5±6,6	37,4±5,3	2,03±0,36	0,54±0,06	0,77±0,15
	5-7	62,4±5,8	37,8±6,4	2,15±0,40	0,55±0,07	0,77±0,16
	7-9	62,3±6,8	35,3±5,0	2,28±0,50	0,56±0,07	0,78±0,16
	9-11	60,4±5,8	36,3±8,1	2,19±0,43	0,54±0,06	0,79±0,15
	11-13	61,8±6,4	35,1±7,1	2,13±0,46	0,53±0,05	0,80±0,15
	13-15	60,9±6,5	36,5±5,5	2,07±0,34	0,52±0,05	0,81±0,13
	15-18	61,4±6,1	33,2±4,7	2,03±0,30	0,52±0,04	0,83±0,13

Vps – скорость кровотока пиковая систолическая, Vd – скорость кровотока диастолическая, RI – индекс резистентности Пурсело, PI – пульсаторный индекс Гослинга, S/D – соотношение систолической/диастолической скорости, M – среднее значение по выборке, σ – среднеквадратичное отклонение

Показатель индекса RI характеризует периферическое сопротивление. Возрастная норма RI составила 0,52–0,54, при изменении RI определялся тип кровотока: гипертонический – при увеличении более 30%, гипотонический – ниже 30% и дистонический с колебаниями значений RI более чем 20% [4].

PI и S/D косвенно характеризует периферическое сопротивление и в амбулаторной педиатрической практике достаточно редко оценивается.

Для выявления межполушарной асимметрии нами также оценивались соотношения (индексы) скоростей кровотока (Vps) на интракраниальном уровне справа и слева: по средним мозговым артериям/к передним мозговым артериям (СМА/ПМА). У здоровых детей СМА/ПМА равен 1,2–1,5. Также проведена оценка соотношения Vps на интракраниальном/экстракраниальных уровнях (индекс Линдегарда): средней мозговой арте-

рии/внутренней сонной артерии (СМА/ВСА) с каждой стороны. У здоровых детей СМА/ВСА составил 1,5–1,9 (таблица 4).

Метод ТКДГ имеет преимущества при обследовании детей, особенно младшего возраста: не вызывает отрицательных эмоций (опасности) у ребенка и родителей из-за размеров датчика, длительности времени исследования. При проведении транскраниального дуплексного сканирования (ТКДС) необходима первоначальная визуализация структур мозга в серошальном В-режиме, а затем сосудов, с подключением режимов цветового или энергетического доплеровского картирования (ЦДК, ЭДК). Для сравнения результатов методов ультразвукового исследования сосудов головного мозга ТКДГ и ТКДС получены данные ТКДС скоростных характеристик по средней и передней мозговым артериями (Vps), которые сопоставлены с данными ТКДГ (таблицы 5, 6).

Таблица 4

ТКДГ. Индексы Vps<sub>(СМА/ПМА)</sub> Vps<sub>(СМА/ВСА)</sub> у здоровых детей от 1 года до 18 лет

Возраст, п/группа 2, лет	Vps <sub>(СМА(D)Λзд/(D)Λзд)</sub>	Vps <sub>(СМА(S)Λзд/ ПМА(S)Λзд)</sub>	Возраст, п/группа 2, лет	Vps <sub>(СМА(D)Λзд/(D)Λзд)</sub>	Vps <sub>(СМА(S)Λзд/ВСА(S)Λзд)</sub>
1–3	1,3±1,5	1,2±1,4	1–3	1,6±1,9	1,5±1,8
3–5	1,3±1,6	1,2±1,4	3–5	1,5±1,9	1,5±1,8
5–7	1,2±1,5	1,2±1,4	5–7	1,5±1,8	1,5±1,8
7–9	1,3±1,5	1,2±1,4	7–9	1,5±1,8	1,4±1,7
9–11	1,3±1,5	1,2±1,4	9–11	1,5±1,8	1,5±1,8
11–13	1,2±1,5	1,2±1,4	11–13	1,5±1,9	1,5±1,8
13–15	1,2±1,4	1,2±1,4	13–15	1,6±1,8	1,5±1,8
15–18	1,3±1,5	1,2±1,4	15–18	1,6±1,9	1,5±1,8
Итого	1,3±1,5	1,2±1,4	Итого	1,5±1,9	1,5±1,8

Vps – скорость кровотока пиковая систолическая, Λзд – выборка – здоровые дети, СМА – средняя мозговая артерия, ПМА – передняя мозговая артерия, ВСА – внутренняя сонная артерия, D – справа, S – слева.

Таблица 5

ТКДС. Показатели кровотока (Vps) по СМА и ПМА в зависимости от возраста у здоровых детей (M±σ)

Возраст, лет	Количество	ТКДС			
		Vps СМА, см/с		Vps ПМА, см/с	
		СМА D, M±σ	СМА S, M±σ	ПМА D, M±σ	ПМА S, M±σ
1–3	41	105,3±15,7	117,5±16,8	82,4±7,4	92,6±9,6
3–5	37	103,2±14,6	108,4±13,3	83,4±8,9	90,1±9,3
5–7	26	107,2±16,3	115,3±16	89,3±11,9	96,2±10,1
7–10	35	104,7±17,5	114,9±19,3	82±12,9	92,1±14,2
10–12	45	109,8±12,1	119,9±13,9	81,8±10,4	91±11,7
12–14	39	104,3±13,7	115,6±17,7	86,8±9,2	97,1±8,5
14–16	45	102,8±10,7	110,8±11	88,7±12,8	99,5±15,3
Итого	268	105,3±14,5	114,7±15,9	84,4±10,8	93,6±11,6

ТКДС – транскраниальное дуплексное сканирование, Vps – скорость кровотока пиковая систолическая, D – справа, S – слева, M – среднее значение по выборке, σ – стандартное отклонение

Таблица 6

ТКДС/ТКДГ. Сравнение показателей кровотока (Vps) по средним и передним мозговым артериям в зависимости от возраста у здоровых детей

Гр. возраст, лет	(ТКДС/ТКДГ), %			
	СМА Vps, см/с		ПМА Vps, см/с	
	Vps M <sub>СМА D</sub>	Vps M <sub>СМА S</sub>	Vps M <sub>ПМА D</sub>	Vps M <sub>ПМА S</sub>
1. 1–3	105,3 (-2,6% от ТКДГ)	117,5 (-2,7% от ТКДГ)	82,4 (-1,5% от ТКДГ)	92,6 (-5,8% от ТКДГ)
2. 3–5	103,2 (-5,7% от ТКДГ)	108,4 (-6,8% от ТКДГ)	83,4 (+0,2% от ТКДГ)	90,1 (-7,1% от ТКДГ)
3. 5–7	107,2 (-0,8% от ТКДГ)	115,3 (-3,1% от ТКДГ)	89,3 (+4,8% от ТКДГ)	96,2 (-1,0% от ТКДГ)
4. 7–10	104,7 (-3,6% от ТКДГ)	114,9 (-3,3% от ТКДГ)	82 (-3,2% от ТКДГ)	92,1 (-5,2% от ТКДГ)
5. 10–12	109,8 (+1,6% от ТКДГ)	119,9 (+2,6% от ТКДГ)	81,8 (-4,9% от ТКДГ)	91 (-6,3% от ТКДГ)
6. 12–14	104,3 (-2,4% от ТКДГ)	115,6 (-0,3% от ТКДГ)	86,8 (+1,4% от ТКДГ)	97,1 (+1,3% от ТКДГ)
7. 14–16	102,8 (-3,4% от ТКДГ)	110,8 (-4,4% от ТКДГ)	88,7 (+3,9% от ТКДГ)	99,5 (+3,3% от ТКДГ)
Итого	105,3 (-1,5% от ТКДГ)	114,7 (-1,1% от ТКДГ)	84,4 (+1,8% от ТКДГ)	93,6 (-2,0% от ТКДГ)

ТКДС – транскраниальное дуплексное сканирование, ТКДГ – транскраниальная доплерография, СМА – средняя мозговая артерия, ПМА – передняя мозговая артерия, Vps – скорость кровотока пиковая систолическая

В таблице 6 приведены значения отношения ТКДГ к ТКДС, выраженные в процентах.

Формула для расчета процентной разницы (Р) между двумя методами обследования:

$$P = (TKDC - TKDG) / TKDG \times 100, (\%)$$

где ТКДС, ТКДГ – методы обследования, Р – разница в процентах.

Таким образом, при сравнении скоростных характеристик по средней и передней мозговым артериями (Vps) по ТКДС и ТКДГ получен статистически не значимый процент различия: по СМА от -0,3 до 6,8%, по ПМА от +0,2 до -7,1%. Наибольшая разница (в %) выявлена у детей 3–5 лет по средней и передней мозговым артериям (таблица 6). Представленные данные указывают на возможность проведения обследования детей как методом ТКДГ, так и ТКДС с получением практически идентичных результатов, которые могут быть использованы для динамического наблюдения пациентов, независимо от того каким методом было проведено обследование.

При исследовании глубоких вен мозга у детей (от 1 до 18 лет) нами определена оптимальная глубина локации: вен Розенталя (ВР) – 55–70 мм, кавернозных синусов (КС) – 56–61 мм, глазных вен (ГВ) – 35–55 мм, прямого венозного синуса (ПВС) – 54–56 мм, вены Галена (ВГ) – 60–65 мм [22, 24, 27–30, 33] (таблица 7).

Из таблицы 7 видно, что максимальные скорости венозного оттока сравнимы с показателями «нормы» у взрослых (до 28 см/сек) только у детей в возрасте от 1 до 5 лет по ПВС (23,9 см/сек) и по ВГ (до 21,4 см/сек). Затем с увеличением возраста ребенка отмечается снижение ЛСК как по ПВС, так и по ВГ. Значения ЛСК по этим сосудам практически равны.

### Ультразвуковое дуплексное сканирование брахиоцефальных сосудов у детей в норме

Проведена ультразвуковая доплерография (УЗДГ) интракраниальных и экстракраниальных сосудов (ТКДГ, УЗДС) 95 детей школьного возраста (от 6 до 16 лет), не предъявляющих жалоб и не имевших признаков па-

тологии при неврологическом осмотре. При этом, из них у 42 детей (44%) методом УЗДС выявлены деформации брахиоцефальных артерий (БЦА):

- внутренних сонных (ВСА) – у 10 детей (10,5%),
- позвоночных артерий (ПА) – у 25 детей (26,3%),
- сочетанные деформации ВСА и ПА – у 7 детей (7,4%).

Наиболее часто регистрировались С-образные деформации ВСА – у 89%, S-образные ВСА – у 11% детей. Значительное число аномалий строения выявлено у детей в возрасте от 7 до 12 лет: ВСА – у 22%, ПА – у 39% детей [25, 35, 36].

Таким образом, у «практически здоровых детей» выявлены нарушения по сосудам каротидного и вертебрально-базиллярного бассейнов. У 15,3% пациентов эти нарушения оценивались как гемодинамически значимые, с повышением ЛСК в месте деформации сосуда (усиление ЛСК по ВСА на стороне извитости до 31,2%), с последующим снижением ЛСК на интракраниальном уровне (по СМА на 12%). При извитости экстракраниального отдела ПА (сегментов V1, V2) усиление на стороне извитости до 34%, на интракраниальном уровне ПА регистрировалось снижение ЛСК на 9,3%. Неравномерный диаметр позвоночных вен (ПВ) с увеличением при выходе из костного канала (на уровне C5–C6) от 2,5–2,7 мм до 3,0–3,5 мм к устью диагностировали у детей довольно часто (до 72%). При выраженной увеличении скорости кровотока по ПВ (дисциркуляторные нарушения) у 58% детей визуализированы расширенные косо идущие межпозвоночные вены. Также в этой группе детей (95 «условно здоровых») у 40% детей выявлены гипоплазии внутренних яремных вен (ВЯВ), асимметрия венозного оттока по ВЯВ у 75% детей, у 70% – миофасциальные компрессии ВЯВ при функциональных пробах (при поворотах головы), кривошее.

Отмечено, что все обследуемые дети считались практически здоровыми, но при регистрации гемодинамически значимых нарушений артериальной и венозной (экстракраниальной и интракраниальной) гемодинамики, при активном опросе детей и их родителей отмечены жалобы на головные боли – у 89%, головокружения – у 16%, обмороки – у 16% [34–37].

Таблица 7  
ТКДГ. Показатели Vps по прямому венозному синусу, вене Галена, венам Розенталя, кавернозным синусам, глазным венам у здоровых детей от 1 года до 18 лет M (min÷max)

№ гр.	Возраст п/группа 2, лет	Кол-во, всего	ПВС	ВГ	ВР	КС	ГВ
			М	М	М	М	М
			(ПВС)Λзд	(ВГ)Λзд	(ВР)Λзд	(КС)Λзд	(ГВ)Λзд
1	1–3	111	24,8	16,9	12,5	8,7	12,1
2	3–5	217	23,9	21,4	11	8	9,5
3	5–7	155	17,6	13,8	11,1	11,4	11,4
4	7–9	126	19,7	16,6	12,4	10,4	10,3
5	9–11	130	19,2	16,1	11,6	11	8,8
6	11–13	103	20,2	16,4	11,1	9,6	12,8
7	13–15	89	19,8	14,5	12,7	10,2	12,1
8	15–18	107	18,5	14,5	14,9	11,9	10,1
	Итого	1038	20,5 (17,6÷24,8)	16,3 (13,8÷21,4)	12,2 (11÷14,9)	10,2 (8÷11,9)	10,9 (8,8÷12,8)

ПВС – прямой венозный синус, ВГ – вена Галена, ВР – вены Розенталя, КС – кавернозные синусы, ГВ – глазные вены, М – среднее значение по выборке, (min÷max) – минимальное и максимальное значение в выборке, Λзд – выборка здоровые дети, Vps – скорость кровотока пиковая систолическая

Учитывая полученные данные, следующим этапом было выделение 225 здоровых детей (от 3 до 18 лет) без жалоб, не имевших признаков патологии при неврологическом осмотре и без аномалий строения БЦА. В результате при УЗДС получены показатели возрастной нормы ЛСК ( $V_{ps}$ ) экстракраниального отдела брахиоцефальных артерий: общих (ОСА), внутренних (ВСА), наружных (НСА) сонных артерий (таблица 8) [35–37].

Также проведено изучение экстракраниального отдела венозной системы: внутренние яремные вены (ВЯВ), вены позвоночных сплетений (ПВ). В норме (в поперечном сканировании) у детей просвет ВЯВ анэхогенный и однородный, тонкие стенки ВЯВ при сдавлении датчиком смыкаются, при функциональных пробах регистрируется активизация венозного оттока. Определены значения максимальной  $V_{ps}$  (нормы) у детей по ВЯВ от 40–80 см/с, с возможной асимметрией (справа/слева) до 25%.

Диаметр ПВ в норме равномерный во всех межпозвоночных промежутках и составляет  $1,2 \pm 0,24$  мм, при прямолинейности хода позвоночной артерии (ПА) в костном канале. Определены значения максимальной  $V_{ps}$  (нормы) по позвоночным венам  $10,8 \pm 1,2$  см/с. Установлено, что в норме в горизонтальном положении максимальная ско-

рость по ПВ лоцируется у 85%, при переходе в ортостаз – до 97% обследуемых детей.

Данные, представленные в таблице 8, являются показателями (статистически значимыми) нормального уровня экстрацеребральной гемодинамики, полученные при обследовании здоровых детей разного возраста.

#### Ультразвуковая методика определения жесткости сосудистой стенки в норме (эхотрекинг)

Обследовано 150 практически здоровых детей в возрасте от 5 до 17 лет (75 девочек, 75 мальчиков). Дети были распределены на 6 групп соответственно полному возрасту: 5–6, 7–8, 9–10, 11–13, 14–15, 16–17 лет.

Для сравнения обследованы 34 практически здоровых взрослых от 18 до 40 лет (7 группа, 20 – женщин, 14 – мужчин).

Хранение данных и статистическая обработка осуществлялась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010. Анализируемые величины по группам представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее значение,  $m$  – ошибка среднего. Достоверность различий определялась по  $t$ -критерию Стьюдента [37]. Данные считались статистически достоверными при значении  $p < 0,05$  (таблица 9).

Таблица 8  
УЗДС. Показатели  $V_{ps}$  (см/с) по экстракраниальному отделу БЦАу здоровых детей ( $M$  ( $\min \div \max$ ))

Возраст, лет	ОСА	ВСА	НСА	ПА
3–5	90 (80÷100)	87 (74 ÷100)	70 (58 ÷82)	64 (57 ÷71)
5–7	86 (73÷99)	81 (67÷95)	62 (58 ÷66)	61 (53 ÷69)
7–10	81 (65÷97)	90 (73÷107)	67 (56 ÷78)	57 (51 ÷63)
9–11	72 (54÷90)	70 (61 ÷79)	58 (52 ÷64)	51 (47 ÷55)
11–13	72 (60÷84)	78 (70÷86)	58 (55 ÷61)	51 (48÷54)
13–15	75 (68÷82)	73 (66 ÷80)	59 (56 ÷62)	43 (40 ÷46)
15–18	73 (68÷78)	74 (69 ÷79)	61 (59 ÷63)	47 (43 ÷51)

БЦА – брахиоцефальные артерии, ОСА – общая сонная артерия, ВСА – внутренняя сонная артерия, НСА – наружная сонная артерия, ПА – позвоночные артерии,  $V_{ps}$  – скорость кровотока пиковая систолическая,  $M$  – среднее значение по выборке,  $\min \div \max$  – минимальное и максимальное значение в выборке

Таблица 9  
Показатели упруго-эластических свойств общей сонной артерии у здоровых детей в зависимости от возраста здоровых детей и взрослых ( $M \pm m$ )

Группы	Возраст, лет (n – кол-во)	Коэффициент поперечной податливости (СС, мм <sup>2</sup> /кПа)	Индекс артериальной жесткости (SI, B)	Модуль эластичности (EM, кПа)	Скорость распространения пульсовой волны (PWV, м/с)
1	5–6 (n=26)	1,48±0,12	3,76±0,37	36,4±2,3	4,08±0,16
2	7–8 (n=21)	1,45±0,15	3,42±0,22	35,0±2,3	4,04±0,26
3	9–10 (n=26)	1,48 ±0,13	5,08±0,18	45,6±3,5	4,68±0,36
4	11–13 (n=28)	1,25±0,11	5,69±0,53	47,3±1,7	5,24±0,24
5	14–15 (n=22)	1,23±0,10	5,90±0,77	52,4±3,6	5,34±0,32
6	16–17 (n=27)	1,23±0,10	5,87±0,34	51,1±3,3	5,25±0,16
7	30–40 (n=34)	0,85±0,03	6,19±0,25	73,93±2,56	5,97±0,13

$M$  – среднее значение по выборке,  $m$  – медиана выборки, СС – коэффициент поперечной податливости, SI – индекс артериальной жесткости, EM – модуль эластичности, PWV – корость распространения пульсовой волны.  
По СС – нет достоверных различий ( $p < 0,05$ ) по группам детей, достоверные различия группы взрослых со всеми группами детей.  
По SI – 1 и 2 группы достоверно различались со всеми другими группами, между собой не различались. 3 группа достоверно отличалась от 6 и 7 группы. 4, 5, 6 и 7 группы между собой не различались. Группа взрослых достоверно отличалась от всех групп детей.  
По EM – 1 и 2 группы достоверно различались со всеми другими группами, между собой не различались. 3, 4, 5, 6 группы между собой не различались. Группа взрослых достоверно отличалась от всех групп детей.  
По PWV – 1 и 2 группы достоверно различались со всеми другими группами, между собой не различались. 3, 4, 5, и 6 группы между собой не различались. Группа взрослых достоверно отличалась от всех групп детей.

Измерения параметров упруго-эластических свойств брахиоцефальных артерий проводили на наиболее доступной для исследования ОСА. Исследования проводили в режиме WTrack, в котором используются высокоточные измерения динамики диаметра сосуда в течение сердечного цикла.

Для оценки упруго-эластических свойств артерии использовали следующие параметры: коэффициент поперечной податливости (СС, мм<sup>2</sup>/кПа), индекс артериальной жесткости (SI, β), модуль эластичности Петерсона (EM, кПа), скорость распространения пульсовой волны (PWV, м/с).

Коэффициент поперечной податливости (Cross-sectional compliance coefficient – CC) – эластичности в поперечном сечении, отражает изменение площади поперечного сечения в систолу (ΔA) на единицу прироста давления (ΔP):  $CC = 7,6 \times \Delta A / \Delta P$ .

Индекс артериальной жесткости (SI) – отражает растяжение стенки сосуда (Arterial stiffness index, β), прямо коррелирующий с жесткостью сосудистой стенки.

Модуль эластичности Петерсона (EM) – отражает количественную характеристику растяжимости.

К настоящему времени выполнено ряд исследований по изучению жесткости артерий у детей, где оценка жесткости проводилась преимущественно по одному показателю – PWV или КИМ (комплекс intima-media) [13–16].

Из таблицы 9 видно, что с увеличением возраста наблюдается тенденция к уменьшению СС, то есть, снижению поперечной податливости (эластичности). Различия между группами детей различных возрастов статистически недостоверны ( $p > 0,05$ ). Достоверно меньшая эластичность наблюдается в группе взрослых здоровых по сравнению со всеми группами детей ( $p < 0,05$ ).

Индекс артериальной жесткости (SI), модуль эластичности (EM) и (PWV) увеличиваются с возрастом. Динамику этих показателей можно наблюдать на рисунке (рисунок 2). Группы детей в 5–6 и 7–8 лет по значениям всех показателей жесткости между собой не различались. Значения этих показателей увеличивались до возраста 11–13 лет, а затем до 17 лет практически не менялись (см. рисунок).

Взрослые, обследуемые (группа 7) по значениям показателей SI, EM и PWV достоверно отличалась от всех групп детей ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, полученные результаты показали, что с повышением возраста детей уменьшается эластичность и, соответственно, увеличивается жесткость общей сонной артерии. Показатели жесткости у здоровых взрослых 30–40 лет значительно выше по сравнению с детьми [37].

Очевидно, что повышение жесткости артерий с увеличением возраста связано с изменениями структуры стенки сосуда (уменьшением нормального содержания эластина и увеличением аномального коллагена), что является основной причиной изменения упруго-эластических свойств сосудов при увеличении возраста.

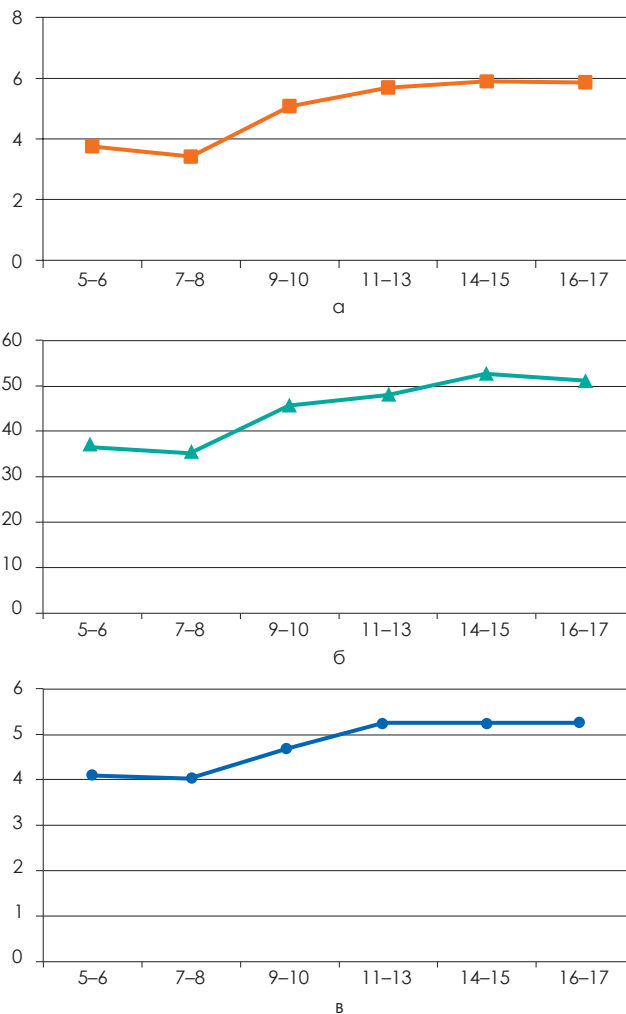


Рисунок. Динамика показателей жесткости SI (а), EM (б), PWV (в) в зависимости от возраста детей

Нами получены статистически достоверно не отличающиеся средние значения PWV (СРПВ) у детей (от  $4,08 \pm 0,16$  до  $5,25 \pm 0,16$  м/с) по сравнению с другими авторами ( $3,3 \pm 0,7$  м/с,  $3,55 \pm 0,5$  м/с,  $3,66 \pm 0,55$  м/с). По другим показателям жесткости сонной артерии полученные результаты, в целом, также, практически, не отличаются от результатов других исследователей.

При изменениях эластичности (жесткости) сосудов в различные возрастные периоды регистрируется изменение показателей упруго-эластических свойств (артериальной жесткости). Изменение строения соединительнотканной основы артериальной стенки при ДСТ, в том числе и у детей, является конституциональным фактором риска сосудистых нарушений (транзиторных ишемических атак, инсультов) [9, 11, 16–19, 20, 25].

Полученные результаты показывают, что эхотрекинг является высокочувствительным методом оценки упруго-эластических свойств сонной артерии, позволивший выявить различия в жесткости (эластичности) сосуда в зависимости от возраста детей.

Применение этого метода может иметь важные профилактические последствия, поскольку результаты его могут служить маркерами раннего выявления патологии артерий головного мозга.

## Обсуждение

Начальные проявления церебральной сосудистой патологии могут формироваться в детстве и имеют ряд особенностей, на что указывают ведущие детские неврологи. Но, у детей дисфункция церебральной гемодинамики может проявляться рассеянной микроочаговой симптоматикой: от головной боли, нарушения речи и поведения до нарушения мозгового кровообращения [4–6, 9, 11, 19, 20, 23, 25].

У пациентов детского возраста трудности диагностики гемодинамических нарушений связаны с отсутствием результатов скрининговых исследований брахиоцефальных сосудов, разноточением показателей «нормы» и некорректным применением «нормы» взрослых пациентов для детей [3–6, 9, 12–14].

Результаты Н. Vode, проведенных за один год исследований (1985–1986 гг.) 502 пациентов детского возраста с различными неврологическими заболеваниями приводятся и в настоящее время во многих публикациях как норма, хотя автором обследования здоровых детей не проводились [12, 14].

При проведении скрининговых исследований экстракраниального отдела БЦС у детей часто регистрируются случайно патологические деформации БЦА, и только при активном расспросе детей и их родителей, выявляются симптомы цереброваскулярных нарушений [19–21, 25].

И несмотря на то, что во многих публикациях представлена патология строения внутренних сонных артерий (ВСА), как частая причина мозговых сосудистых катастроф у взрослых пациентов, значение этих аномалий у детей остается вопросом дискуссий.

При этом, УЗДГ БЦС позволяет даже при минимальном количестве предъявляемых жалоб и отсутствии клинических проявлений, выявить нарушения (структурные и/или функциональные) сосудистого характера, рекомендовать медикаментозную (патогенетически обоснованную) терапию, динамическое наблюдение [15, 25, 34–37].

Нами разработаны показания для назначения ультразвуковой транскраниальной доплерографии (дуплексного сканирования) в комплексном обследовании детей от полугода до 18 лет:

1. Нарушение мозгового кровообращения (инсульт и его последствия).
2. Головные боли (мигрень, головные боли напряжения, посттравматические головные боли и т. д.).
3. Головокружения.
4. Пароксизмальные состояния (синкопы, мигрень, мигрень-эпилепсия).
5. Синдром дефицита внимания и гиперактивности, нарушения речи.
6. Нарушение памяти, сна.
7. Повышенная утомляемость, снижение умственной, физической активности, метеозависимость, непереносимость транспорта, жары, духоты, замкнутых помещений.
8. Синдромы классифицированной (дифференцированной) и неклассифицированной (недифференцированной) дисплазии соединительной ткани.

9. Последствия черепно-мозговых травм, травм позвоночника.
10. Аномалии строения шейного и грудного отдела позвоночника (позвонок, краниовертебрального перехода: аномалия Арнольда – Киари 0, Арнольда – Киари I, выявленные методами лучевой диагностики (рентгенография, МРТ, КТ).
11. Аномалии строения (деформации, аплазии, гипоплазии) интракраниальных (глубоких вен мозга) и экстракраниальных сосудов.
12. Нарушения артериального давления (повышенное или низкое), пороки сердца, нарушения сердечного ритма давление.
13. Синдромы нарушения рефракции глаза (миопия, гиперметропия и т.д.).
14. Тугоухость 1–2 степени.

## Выводы

Установлены ультразвуковые показатели физиологической нормы артериальной и венозной гемодинамики у детей от 18 месяцев до 18 лет.

Разработан протокол и алгоритм ультразвукового сканирования брахиоцефальных сосудов у детей.

Установлены показания для ультразвукового исследования детей.

Проведена оценка методом эхотрекинга упруго-эластических свойств брахиоцефальных артерий у здоровых детей в соответствии с возрастом.

Разработанный алгоритм комплексного ультразвукового исследования брахиоцефальной гемодинамики в детском возрасте: ТКДГ/ТКДС, затем УЗДС, обосновывает маршрутизацию пациентов амбулаторно-поликлинического звена.

Ультразвуковые методы не рассматриваются как замена или альтернатива МРТ, ангиографии методикам. Тем не менее, в большинстве случаев, особенно у пациентов детского возраста УЗ методы обеспечивают высокую диагностическую информацию и, учитывая неинвазивность, помогают уменьшить негативные реакции ребенка, дают возможность неоднократного обследования.

В последние десятилетия педиатры пришли к выводу, что такие неинвазивные методы визуализации брахиоцефальных сосудов, как ТКДГ, ТКДС, УЗДС, необходимо проводить при скрининговых, систематических обследованиях детей для выявления цереброваскулярной патологии, что позволит осуществлять раннюю профилактику и, при необходимости, назначать патогенетически обоснованную терапию.

## Список литературы / References

1. Doppler C. *Über das farbige Licht der Dopplersterne und einiger anderer Gestirne des Himmels*. 11th ed. *Abhandlungen der Königlichen Bohemischen Gesellschaft der Wissenschaften*, 1842. 466–482. pp.
2. Aasilid R., Markwalder T., Nornes H. *Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocities in basal cerebral arteries II*. *J. Neurosurg*, 1982. V.57. P. 769–774 pp.
3. Андреев А.В. *Руководство по клинической ультразвуковой доплерографии в детской неврологии*. СПб. 1995. 132 с. Andreev A.V. *Guidelines for Clinical Doppler Ultrasound in Pediatric Neurology*. St. Petersburg. 1995. 132 p. (In Russ.)

4. Нестеровский Ю.Е. Дифференцированная диагностика и лечение первичных головных болей детского возраста. Современные аспекты. Москва: Дисс. канд. мед. наук, 2006. 120 с.  
Nesterovsky Yu. E. Differentiated diagnosis and treatment of primary headaches in childhood. Modern aspects. Moscow: Diss. Cand. honey. Sci., 2006. 120 p. (In Russ.)
5. Лобов М.А., Чекалина Н.В., Горина Л.С. Скринирующие исследования цереброваскулярных расстройств у детей. М: Альманах клинической медицины., 2000. том: 3, стр. 179–184 с.  
Lobov M.A., Chekalina N.V., Gorina L.S. Screening studies of cerebrovascular disorders in children. Moscow: Almanac of Clinical Medicine., 2000. Volume: 3, pp. 179–184. (In Russ.)
6. Рычкова И.В. Транскраниальное дуплексное сканирование у детей с синдромом головной боли. М: Автореферат диссертации на соискание кандидата медицинских наук, 2008.  
Rychkova I.V. Transcranial duplex scanning in children with headache syndrome. Moscow: Abstract of the dissertation for the degree of candidate of medical sciences, 2008. (In Russ.)
7. Bode H. Pediatric application of transcranial Doppler sonography. Wien: N.Y.; Springer-Verlag, 1988. 108 p.
8. Trihan J.E. Perez-Martin A., Guillaumat J, Lanéelle D. Normative and pathological values of hemodynamic and Doppler ultrasound arterial findings in children. VASA, 2020. 49(4):1–11 с.
9. Абрамова М.Ф. К проблеме диагностического алгоритма цереброваскулярной патологии у детей. Роль ультразвуковой диагностики. Клиническая физиология кровообращения, 2011. 53–55 с.  
Abramova M.F. On the problem of the diagnostic algorithm of cerebrovascular pathology in children. The role of ultrasound diagnostics. Clinical Physiology of Blood Circulation, 2011. 53–55 p. (In Russ.)
10. Шахнович А.Р., Шахнович В.А., Галушкина А.А. Неинвазивная оценка эластичности и резервной емкости черепно-verteбрального содержимого путем измерения скорости потока в прямом синусе с помощью TCD во время теста на наклон тела. Москва: Журн. Нейровизуализация, 1999. 141–149 с.  
Shakhnovich A.R., Shakhnovich V.A., Galushkina A.A. Noninvasive assessment of elasticity and reserve capacity of craniovertebral contents by measuring the flow rate in the rectal sinus using TCD during the body tilt test. Moscow: Zhurn. Neuroimaging, 1999. 141–149 p. (In Russ.)
11. Смирнова Ю.В. Шульц Т.Е. Нарушения мозгового кровообращения при патологической извитости внутренних сонных артерий. //Неврологический журнал, 2007. № 2: 8–11 с.  
Smirnova Yu.V., Shults T.E. Disorders of cerebral circulation in pathological tortuosity of internal carotid arteries. Neurological Journal, 2007. No 2: 8–11 p. (In Russ.)
12. Шишелова О.В. Морфофункциональное состояние сердца и магистральных сосудов у детей школьного возраста. Автореферат на соискание ученой степени канд. мед. наук. Архангельск, 2004.  
Shishelova O.V. Morphofunctional state of the heart and major vessels in school-age children. Abstract for the degree of Ph.D. in Medicine. Sciences. Arkhangelsk, 2004. (In Russ.)
13. Балахонова Т.В., Ершова А.И., Ежов М.В., Барбараш О. Л., Берштейн Л. Л., Богачев В. Ю., Воевода М. И., Генкель В.В., Гуревич В.С., Дупляков Д.В., Имаев Т.Э., Коновалов Г.А., Космачева Е.Д., Лобастов К.В., Митькова М.Д., Никифоров В. С., Ротарь О.П., Сучков. Фокусированное ультразвуковое исследование сосудов. Консенсус российских экспертов. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022. 21(7): 105–126 с.  
Balakhonova T.V., Ershova A.I., Ezhov M.V., Barbarash O.L., Bershtein L.L., Bogachev V.Yu., Voyevoda M.I., Genkel V.V., Gurevich V.S., Duplyakov D.V., Imayev T.E., Kononov G.A., Kosmacheva E.D., Lobastov K.V., Mitykova M.D., Nikiforov V.S., Rotar O.P., Suchkov. Focused ultrasound examination of blood vessels. Consensus of Russian experts. Cardiovascular therapy and prevention. 2022. 21(7): 105–126 p. (In Russ.)
14. Hidvégi E.V., Illyés M., Benczúr B., Böcskei R.M., Rátgéber L., Lenkey Z., Molnár F.T., Cziráki A. Reference values of aortic pulse wave velocity in a large healthy population aged between 3 and 18 years. J. Hypertens, 2012. 30 (12), 2314–2321 pp.
15. Özcefin M, Celikyay ZR, Celik A, Yilmaz R, Yeriil Y, Erkorkmaz U. The importance of carotid artery stiffness and increased intima-media thickness in obese children. S Afr Med J, 2012. Mar 8;102(5):295-9 pp.
16. Riggio S., Mandraffino G., Sardo M.A. Pulse wave velocity and augmentation index, but not intima media thickness, are early indicators of vascular damage in hypercholesterolemic children. Eur. J. Clin. Invest., 2010. No. 40(3). 250–257 pp.
17. Данилюк Л.В., Погодина А.В., Рычкова Л.В. Жесткость артериальных сосудов: основные детерминанты, методы оценки и связь с ожирением у детей (обзор литературы). Acta Biomedica Scientifica, 2017. Том 2, № 5, Часть 1, 106–110 с.  
Danilyuk L.V., Pogodina A.V., Rychkova L.V. Arterial Vessel Stiffness: Main Determinants, Assessment Methods and Relationship with Obesity in Children (Literature Review). Acta Biomedica Scientifica, 2017. Volume 2, No 5, Part 1, 106–110 p. (In Russ.)
18. Болотова Н.В., Посохова Н.В., Новикова Е.П., Дронова Е. Г, Евсеева Е.А. Состояние сосудистой стенки у детей и подростков с метаболическим синдромом. Проблемы эндокринологии, 2014. 2, 8–12 с.  
Bolotova N.V., Posokhova N.V., Novikova E.P., Dronova E.G., Evseeva E.A. State of the vascular wall in children and adolescents with metabolic syndrome. Problems of Endocrinology, 2014. 2, 8–12 p. (In Russ.)
19. Абрамова М.Ф., Иванов С.В., Степанова И.А., Шурупова Н.С., Пыков М.И. Выявление раннего маркера цереброваскулярных нарушений у детей с синдромом дисплазии соединительной ткани методом Echo-Tracking. Вестник РНЦПР» № 4. 2021, 2021. 203–224 с.  
Abramova M.F., Ivanov S.V., Stepanova I.A., Shurupova N.S., Pykov M.I. Identification of an early marker of cerebrovascular disorders in children with connective tissue dysplasia syndrome by Echo-Tracking method. Vestnik RSCRR» No 4.2021, 2021. 203–224 p. (In Russ.)
20. Абрамова М.Ф., Степанова И.А., Зубарева Е.А. Возможности ультразвуковых методов диагностики для раннего выявления церебральных нарушений (ТИА инсульта) у детей с аномалиями строения брахиоцефальных сосудов. V Научно-практическая конференция «Восстановление поврежденного мозга у детей. Контроль внутричерепного давления. 18.02.2018 г., 2018.  
Abramova M.F., Stepanova I.A., Zubareva E.A. Possibilities of ultrasound diagnostic methods for early detection of cerebral disorders (TIA, stroke) in children with anomalies of the structure of brachiocephalic vessels. V Scientific and Practical Conference «Restoration of Damaged Brain in Children. Control of intracranial pressure. 18.02.2018, 2018. (In Russ.)
21. Абрамова М.Ф., Новоселова С.Н., Петрухин А.С. Оценка состояния экстракраниальной и интракраниальной гемодинамики в возрастном аспекте у здоровых детей. Москва: Материалы VI Российского конгресса «Современные технологии в педиатрии и детской хирургии». Москва. 2007 г. 25–26.  
Abramova M.F., Novoselova S.N., Petrukhin A.S. Assessment of the state of extracranial and intracranial hemodynamics in the age aspect in healthy children. Moscow: Proceedings of the VI Russian Congress «Modern Technologies in Pediatrics and Pediatric Surgery». Moscow. 2007. 25–26. (In Russ.)
22. Бокерия Л.А., Абрамова М.Ф., Степанова И.А., Новоселова С.Н., Шумилина М.В. К вопросу о стандартизации ультразвуковых исследований брахиоцефальных сосудов у детей. Клиническая физиология кровообращения. НЦССХ им. А.Н.Бакулева РАМН, 2014. № 3, 46–56. с.  
Bokeria L.A., Abramova M.F., Stepanova I.A., Novoselova S.N., Shumilina M.V. On the Issue of Standardization of Ultrasound Studies of Brachiocephalic Vessels in Children. Clinical physiology of blood circulation. A.N. Bakulev National Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences, 2014. No 3, pp. 46–56. with. (In Russ.)
23. Абрамова М.Ф. Ультразвуковые методы диагностики сосудистых нарушений головного мозга. Неврология детского возраста. М: Учебник. Под редакцией Петрухина А. С., «Медицина», 2004. 700 с.  
Abramova M.F. Ultrasonic methods for diagnosing vascular disorders of the brain. Pediatric neurology. Moscow: Textbook. Edited by Petrukhin A.S., «Medicine», 2004. 700 p. (In Russ.)
24. Абрамова М.Ф. Церебральный венозный кровоток. Вопросы нормы, патологии, диагностики в детском возрасте. Особенности ведения пациентов в амбулаторных условиях. Клиническая физиология кровообращения / НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2013. № 3, С. 65–71.  
Abramova M.F. Cerebral venous blood flow. Issues of normality, pathology, diagnostics in childhood. Features of patient management on an outpatient basis. Clinical physiology of blood circulation. A.N. Bakulev National Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences, 2013. No3, pp. 65–71. (In Russ.)
25. Абрамова М.Ф., Нестеровский Ю.Е., Новоселова С.Н., Шурупова Н.С. Структурные и функциональные цереброваскулярные нарушения у детей. Неврологические аспекты. Клиническая физиология кровообращения. Москва. 2009. 51–62 с.  
Abramova M.F., Nesterovsky Yu.E., Novoselova S.N., Shurupova N.S. Structural and functional cerebrovascular disorders in children. Neurological aspects. Clinical physiology of blood circulation. Moscow. 2009. 51–62 p. (In Russ.)
26. Абрамова М.Ф. Ультразвуковые методы диагностики сосудистых нарушений головного мозга. Неврология детского возраста. М: Учебник. Под редакцией Петрухина А.С., 2008. 784 с. 150–154.  
Abramova M.F. Ultrasonic methods for diagnosing vascular disorders of the brain. Pediatric neurology. Moscow: Textbook. Edited by Petrukhin A.S., 2008. 784, pp. 150–154. (In Russ.)
27. Абрамова М.Ф., Шаюнова С.В., Ивлева С.А. Новые возможности транскраниального дуплексного сканирования при патологии кавернозного синуса. Клиническая физиология кровообращения, 2010. № 4, 55–62 с.  
Abramova M.F., Shayunova S.V., Ivleva S.A. New possibilities of transcranial duplex scanning in cavernous sinus pathology. Clinical physiology of blood circulation, 2010. № 4, 55–62. (In Russ.)
28. Abramova M, Stepanova I, Shayunova S. Possibilities of transcranial color-coded sonography in pathology of deep brain veins in children. Bartels E, Bartels S, Poppert H (Editors): New Trends in Neurosonology and Cerebral Hemodynamics. Perspectives in Medicine, 2012. 1, 353–356. pp.
29. Abramova M., Stepanova, I., Novoselova S. Cerebral venous out flow in children's age. The normal indicators, pathology and diagnostics. ESNCH 2013. 18th Meeting of the European Society of Neurosonology and Cerebral Hemodynamics and 3rd Meeting of Cerebral Autoregulation Network. Porto, Portugal. 2013 May 24–27.
30. Абрамова М.Ф., Степанова И.А., Шаюнова С.В. Способ визуализации сосудов головного мозга. Детские болезни сердца и сосудов. № 1. 2014.  
Abramova M.F., Stepanova I.A., Shayunova S.V. Method of visualization of cerebral vessels. Children's Heart and Vascular Diseases, No 1. 2014. (In Russ.)
31. Абрамова М.Ф., Новоселова С.Н. Патент на изобретение Способ определения скртыой церебральной венозной недостаточности у детей. № 2549672 27.04.2015.  
Abramova M.F., Novoselova S.N. Patent for invention Method for determining latent cerebral venous insufficiency in children. № 2549672 27.04.2015. (In Russ.)
32. Baumgartner R.W., Arto C, Nirrko, René M, Müri, Friedrich Göner. Transoccipital Power-Based Color-Coded Duplex Sonography of Cerebral Sinuses and Veins. Stroke, 1997. 28:1319–1323 pp.
33. Абрамова М.Ф., Степанова И.А., Новоселова С.Н. Показатели нормы и особенности проведения ультразвуковых исследований брахиоцефальных

- сосудов у детей в возрастном аспекте. Детские болезни сердца и сосудов. ИЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2014. № 2, 46–57 с.  
 Abramova M.F., Stepanova I.A., Novoselova S.N. Normal Indicators and Features of Ultrasound Studies of Brachiocephalic Vessels in Children in the Age Aspect. Children's diseases of the heart and blood vessels. A.N. Bakulev National Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences, 2014. No 2, 46–57 p. (In Russ.)
34. Обреимова Н.И., Петрухин А.С. Основы анатомии, физиологии, гигиены детей и подростков. М: Академия, 2007. 384 с.  
 Obreimova N.I., Petrukhin A.S. Fundamentals of Anatomy, Physiology, Hygiene of Children and Adolescents. Moscow, Akademiya Publ., 2007. 384 p. (In Russ.)
35. Абрамова М.Ф., Шурупова Н.С. Ультразвуковое дуплексное сканирование и клинические особенности экстракраниальных аномалий внутренних сонных артерий у детей. Педиатрическая фармакология. 2009; 6 (3): 80–83.  
 Abramova M.F., Shurupova N.S. Ultrasound duplex scanning and clinical features of extracranial anomalies of internal carotid arteries in children. Pediatric pharmacology. 2009; 6 (3): 80–83. (In Russ.)
36. Абрамова М.Ф. Клинико-диагностические особенности брахиоцефальной патологии у детей. Клиническая физиология кровообращения. /ИЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН/, 2012. № 4, 55 с.  
 Abramova M.F. Clinical and diagnostic features of brachiocephalic pathology in children. Clinical physiology of blood circulation. /A.N. Bakulev National Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences/, 2012. No 4, 55 p. (In Russ.)
37. Абрамова М.Ф., Иванов С.В., Степанова И.А., Шурупова Н.С. Оценка упруго-эластических свойств брахиоцефальных артерий у здоровых детей различного возраста. Клиническая физиология кровообращения. ИЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2020. Т. 17, № 4, 313–318 с.  
 Abramova M.F., Ivanov S.V., Stepanova I.A., Shurupova N.S. Assessment of elastic properties of brachiocephalic arteries in healthy children of different ages. Clinical physiology of blood circulation. A.N. Bakulev National Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences, 2020. Vol. 17. No 4, 313–318 p. (In Russ.)

Статья поступила / Received 20.03.2025  
 Получена после рецензирования / Revised 21.03.2025  
 Принята в печать / Accepted 21.03.2025

#### Информация об авторах

**Абрамова Марина Федоровна**<sup>1,2</sup> – к.м.н., ведущий научный сотрудник  
 E-mail: de\_mar@bk.ru. ORCID: orcid.org/0000-0002-8801-8250  
**Пыков Михаил Иванович**<sup>2</sup> – д.м.н., профессор, зав. кафедрой  
 ORCID: orcid.org /0000-0003-3731-6263

<sup>1</sup> БУЗ «Научно-практический центр психического здоровья детей и подростков им. Г.Е. Сухаревой», Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Российская Федерация

#### Контактная информация:

Абрамова Марина Федоровна. E-mail: de\_mar@bk.ru

**Для цитирования:** Абрамова М.Ф., Пыков М.И. Оценка показателей церебральной и экстрацеребральной гемодинамики здоровых детей методами ультразвуковой диагностики. Медицинский алфавит. 2025;(12):7–17. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-12-7-17>

#### Author information

**Abramova Marina Fedorovna**<sup>1,2</sup> – Cand. Med. Sc.  
 E-mail: de\_mar@bk.ru. ORCID: orcid.org/0000-0002-8801-8250  
**Pikov Mikhail Ivanovich**<sup>2</sup> – Dr. Med. Sc., Professor  
 ORCID: orcid.org /0000-0003-3731-6263

<sup>1</sup> Scientific and practical center for mental health and adolescents named after G.E. Sukhareva, Health Department of Moscow, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russian Federation

#### Contact information

Abramova Marina Fedorovna. E-mail: de\_mar@bk.ru

**For citation:** Abramova M.F., Pikov M.I. Evaluation of cerebral and extracerebral hemodynamics in healthy children by ultrasonic methods. Medical alphabet. 2025;(12):7–17. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-12-7-17>

