

# КТ-перфузия, КТ-ангиография и дуплексное сканирование в диагностике функциональных нарушений у детей с аномалией Киари 1

Глаголев Н.В., Козлитина Т.Н., Чекалин К.П.

БУЗ ВО "Областная детская клиническая больница", Воронеж, Россия

## The CT-Perfusion, CT-Angiography and Duplex Scanning in the Diagnosis of Functional Disorders in Patients with Chiari Malformation 1 without Syringomyelia

Glagolev N.V., Kozlitina T.N., Chekalin K.P.

Region Children Hospital N2, Voronezh, Russia

**Цель исследования:** оценить с помощью метода КТ-перфузии клиническое значение изменений регионального кровотока на уровне краниовертебрального перехода у детей с аномалией Киари 1 (АК1).

**Материал и методы.** Проведено исследование взаимосвязи функциональных сосудистых нарушений и головной боли у 17 пациентов с АК1 от 2 до 18 лет с помощью методов дуплексного сканирования (ДС) и КТ-ангиографии (КТАГ). Метод КТ-перфузии был дополнительно использован в этой группе пациентов для объективизации полученных результатов.

**Результаты.** Установлена взаимосвязь параметров КТ-перфузии головного мозга с регрессом головной боли у пациентов с АК1 без сирингомиелии. Получена корреляция между методами ДС, КТАГ и КТ-перфузии.

**Выводы.** Применение метода КТ-перфузии у пациентов с АК1 подтвердило предположение об участии функциональных сосудистых нарушений на уровне краниовертебрального перехода в патогенезе клинических проявлений. Данные этого исследования могут быть использованы при определении показаний к хирургическому лечению больных с АК1 без сирингомиелии.

**Ключевые слова:** аномалия Киари 1, КТ-перфузия, КТ-ангиография, дуплексное сканирование.

\*\*\*

**Objective.** Estimated using the method of CT perfusion clinical significance of changes in regional blood flow at the level of craniovertebral junction in children with Chiari malformation 1 (CM1).

**Material and methods.** The study on the relationship of functional vascular disorders and headache in 17 patients with Chiari malformation 1 from 2 to 18 years by the methods of the duplex scanning (DS) and CT-angiography was

conducted. The method of the CT perfusion was further used in this group of patients, to the objectification of the results obtained.

**Results.** There is interrelation between parameters of CT brain perfusion and regression of headache in patients with CM1 without syringomyelia. There is correlation between the methods DS, CT-angiography and CT perfusion.

**Conclusions.** The method of CT perfusion in patients with CM1 confirmed the assumption about the participation of functional vascular disorders of the craniovertebral junction in the pathogenesis of clinical manifestations. The findings of this study can be used in determining the indications for surgical treatment of patients with CA1 without syringomyelia.

**Key words:** Chiari malformation 1, duplex scanning, CT-angiography, CT-perfusion.

\*\*\*

### Введение

Аномалия Киари 1 (АК1) – редкий порок развития краниовертебрального перехода (КВП), проявляющийся пролабированием миндалин мозжечка в большое отверстие (БО). При этом пороке развития центральной нервной системы (ЦНС) почти в половине случаев отмечается развитие сирингомиелии [1]. Основными показаниями к хирургическому лечению при этой патологии принято считать наличие неврологической симптоматики и сирингомиелии [2, 3]. Выбор метода лечения пациентов, у которых отсутствует сирингомиелия, остается одной из трудных клинических задач из-за отсутствия объективных показаний к хирургии.



У пациентов с АК1 нередко диагностируют функциональные изменения сосудов [4–6]. Методы компьютерной ангиографии (КТАГ) или дуплексного сканирования (ДС) опосредованно подтверждают предположение о возможном участии в патогенезе АК1 и ее клинических проявлений, в частности головной боли, изменений регионального кровотока на уровне КВП [7–9]. С целью объективной оценки этого предположения мы провели пациентам с АК1 прямой метод диагностики сосудистых изменений ЦНС – КТ-перфузию головного мозга и попытались провести корреляцию между результатами, полученными с помощью этого метода, и методами КТАГ и ДС.

### Материал и методы

В исследование вошло 17 пациентов с АК1 без сопутствующей сирингомиелии. Обследовано 9 (53%) мальчиков и 8 (47%) девочек, средний возраст  $11,8 \pm 5,7$  года. Всем пациентам была проведена декомпрессивная трепанация задней черепной ямки (ДЗЧЯ) в областной детской клинической больнице №2 г. Воронеж. Каждому из них до и после операции в разные сроки проводили ДС, КТАГ и КТ-перфузию, таким образом, что суммарная нагрузка в течение года не превышала 7–8 мЗв. Срок наблюдения за пациентами составил от года до 6 лет.

Исследование регионарного мозгового кровотока с помощью КТ-перфузии проводили при отсутствии у пациента какой-либо реакции на йодсодержащие, включая рентгеноконтрастные, препараты (со слов родителей) и при условии их информированного согласия. Перед исследованием пациент надевал защитный фартук (эквивалент свинца 0,35 Pb) и воротник на область шеи. Исследование проводили на сканере Siemens somatom emotion 6. В кубитальную вену устанавливали пластиковый катетер диаметром 16 G или 17 G. Голову пациента фиксировали мягкими подушками в положении максимального сгибания (подбородок приведен к груди) для оптимальной визуализации гемисфер мозжечка и исключения из поля исследования хрусталиков глаз. Исследование проводи-

ли без наклона гентри. Перед перфузионным исследованием обязательно проводили стандартное сканирование головного мозга в аксиальной проекции. Прицельное КТ-перфузионное исследование выполняли болюсно. С помощью автоматического шприца medrad вводилось 40 мл неионного контрастного препарата Ксенетикс 350 со скоростью 4 мл/с. Серия последовательных изображений отправлялась на рабочую станцию для последующей компьютерной обработки. Результаты оценивали как визуально с последующим цветным картированием, так и количественно, выбирая зону интереса (ROI). В итоге получали 6 изображений:

- в проекции максимальной интенсивности пикселей (MIP) (рис. 1, а);
- средняя скорость мозгового кровотока (в мл/мин) (рис. 1, б);
- на максимуме контрастного усиления (рис. 1, в);
- средний объем мозгового кровотока (в процентах по отношению к объему вещества головного мозга) (рис. 2, а);
- в момент старта (в секундах) (рис. 2, б);
- в момент пика (в секундах) (рис. 2, в).

Значение перфузионных параметров оценивали в областях интереса в форме окружности диаметром 10 мм. Проводили сравнительный анализ изменений среднего значения перфузионных параметров у пациентов до и после декомпрессивной трепанации ЗЧЯ, проведенной по поводу АК1.

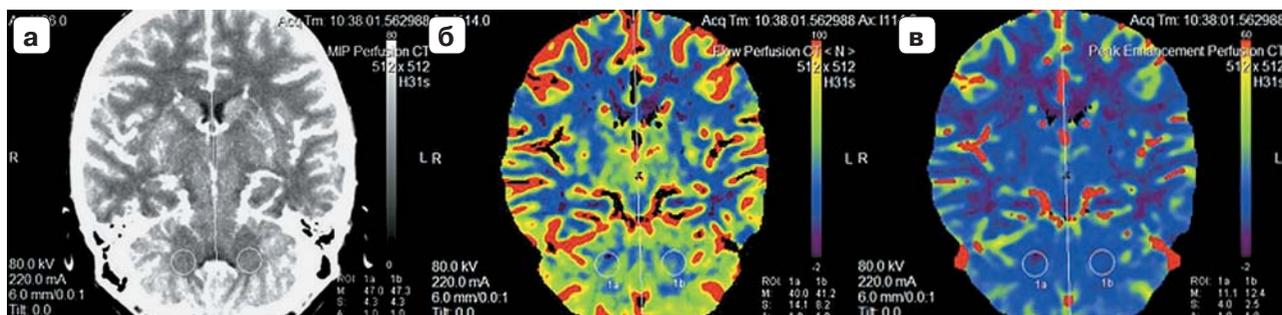
В качестве индикаторов возможных функциональных сосудистых нарушений (ФСН) на уровне КВП мы приняли анатомические показатели сегмента V4 позвоночной артерии (ПА), полученные при КТАГ до и после операции (расширение венозного сплетения в проекции КВП, сужение V4 сегмента ПА), и функциональные показатели, полученные при УЗДГ (коэффициент асимметрии кровотока по ПА, линейная скорость кровотока по венам субокципитального позвоночного сплетения). Было проведено сравнение результатов КТ-перфузии с клинической картиной и данными УЗДГ и КТАГ. В качестве основного клинического симптома мы приняли головную боль из-за час-

**Для корреспонденции:** Глаголев Николай Владимирович – 394024 Россия, Воронеж, ул. 45-й Стрелковой Дивизии, 64. БУЗ ВО “Областная детская клиническая больница №2”. Тел: +7-473-237-28-77, +7-919-187-45-39 (моб.). E-mail: nglag@mail.ru

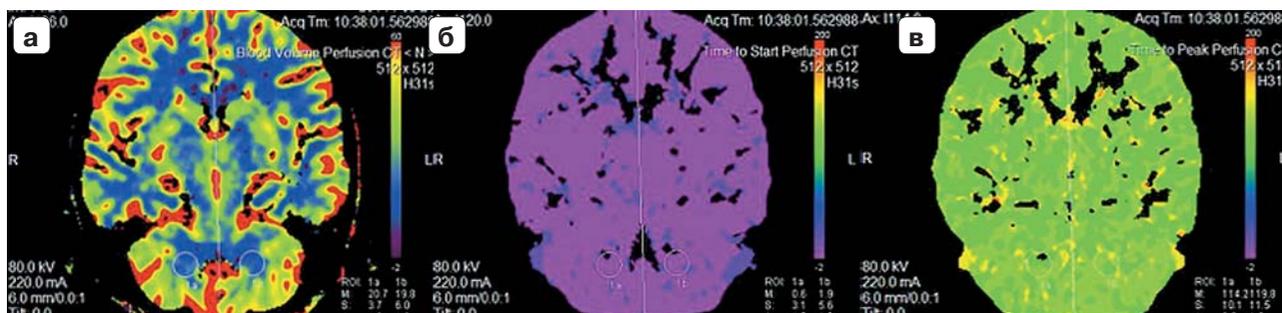
**Глаголев Николай Владимирович** – канд. мед. наук, врач-нейрохирург, заместитель главного врача по хирургии БУЗ ВО ОДКБ №2, Воронеж; **Козлитина Татьяна Николаевна** – канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения нейрохирургии БУЗ ВО ОДКБ №2, Воронеж; **Чекалин Константин Петрович** – врач-рентгенолог рентгенологического отделения БУЗ ВО ОДКБ № 2, Воронеж.

**Contact:** Glagolev Nikolay Vladimirovich – 394031, Russia, Voronezh, 45 Strelcovoy Divizii str., 64, region children hospital №2. Phone: +7-473-237-28-77, +7-919-187-45-39 (mob.). E-mail: nglag@mail.ru

**Glagolev Nikolay Vladimirovich** – cand. of med. sci., neurosurgeon, Chief of surgery of region children hospital №2, Voronezh; **Kozlitina Tatiana Nikolaevna** – cand. of med. sci., neurosurgeon of neurosurgery department of region children hospital №2, Voronezh; **Chekalin Konstantin Petrovich** – radiologist of radiology department of region children hospital №2, Voronezh.



**Рис 1.** Изображения методом КТ-перфузии: в проекции максимальной интенсивности пикселей (MIP) (а), средняя скорость мозгового кровотока (б), на максимуме контрастного усиления (в). Зона измеряемых перфузионных параметров отмечена окружностями.



**Рис 2.** Изображения методом КТ-перфузии: средний объем мозгового кровотока (а), в момент старта (в секундах) (б), в момент пика (в секундах) (в). Зона измеряемых перфузионных параметров отмечена окружностями.

той его встречаемости и использования в практике одним из показаний к хирургическому лечению пациентов с АК1. Методом корреляционного анализа проводили определение взаимосвязи между показателями КТАГ, УЗДГ БЦС и КТ-перфузией.

### Результаты и их обсуждение

До операции у всех пациентов были оценены индикаторы ФСН на уровне КВП. В динамике до и после операции у 13 (76,5 %) детей произошли количественные изменения параметров этих индикаторов. Дооперационный уровень головной боли по шкале ВАШ снизился у 15 (88,2%) пациентов. Анализ связи клинических, рентгенологических и ультразвуковых изменений в послеоперационном периоде установил, что такие признаки функциональных изменений гемодинамики, как

увеличение диаметров V4 сегмента ПА и уменьшение венозного позвоночного сплетения на уровне КВП, коррелируют с динамикой уровня головной боли у пациентов с АК1, т.е. ее регрессом после оперативного лечения ( $p > 0,1$ ) (табл. 1).

Анализ динамики среднего значения перфузионных параметров у пациентов с АК1 до и после ДЗЧЯ показал, что после операции изменениям подверглись три изучаемых параметра КТ-перфузии из шести: средняя скорость мозгового кровотока в сером веществе; средняя скорость мозгового кровотока в белом веществе; средний объем мозгового кровотока в белом веществе ( $p \leq 0,05$ ). Эти параметры были приняты для дальнейшего сравнительного анализа (табл. 2, 3).

Средняя скорость мозгового кровотока в сером и в белом веществе статистически коррели-

**Таблица 1.** Взаимосвязь динамики показателей сосудистых нарушений, полученных при КТАГ и УЗДГ, с динамикой уровня головной боли

Индикатор сосудистых нарушений на уровне КВП	Корреляция с динамикой уровня головной боли после оперативного лечения (p)
Расширение венозного сплетения в проекции КВП по данным КТАГ	0,080
Сужение V4 сегмента ПА по данным КТАГ	0,034
Коэффициент асимметрии кровотока по ПА по данным УЗДГ	0,074
Линейная скорость кровотока по венам субокципитального позвоночного сплетения по данным УЗДГ	0,034



**Таблица 2.** Анализ динамики среднего значения перфузионных параметров у пациентов с АК1 до и после операции

Параметр перфузии	Среднее значение перфузионных параметров у пациентов с АК1							
	до операции				после операции			
	белое вещество		серое вещество		белое вещество		серое вещество	
	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева
В проекции максимальной интенсивности пикселей	48,1 ± 2,1	48,2 ± 2,2	63,6 ± 2,5	62,3 ± 3,5	47,1 ± 2,3	46,5 ± 2,1	65,9 ± 2,1	65,5 ± 3,8
Средняя скорость мозгового кровотока, мл/мин	32 ± 1,5	37,9 ± 1,2	69,8 ± 2,4	77,5 ± 2,8	37 ± 1,2	38,9 ± 1,7	77,8 ± 2,5	78,3 ± 2,2
На максимуме контрастного усиления	5,6 ± 0,25	5,5 ± 0,3	10,6 ± 0,5	10,5 ± 0,3	5,9 ± 0,2	6,2 ± 0,2	9,7 ± 0,6	9,3 ± 0,5
Средний объем мозгового кровотока, %	2,1 ± 0,1	2,05 ± 0,1	4,1 ± 0,2	4,2 ± 0,1	2,9 ± 0,1	2,7 ± 0,1	5,1 ± 0,2	4,9 ± 0,1
Исследование в момент старта, с	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,1 ± 0,01
Исследование в момент пика, 0,1 с	20,2 ± 1,0	20,4 ± 1,4	20,3 ± 1,1	19,3 ± 1,0	22,2 ± 1,5	21,8 ± 1,1	21,7 ± 1,1	21,4 ± 1,5

**Таблица 3.** Взаимосвязь динамики уровня головной боли с динамикой изменения показателей КТ-перфузии у пациентов с АК1

Критерий оценки (признак)	Влияние на уровень головной боли (p)
Средняя скорость мозгового кровотока в сером веществе	0,0005
Средняя скорость мозгового кровотока в белом веществе	0,0014
Средний объем мозгового кровотока в белом веществе	0,138

рвала с уровнем головной боли у пациентов с АК1. Корреляция показателя среднего объема мозгового кровотока в белом веществе оказалась меньше, но также оставалась значимой (см. табл. 3).

Для оценки возможности изолированного использования индикаторов ФСН на уровне кранио-вертебрального перехода, получаемых при разных методах исследования (КТАГ, ДС, КТ-перфузии), для прогнозирования результатов ДЗЧЯ мы определили взаимосвязь между показателями КТАГ, ДС брахецефальных артерий (БЦА) и КТ-перфузии с помощью метода корреляционного анализа.

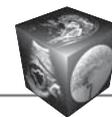
Установлено, что с увеличением коэффициента асимметрии кровотока по ПА по данным ДС БЦА меньше выражены венозные нарушения на уровне КВП по данным КТАГ ( $r = -0,51$ ) и меньше диаметр V4 сегмента ПА ( $r = -0,36$ ).

Чем больше венозные нарушения по данным ДС БЦА, тем меньше диаметр интракраниального сегмента ПА по данным КТАГ.

Чем меньше средняя скорость мозгового кровотока в белом и сером веществе по данным перфузии, тем выше коэффициент асимметрии кровотока по ПА ( $r = -0,32$ ) и больше нарушения венозного оттока по результатам ДС БЦА ( $r = -0,38$ ).

Клинико-патогенетическая роль сосудов КВП при аномалии АК1 остается малоизученной, так же как и механизмы развития ФСН и их взаимосвязь с данной аномалией [11]. Сторонники ликвороди-

намической теории развития АК1 в своих работах не рассматривают клиническое и патогенетическое значение сосудистых нарушений [2, 3] в развитии АК1. Однако ряд авторов [8, 9] в своих исследованиях подтверждают роль сосудистого фактора в патогенезе клинических проявлений аномалии Киари. Некоторые исследователи [5] при обследовании детей с АК1 и жалобами на головную боль отмечают выраженные нарушения церебральной гемодинамики по глубоким венам мозга, внутренним яремным и глазным венам, венам позвоночных и основного сплетения. Наряду с ДС для исследования сосудов широкое распространение получила КТАГ. По данным K.W. Muir и С. Santosh [12], по сравнению с ультразвуковыми методами диагностики КТАГ дает более точную информацию о сосудистой анатомии от сосудов дуги аорты до виллизиева круга и позволяет визуализировать венозные нарушения. Результаты исследований, проведенных на основании изучения МРА, подтверждают наличие нарушения формирования артерий преимущественно ВББ у пациентов с АК1 [4]. Наша работа дополняет полученные данные авторов о клинической роли ФСН на уровне КВП у пациентов с АК1 как минимум как индикаторов функционального неблагополучия в этой области. Определенная нами с помощью метода корреляционного анализа взаимосвязь между показателями КТАГ, ДС БЦА и КТ-перфузии показы-



вает возможность изолированного использования индикаторов ФСН на уровне КВП, получаемых при разных методах исследования (КТАГ, ДС, КТ-перфузия), для прогнозирования результатов ДЗЧЯ. В частности, эта взаимосвязь выражается в том, что с увеличением коэффициента асимметрии кровотока по ПА по данным ДС БЦА меньше выражены венозные нарушения на уровне КВП по данным КТАГ ( $r = -0,51$ ) и меньше диаметр V4 сегмента ПА ( $r = -0,36$ ). Чем больше венозные нарушения по данным ДС БЦА, тем меньше диаметр интракраниального сегмента ПА по данным КТАГ.

Метод КТ-перфузии нами был применен с целью объективизации вышеприведенных исследований, так как ни один из указанных в них методов не способен оценить капиллярный кровоток, дать сведения о скорости и объеме кровотока. Применение данного метода мы обосновывали на основании работ, изучавших его возможности [13, 14]. Несмотря на относительно новый метод, КТ-перфузия все чаще стала применяться в диагностике патологических изменений супратенториального уровня. Но в литературе практически отсутствуют данные об использовании КТ-перфузии для изучения гемодинамических изменений в проекции ствола мозга, мозжечке и затылочных долях при различных видах поражений в ВББ. И отсутствуют данные об использовании метода исследования при АК1. Наше исследование показало, что чем меньше средняя скорость мозгового кровотока в белом и сером веществе по данным перфузии, тем выше коэффициент асимметрии кровотока по ПА ( $r = -0,32$ ) и больше нарушения венозного оттока по результатам ДС БЦА ( $r = -0,38$ ). Таким образом методы КТАГ и ДС имеют диагностическое значение у пациентов с АК1, данные, полученные нами методом КТ-перфузии мозга, не противоречат этому положению [10].

Ранее в исследовании, проведенном с помощью КТАГ и ДС у пациентов с АК1, была установлена взаимосвязь между регрессом головной боли и уменьшением значений ФСН [7]. Полученные нами данные об улучшении параметров КТ-перфузии головного мозга на фоне регресса головной боли у пациентов с АК1 без сириномиелии также подтверждают эти данные.

## Заключение

Индикаторы ФСН, получаемые при ультразвуковых и рентгенологических методах исследования, такие как расширение венозного сплетения в проекции КВП, сужение V4 сегмента ПА, коэффициент асимметрии кровотока по ПА, линейная скорость кровотока по венам субокципитального позвоночного сплетения, средняя скорость моз-

гового кровотока в сером веществе, средняя скорость мозгового кровотока в белом веществе, средний объем мозгового кровотока в белом веществе, меняют свое значение после ДЗЧЯ у пациентов с АК1 без сириномиелии и коррелируют с динамикой уровня головной боли. Корреляционная связь между результатами исследований ФСН на уровне КВП, таких как КТАГ, ДС и КТ-перфузия, дает возможность по отдельности использовать эти методы в качестве помощников при определении показаний к хирургическому лечению АК1 и прогнозировании его исходов. ФСН у пациентов с АК1 при отсутствии ликвородинамических нарушений в виде гидроцефалии или сириномиелии могут являться единственными индикаторами неблагоприятного исхода на уровне КВП.

## Список литературы / References

1. Oakes W.J. Chiari malformations, hydromyelia and syringomyelia. Rengachary SS: Neurosurgery. 1985; 3: 2102–2124.
2. Ларионов С.Н., Валиулин М.А., Вельм А.И., Яковлев А.Б. Киари тип I – показания к хирургическому лечению. Материалы III съезда нейрохирургов России. СПб., 2002. 725 с.  
Larionov S.N., Valiulin M.A., Velm A.I., Yakovlev A.B. Chiari type 1 – indications for surgical treatment. Materials of III congress of neurosurgeons of Russia. SPb., 2002. 725 p. (In Russian)
3. Tubbs R.S., Beckman J., Naftel R.P. et al. Institutional experience with 500 cases of surgically treated pediatric Chiari malformation Type I. J. Neurosurg. Pediatr. 2011; 7 (3): 248–256.
4. Жукова М.В., Клочева Е.Г., Александров М.В., Митрофанов Н.А. Особенности строения магистральных артерий головы у пациентов с мальформацией Киари I типа при минимальной эктопии миндалин мозжечка. Курский научно-практический вестник "Человек и его здоровье". 2011; 3: 55–59.  
Zhukova M.V., Klocheva E.G., Aleksandrov M.F., Mitrofanov N.A. Structural features of major cerebral arteries in patients with Chiari malformation type I with a minimum ectopia of the cerebellar tonsils. Kursk scientific and practical messenger "Chelovek i ego zdorovie". 2011; 3: 55–59. (In Russian)
5. Абрамова М.Ф. К проблеме диагностического алгоритма цереброваскулярной патологии у детей. Роль ультразвуковой диагностики. Клиническая физиология кровообращения. 2011; 3: 53–55.  
Abramova M.F. The problem of diagnostic algorithm cerebrovascular pathology in children. The role of ultrasound diagnostics. Klinicheskaya fiziologiya krovoobrassheniya. 2011; 3: 53–55. (In Russian)
6. Севостьянов Д.В. Дифференцированный подход к хирургическому лечению больных мальформацией Киари I типа: Дис... канд. мед. наук. Екатеринбург, 2013. 145 с.  
Sevostyanov D.V. Differentiated approach to surgical treatment of patient with Chiari malformation, type 1. Dis. ... kand. med. nauk. Ekaterinburg, 2013. 145 p. (In Russian)



7. Крупина Н.Е., Пышкина Н.Е., Кабанов А.А. Состояние церебральной гемодинамики у больных с мальформацией Киари I типа. Неврологический вестник. 2001; 3-4: 18-23.  
Krupina N.E., Pyshkina N.E., Kabanov A.A. The state of cerebral hemodynamics in patients with Chiari malformation, type 1. Nevrologicheskiy vestnic. 2001; 3-4: 18-23. (In Russian)
8. Глаголев Н.В., Козлитина Т.Н., Шоломов И.И. и др. Церебральные сосудистые нарушения при аномалии Арнольда-Киари I у детей. Саратовский научно-медицинский журнал. 2012; 8 (1): 88-91.  
Glagolev N.V., Kozlitina T.N., Sholomov I.I. et al. Cerebral vascular disorders in children with Chiari malformation. Saratovsk. nauchno-meditsinskiy jurnal. 2012; 8 (1): 88-91. (In Russian)
9. Козлитина Т.Н. Гемодинамические нарушения при аномалии Киари I у детей: особенности диагностики и лечения: Дис... канд. мед. наук. СПб., 2012. 108 с.  
Kozlitina T.N. Hemodynamic disorders in children with Chiari malformation: features of diagnostics and treatment: Dis. ... kand. med. nauk. SPb., 2012. 108 p. (In Russian)
10. Пронин И.Н., Фадеева Л.М., Захарова Н.Е. и др. Перфузионная КТ: исследование мозговой гемодинамики в норме. Медицинская визуализация. 2007; 3: 8-12.  
Pronin I.N., Fadeeva L.M., Zaharova N.E. et al. CT-perfusion: the study of cerebral hemodynamic in normal. Meditsinskaya vizualizatsiya. 2007; 3: 8-12. (In Russian)
11. Комяхов А.В., Клочева Е.Г., Карлова Н.А. и др. Состояние венозного оттока и артериального кровообращения у больных с аномалией Киммерли. Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И. И. Мечникова. 2003; 1: 98-102.  
Komyakhov A.V., Klocheva E.G., Karlova N.A. et al. The condition of the venous outflow and arterial circulation in patients with the anomaly Kimmerly. Vestnik Sankt-Peterburgskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii im. I.I. Mechnikova 2003; 1: 98-102. (In Russian)
12. Muir K.W., Santosh C. Imaging of acute stroke and transient ischemic attack. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. 2005; 76: 3-12.
13. Camargo E.C.S., Koroshetz W.J. Neuroimaging of Ischemia and Infarction. NeuroRx. 2005; 2: 265-276.
14. Kloska S.P., Nabavi D.G., Gaus C. et al. Acute Stroke Assessment with CT: Do We Need Multimodal Evaluation? Radiology (RSNA). 2004; 233: 79-86.