

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar643137>

EDN: FAECCR



Диагностика перфузионных нарушений головного мозга у детей с краниосиностозами методом магнитно-резонансной томографии

М.В. Лукин, Я.А. Филин, Д.А. Береговский, Е.Д. Вышедкевич, А.Ю. Ефимцев, Г.Е. Труфанов

Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Краниосиностоз — это состояние, характеризующееся отсутствием или ранним закрытием швов черепа, приводящее к его характерным деформациям и вероятным развитием неврологических нарушений. На сегодняшний день интерес к ранней диагностике краниосиностозов неуклонно растет. Отсутствие своевременной коррекции синостозов приводит к замедлению роста костей черепа, его деформации, краниоцеребральной диспропорции и микроцефалии. Аномальная форма черепа приводит к компрессии вещества головного мозга, его оболочек и сосудов в наиболее деформированных участках. На современном этапе существует ряд методик, позволяющих неинвазивно оценить показатели мозгового кровотока. Динамическая контрастная МР-перфузия позволяет оценить относительные показатели мозгового кровотока в предполагаемых зонах компрессии головного мозга у детей с краниосиностозами.

Цель — провести оценку мозгового кровотока у детей с краниосиностозами с помощью контрастной динамической магнитно-резонансной перфузии, определяя относительные показатели (скорость мозгового кровотока (rCBF,) объем мозгового кровотока (rCBV)).

Материалы и методы. Обследовано 52 ребенка с различными типами краниосиностоза. Возраст участников варьировался от 3 до 38 мес. Исследование проводили с помощью аппарата с индукцией магнитного поля 1,5 Тл, с внутривенным введением парамагнитного контрастного средства в дозе 0,1 ммоль/кг, при этом пациенты находились под медикаментозным сном. Стандартный протокол исследования головного мозга был дополнен импульсной последовательностью динамической контрастной МР-перфузии.

Результаты. Анализ результатов показал, что при метопическом, моно- и бикоронарном синостозах показатели скорости мозгового кровотока и объема мозгового кровотока в области компрессии были ниже, чем в интактной области противоположного полушария. В отличие от этого, при сагиттальном краниосиностозе значимых различий в данных МР-перфузии не выявлено.

Заключение. В нашем исследовании продемонстрировано, что динамическая контрастная МР-перфузия может служить для оценки изменений церебральной перфузии. Это открывает новые возможности для планирования стратегии лечения пациентов. Описанная методика также может стать полезным инструментом для анализа динамики как раннего, так и позднего послеоперационного периода.

Ключевые слова: динамическая контрастная МР-перфузия; DSC-перфузия; краниосиностоз; краниоцеребральная диспропорция; магнитно-резонансная томография.

Как цитировать

Лукин М.В., Филин Я.А., Береговский Д.А., Вышедкевич Е.Д., Ефимцев А.Ю., Труфанов Г.Е. Диагностика перфузионных нарушений головного мозга у детей с краниосиностозами методом магнитно-резонансной томографии // Известия Российской военно-медицинской академии. 2025. Т. 44, № 2. С. 127–134. DOI: 10.17816/rmmar643137 EDN: FAECCR

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar643137>

EDN: FAAECR

Diagnosis of Impaired Brain Perfusion in Children with Craniosynostosis by Magnetic Resonance Imaging

Maxim V. Lukin, Yana A. Filin, Daniil A. Beregovskii, Elena D. Vyshedkevich, Aleksander Yu. Efimtsev, Gennady E. Trufanov

Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Craniosynostosis is a medical condition characterized by the premature fusion or absence of cranial sutures, leading to an abnormal head shape and a potential risk of neurological disorders. There is a growing interest in the early diagnosis of craniosynostosis. Delayed treatment of synostoses can impede normal cranial bone growth, resulting in cranial deformities, craniocerebral disproportion, and microcephaly. The abnormal head shape may result in the compression of brain tissue, meninges, and vascular structures in the affected regions. Noninvasive imaging techniques are currently available for assessing cerebral hemodynamics. Dynamic susceptibility contrast magnetic resonance perfusion facilitates the evaluation of relative cerebral blood flow in regions suspected of brain compression in pediatric patients with craniosynostoses.

AIM: To evaluate cerebral blood flow in children with craniosynostoses using dynamic susceptibility contrast magnetic resonance perfusion to determine relative hemodynamic parameters, such as cerebral blood flow and cerebral blood volume.

METHODS: The study included a total of 52 children diagnosed with different types of craniosynostosis. The age of the participants ranged from 3 to 38 months. They were assessed using a 1.5T magnetic resonance imaging scanner with an intravenous paramagnetic contrast agent (0.1 mmol/kg of body weight) administered during drug-induced sleep. The standard brain examination protocol was augmented with dynamic susceptibility contrast magnetic resonance perfusion pulse sequences.

RESULTS: A comprehensive analysis of the findings demonstrated that metopic, mono- and bicoronal synostosis were associated with reduced cerebral blood flow and blood volume in the compressed region when compared with the contralateral intact region. In contrast, no significant differences in magnetic resonance perfusion findings were identified between the affected and intact regions for the patients with sagittal craniosynostosis.

CONCLUSION: This study found that dynamic susceptibility contrast magnetic resonance perfusion can be a useful tool for assessing changes in cerebral perfusion. This finding offers novel prospects for planning treatment strategies. The proposed approach has the potential to serve as a valuable tool for patient assessments during both the early and late postoperative periods.

Keywords: dynamic susceptibility contrast MR perfusion; DSC perfusion; craniosynostosis; craniocerebral disproportion; magnetic resonance imaging.

To cite this article

Lukin MV, Filin YaA, Beregovskii DA, Vyshedkevich ED, Efimtsev AY, Trufanov GE. Diagnosis of Impaired Brain Perfusion in Children with Craniosynostosis by Magnetic Resonance Imaging. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2025;44(2):127–134. DOI: 10.17816/rmmar643137 EDN: FAAECR

Submitted: 17.12.2024

Accepted: 15.03.2025

Published: 30.06.2025

АКТУАЛЬНОСТЬ

Краниосиностоз, также известный как краниальный синостоз, краниостеноз или просто синостоз, — врожденное состояние, характеризующееся преждевременным закрытием одного или нескольких черепных швов. Этот процесс приводит к характерным деформациям черепа, асимметрии лица и нарушению развития мозга [1]. «Одиночный» синостоз, когда преждевременное закрытие затрагивает один черепной шов, или «сложный» синостоз, затрагивающий более одного шва, может возникать как первичное состояние (изолированное или в синдромальной форме) или вторично по отношению к различным основным причинам, таким как метаболические, внутричерепные, тератогенные или гематологические состояния [2, 3]. В ряде случаев краниосиностозы могут протекать бессимптомно, но часто могут приводить к повышению внутричерепного давления, развитию стойких неврологических, акустических, офтальмологических и когнитивных нарушений [1].

По данным литературы, эта патология встречается с частотой 1:2100–2900 новорожденных, чаще страдают мальчики, чем девочки (4:1), часто возникает уже при рождении, но становится все более заметной в первые месяцы жизни в виде деформации черепа [2]. Наиболее часто встречаемым является синостоз сагиттального шва (40–60% случаев), за ним следует коронарный синостоз [3]. В частности, в последние два десятилетия было обнаружено значительное увеличение диагностики краниосиностозов по сравнению с предыдущими годами.

В настоящее время интерес к краниосиностозам неуклонно растет вследствие роста частоты данного состояния и повышения уровня знаний о генетических причинах данной патологии [3]. С точки зрения причин краниосиностоз делится на первичный и вторичный. Первичный возникает из-за ненормального развития во время эмбрионального периода, что приводит к преждевременному закрытию швов. Вторичный обусловлен механическими, метаболическими или тератогенными факторами, влияющими на плод в утробе. Около 85% случаев первичного краниосиностоза являются изолированными, тогда как 15% связаны с мультисистемными синдромами. В большинстве случаев изолированного краниосиностоза закрывается только один шов. Преждевременное закрытие швов препятствует нормальному росту черепа в направлении, перпендикулярном закрытому шву, в то время как остальные швы компенсаторно растут [4, 5]. Существует классификация краниосиностозов, основанная на виде деформации черепа: скафоцефалия (закрытие сагиттального шва), тригоноцефалия (закрытие метопического шва), передняя плагиоцефалия (закрытие коронарного шва с одной стороны), брахицефалия (закрытие коронарных швов с обеих сторон), задняя плагиоцефалия (закрытие лямбдовидного шва с одной стороны), туррицефалия (закрытие лямбдовидных швов с обеих сторон),

оксицефалия (закрытие сагиттального и коронарных швов), деформация по типу «листа клевера» (закрытие сагиттального, коронарных и лямбдовидных швов).

Несмотря на то, что диагноз может быть поставлен после клинического осмотра, определить степень поражения черепа только по клиническому осмотру может быть сложно. Поэтому диагноз обычно подтверждается лучевыми методами исследования, особенно при сложном синостозе, когда планируется хирургическое лечение [6]. Визуализация действительно необходима для постановки точного диагноза, планирования операции, послеоперационного обследования и выявления сопутствующих аномалий, осложнений [7].

В настоящее время для диагностики краниосиностозов и связанных с ними интракраниальных патологий используются разнообразные методы лучевой диагностики, среди которых наиболее распространены компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) [8].

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) широко используется наряду с рентгенографией черепа, ультразвуковым исследованием (УЗИ) и МРТ для диагностики и наблюдения за пациентами с краниосиностозами [9]. Швы свода и основания черепа наиболее точно определяются на аксиальных и трехмерных реконструкциях поверхностно-оттененных изображений, которые в настоящее время считаются «золотым стандартом» в радиологической диагностике краниосиностоза [10]. Дооперационные КТ-изображения используются для подтверждения клинического диагноза, оценки структурных аномалий и нейрососудистой анатомии, а также для точного планирования хирургического вмешательства [11]. После операции КТ-изображения могут быть использованы для выявления возможных осложнений, оценки результатов операции и адекватности расширения костей свода черепа [11].

Появление МРТ открыло новые возможности для изучения патологии мозга, в том числе и в педиатрической практике [12]. Благодаря техническому прогрессу теперь возможна более детальная оценка состояния головного мозга и его оболочек без радиационной нагрузки, что является основным преимуществом МРТ. Однако ограниченная возможность визуализации костных структур, высокая стоимость, длительность исследования и необходимость анестезии делают МРТ, менее распространенным по сравнению с КТ.

Оперативное вмешательство по поводу краниосиностозов часто требуется из-за повышения внутричерепного давления, гидроцефалии и краниоцеребральной диспропорции, которые, как правило, развиваются при синдромальных или мультिशовных несиндромальных краниосиностозах [13]. Современные представления проблемы показывают, что при краниосиностозах в первую очередь происходят нарушения мозгового кровообращения, вызванные компрессией костями в области закрытых швов.

При этом такие клинические проявления, как задержка речевого развития, внутричерепная гипертензия, акустические и офтальмологические нарушения, могут проявляться значительно позже [14].

В научной среде ведется работа по оценке внутричерепного кровотока у детей с краниосиностозами с применением однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) и МРТ с методом бесконтрастной ASL-перфузии (артериальная спинальная маркировка) [15, 16]. Однако у этих методов есть свои недостатки: ОФЭКТ связана с радиационным воздействием, а бесконтрастная МР-перфузия не позволяет полноценно оценить все параметры мозгового кровообращения.

МР-перфузия широко используется для диагностики злокачественных опухолей и острого нарушения мозгового кровообращения, что позволяет различать зоны невосстановимых и потенциально обратимых изменений [17]. Однако эта методика еще не применяется в рутинной практике для диагностики перфузионных нарушений у детей с краниосиностозами. В зарубежной литературе имеются единичные исследования с использованием бесконтрастной ASL-перфузии, которая хотя и не требует введения контрастного вещества, предоставляет лишь информацию о скорости мозгового кровотока (Cerebral blood flow, CBF) [14, 15]. В отличие от нее динамическая контрастная МР-перфузия (Dynamic susceptibility contrast MR perfusion, DSC-perfusion, DSC-перфузия) наряду с CBF позволяет оценить большее количество параметров церебрального кровообращения, таких как объем мозгового кровотока (cerebral blood volume, CBV), время достижения пиковой концентрации контрастного вещества (Time to peak, TTP) и среднее время транзита контрастного вещества (Mean transit time, MTT).

Измерение перфузии тканей зависит от возможности последовательного измерения концентрации трассирующего агента в интересующем органе-мишени. Ранее использовались экзогенные трассирующие агенты, такие как ледяной физиологический раствор, йодированный рентгеноконтрастный материал и радионуклиды [14]. В последнее время, с появлением МРТ, стали использовать экзогенные трассирующие агенты, такие как парамагнитные контрастные препараты, и эндогенные трассирующие агенты, такие как магнитно-меченная кровь [14].

Методы экзогенного трассирующего вещества в МР-перфузии используют модель, которая предполагает, что трассирующее вещество ограничено внутрисосудистым компартментом и не диффундирует во внеклеточное пространство. Визуализация может проводиться как динамически (быстрая визуализация в течение времени при болюсном введении), так и в устойчивом состоянии (визуализация после достижения равновесной концентрации в крови при постоянной инфузии). Динамическая визуализация использует преимущества преходящих изменений в локальном магнитном поле окружающей ткани, вызванных прохождением болюса парамагнитного трассера

через капиллярную сеть органа. Эти изменения локального магнитного поля могут быть измерены как изменения сигнала на МР-томограммах. Кривые «время-концентрация» трассера могут быть проанализированы для определения различных гемодинамических параметров ткани (CBF, CBV, MTT, TTP). CBF определяется как объем крови, проходящий через определенный объем мозговой ткани в единицу времени, чаще всего миллилитры крови в минуту на 100 г мозговой ткани. CBV определяется как объем крови в данном объеме мозговой ткани, чаще всего это миллилитры крови на 100 г мозговой ткани. MTT рассчитывается путем деления CBV на CBF. TTP — это время, за которое концентрация контрастного вещества достигает максимума. CBF рассчитывается по формуле: $CBF = CBV / MTT$ [14]. Динамическая контрастная МР-перфузия позволяет оценить относительные показатели мозгового кровотока в предполагаемых зонах компрессии головного мозга у детей с краниосиностозами.

Цель исследования: провести оценку мозгового кровотока у детей с краниосиностозами с помощью контрастной динамической МР-перфузии, определяя относительные показатели (скорость мозгового кровотока (rCBF) и объем мозгового кровотока (rCBV))

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 52 ребенка, страдающих от различных типов краниосиностоза. Из них 12 детей (23%) имели синостоз сагиттального шва, 16 (31%) — метопического шва, 10 (19%) — односторонний коронарный синостоз, 6 (13%) — бикоронарный синостоз, 2 (4%) — лямбдовидный синостоз и 6 (13%) — затрагивающий все швы. Возраст участников варьировался от 3 до 38 мес. Исследование проводили с помощью аппарата с индукцией магнитного поля 1,5 Тл (Magnetom Espree, Siemens), с внутривенным введением парамагнитного контрастного средства в дозе 0,1 ммоль/кг, при этом пациенты находились под медикаментозным сном.

Стандартный протокол исследования головного мозга был дополнен импульсной последовательностью динамической контрастной МР-перфузии — «ep2d_perf» (табл. 1).

Цветные перфузионные карты CBF и CBV строились с использованием системы syngo.via (Siemens). После их получения вручную выделялась область интереса (Region of Interest, ROI), представляющая собой наиболее компримированные кортикально-субкортикальные отделы. После этого проводилось «отзеркаливание» с целью сравнения МР-сигнала с контралатеральной («здоровой») стороной. Индекс перфузии в зоне компрессии рассчитывался относительно интактной области как 100 (рис. 1).

Для статистической обработки был использован язык программирования R (версия 4.4.1). Рассчитаны средние значения относительных показателей мозгового кровотока в группах ± стандартное отклонение.

Таблица 1. Импульсные последовательности и параметры сканирования

Последовательность	TE, мс	TR, мс	FoV, мм	Толщина среза, мм	Угол наклона, градусы
T2-ВИ в аксиальной плоскости	113	4000	230	4	140
TIRM-ВИ в аксиальной плоскости	93	7000	230	4	140
T2-ВИ в коронарной плоскости	113	4000	230	4	140
T1-MPRAGE в сагиттальной плоскости (до и после КУ)	2,83	2300	256	1	160
ep2d_perf	1440	51	230	5	90

РЕЗУЛЬТАТЫ

При метопическом краниосиностозе (тригоноцефалия) в области компрессии (лобные доли) относительные значения rCBV и rCBF составили 87,4±25,5 и 84,6±19,8% соответственно по сравнению с теменно-затылочными зонами (рис. 1).

В случае монокоронарного синостоза (передняя плагиоцефалия) показатели в зоне компрессии (ипсилатеральная лобная доля) составили 94,5±4,2% (rCBV) и 94,2±3,4% (rCBF) относительно контралатеральной лобной доли, а по сравнению с затылочными долями — 85,3±4,8% (rCBV) и 88,1±9,1% (rCBF) (рис. 2).

При бикоронарном синостозе (брахицефалия) показатели в лобных долях составили 85,1±18,9% (rCBV)

и 87,3±15,3% (rCBF) относительно теменно-затылочных зон (рис. 3).

При заращении сагиттального шва (скафоцефалия) в теменных долях значения относительных показателей по сравнению с лобными и затылочными долями составили 98,9±2,2% (rCBV) и 99,5±3,2% (rCBF) (рис. 4).

Анализ результатов показал, что при метопическом, моно- и бикоронарном синостозах показатели rCBV и rCBF в области компрессии были ниже, чем в интактной области противоположного полушария. В отличие от этого, при сагиттальном краниосиностозе значимых различий в данных МР-перфузии не выявлено.

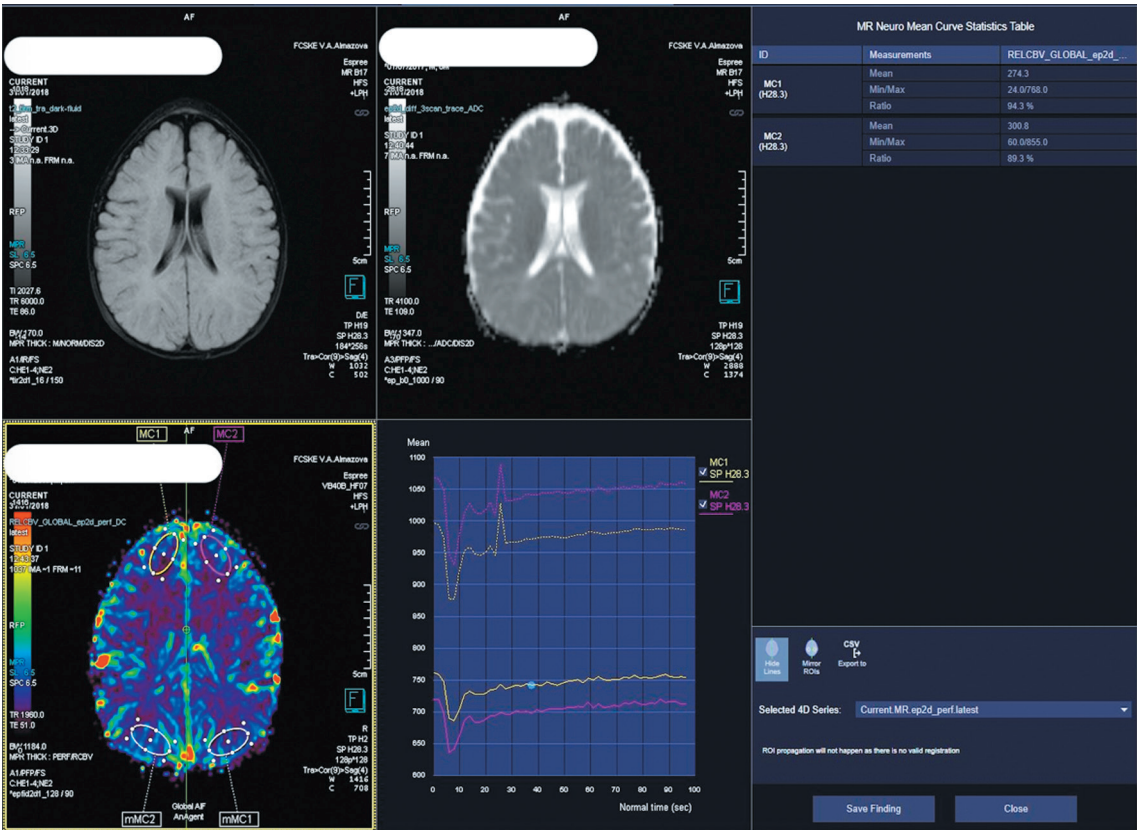


Рис. 1. Перфузионная карта CBV у пациента с метопическим синостозом. Относительные показатели перфузии указаны стрелками.

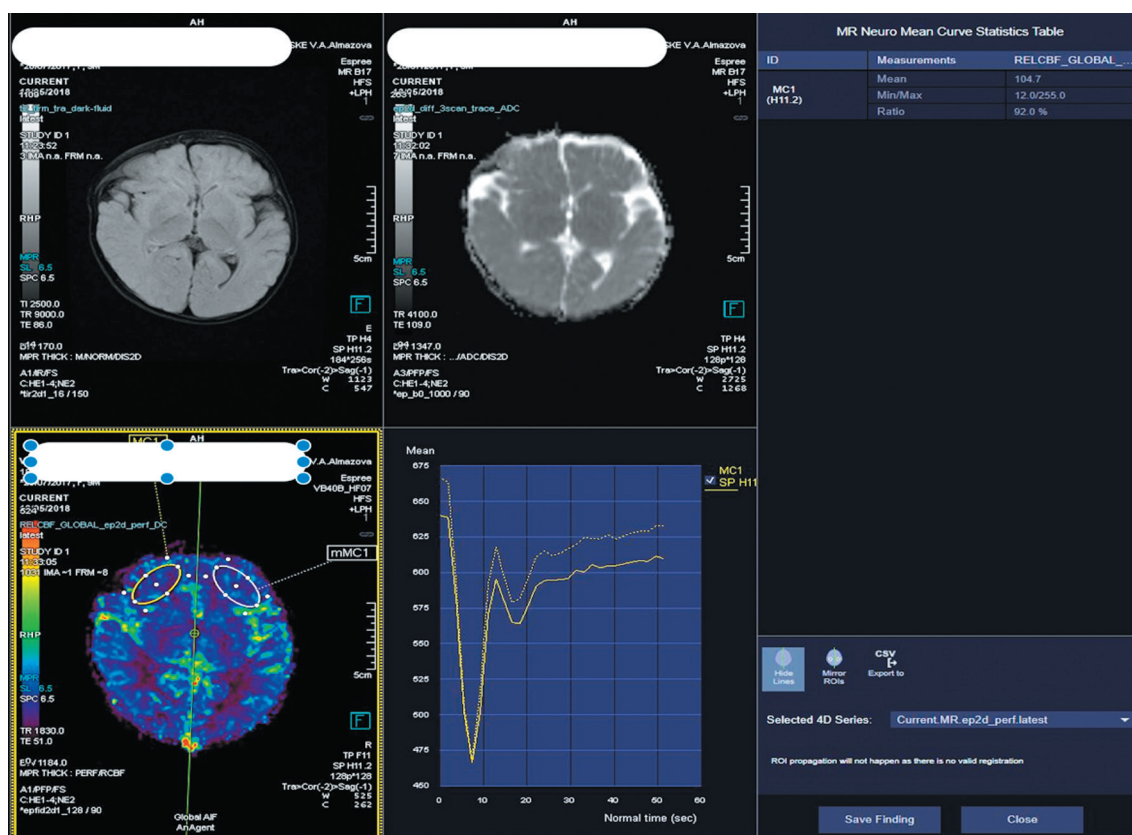


Рис. 2. Перфузионная карта CBF у пациента с правосторонним коронарным синустозом.

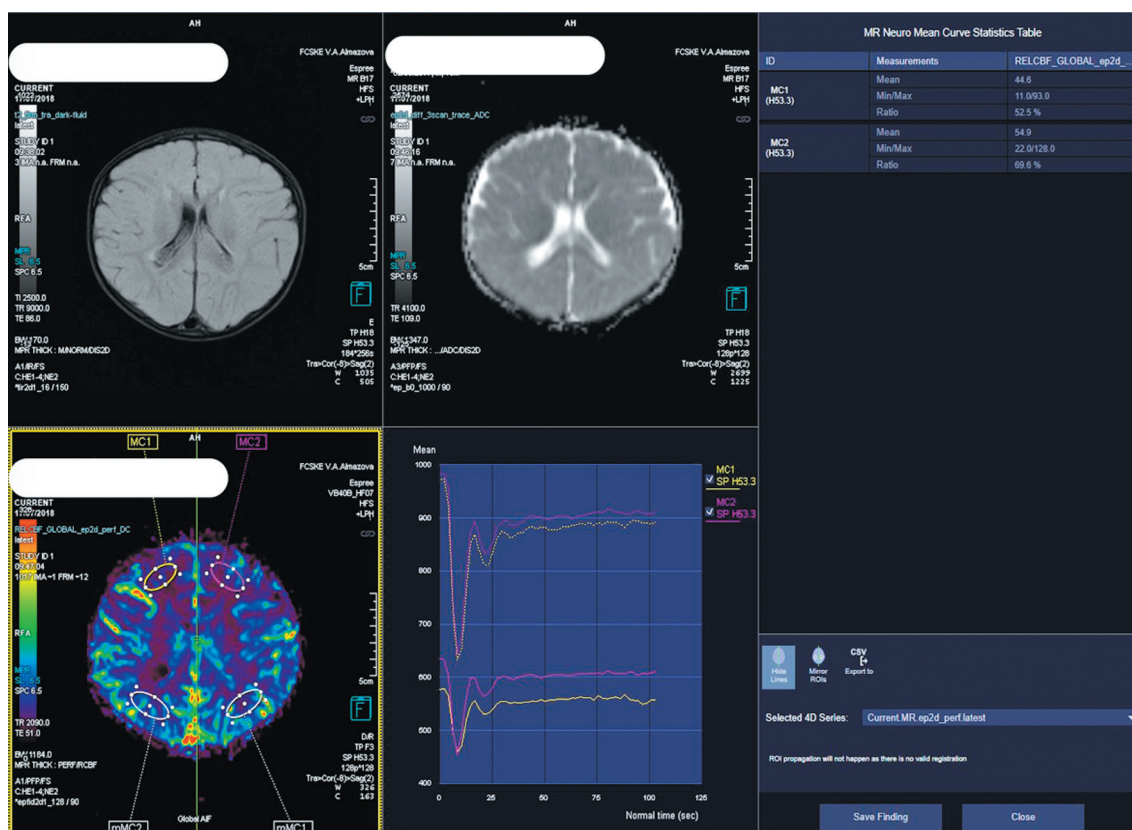


Рис. 3. Перфузионная карта CBF у пациента с бикоронарным синустозом.



Рис. 4. Перфузионная карта CBF у пациента с сагитальным синостозом.

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на высокий уровень диагностики, в настоящее время выявление краниосиностозов остается весьма низким, особенно на поликлиническом этапе [13]. Степень выявления «запущенных» краниосиностозов у детей старшего возраста высока. При раннем сращении швов происходит замедление роста костей черепа на фоне нормально растущего головного мозга, что приводит к краниоцеребральной диспропорции. Чем позже выявляется краниосиностоз, тем более выражена степень диспропорции, что может привести к развитию одного из самых серьезных последствий — внутричерепной гипертензии [18]. Благодаря высокому разрешению и тканевой дифференцировке МРТ позволяет отлично визуализировать структуру головного мозга, его ликворных пространств для поиска признаков повышения внутричерепного давления [16]. Стандартный протокол МРТ головного мозга, дополненный динамической контрастной МР-перфузией, позволяет также оценить показатели церебральной перфузии как дополнительный критерий к принятию решения об операции на ранних сроках. Согласно некоторым авторам, оптимальным возрастом для проведения оперативного лечения является 3–10 мес. [8]. Раннее выявление краниосиностозов в новорожденном периоде и в первые месяцы жизни может существенно повысить косметические и функциональные результаты лечения.

Выводы. В нашем исследовании продемонстрировано, что контрастная динамическая МР-перфузия может служить для оценки изменений церебральной перфузии. Это открывает новые возможности для планирования

стратегии лечения пациентов. Описанная методика также может стать полезным инструментом для анализа динамики как раннего, так и позднего послеоперационного периода.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Финансирование данной работы не проводилось.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России (выписка № 1210–23 из протокола заседания ЛЭК № 10-23 от 2 октября 2023 г.).

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFO

Author contributions: All authors made substantial contributions to the research and manuscript preparation, and reviewed and approved the final version prior to publication.

Conflict of interests: The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding sources: There was no funding for this work.

Ethics approval: The study was approved by the Local Ethics Committee of the Federal State Budgetary Institution Almazov National Medical Research Center of the Russian Ministry of Health (Abstract No. 1210–23 of Local Ethics Committee Protocol No. 10–23 dated October 2, 2023).

Consent for publication: Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information within the manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Cacciaguerra G, Palermo M, Marino L, et al. The Evolution of the Role of Imaging in the Diagnosis of Craniosynostosis: A Narrative Review. *Children (Basel)*. 2021;8(9):727. doi: 10.3390/children8090727
2. Neusel C, Class D, Eckert AW, et al. Multicentre approach to epidemiological aspects of craniosynostosis in Germany. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2018;56(9):881–886. doi: 10.1016/j.bjoms.2018.10.003
3. Alden TD, Lin KY, Jane JA. Mechanisms of premature closure of cranial sutures. *Childs Nerv Syst*. 1999;15(11–12):670–675. doi: 10.1007/s003810050456
4. Lattanzi W, Barba M, Di Pietro L, Boyadjiev SA. Genetic advances in craniosynostosis. *Am J Med Genet A*. 2017;173(5):1406–1429. doi: 10.1002/ajmg.a.38159
5. Ozerova VI, Korniyenko VN, Roginsky VV. Current neuroimaging techniques in the diagnosis of childhood craniosynostosis. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2009;(4–6):23–30. EDN: TQIWD
6. Esparza J, Hinojosa J, García-Recuero I, et al. Surgical treatment of isolated and syndromic craniosynostosis. Results and complications in 283 consecutive cases. *Neurocirugia (Astur)*. 2008;19(6):509–29. doi: 10.1016/s1130-1473(08)70201-x
7. Massimi L, Bianchi F, Frassanito P, et al. Imaging in craniosynostosis: when and what? *Childs Nerv Syst*. 2019;35(11):2055–2069. doi: 10.1007/s00381-019-04278-x
8. Roginsky VV, Khachatryan VA, Satanin LA, et al. Current issues of diagnostics and surgical treatment of children with craniosynostosis. *Childhood Neurosurgery and Neurology*. 2019;59(1):56–74. (In Russ.)
9. Kaasalainen T, Männistö V, Mäkelä T, et al. Postoperative computed tomography imaging of pediatric patients with craniosynostosis: radiation dose and image quality comparison between multi-slice computed tomography and O-arm cone-beam computed tomography. *Pediatr Radiol*. 2023;53(8):1704–1712. doi: 10.1007/s00247-023-05644-3
10. Furuya Y, Edwards MSB, Alpers CE, et al. Computerized tomography of cranial sutures. Part 1: Comparison of suture anatomy in children and adults. *J Neurosurg*. 1984;61(1):53–58. doi: 10.3171/jns.1984.61.1.0053
11. Da Costa AC, Anderson VA, Savarirayan R, et al. Neurodevelopmental functioning of infants with untreated single-suture craniosynostosis during early infancy. *Childs Nerv Syst*. 2012;28(6):869–877. doi: 10.1007/s00381-011-1660-1
12. Lukin MV, Medenikov AA, Trufanov GE. Possibilities of dynamic contrast MR perfusion of the brain in children with craniosynostosis. *Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A.L. Polenova*. 2023;15(S1):123. EDN VGAOXA
13. Sufianov AA, Gaibov SSKh, Sufianov RA. Nonsyndromic craniosynostoses: state-of-the-art. *Rossiiskiy vestnik perinatologii i pediatrii*. 2013;58(6):33–37. EDN: RRTSQR
14. Petrella JR, Provenzale JM. MR perfusion imaging of the brain: techniques and applications. *AJR Am J Roentgenol*. 2000;175(1):207–219. doi: 10.2214/ajr.175.1.1750207
15. de Planque CA, Mutsaerts HJMM, Keil VC, et al. Using Perfusion Contrast for Spatial Normalization of ASL MRI Images in a Pediatric Craniosynostosis Population. *Front Neurosci*. 2021;15:698007. doi: 10.3389/fnins.2021.698007. PMID: 34349619
16. Rosen BR, Belliveau JW, Chien D. Perfusion imaging by nuclear magnetic resonance. *Magn Reson Q*. 1989;5(4):263–281. PMID: 2701285
17. Rebrikova VA, Sergeev NI, Padalko VV, et al. The use of MR perfusion in assessing the efficacy of treatment for malignant brain tumors. *Zh Vopr Neirokhir Im N N Burdenko*. 2019;83(4):113–120. doi: 10.17116/neiro201983041113 EDN: KZKBOP
18. Makar KG, Garavaglia HE, Muraszko KM, et al. Computed tomography in patients with craniosynostosis: a survey to ascertain practice patterns among craniofacial surgeons. *Ann Plast Surg*. 2021;87(5):569–574. doi: 10.1097/SAP.0000000000002751

ОБ АВТОРАХ

Лукин Максим Владимирович, аспирант кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой; ORCID: 0000-0001-5008-954X; eLibrary SPIN: 1211-7685; e-mail: lukin.mv.radiology@gmail.com

Филин Яна Альбертовна, ординатор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой; ORCID: 0009-0009-0778-6396; e-mail: filin_yana@mail.ru

***Береговский Даниил Андреевич**, ординатор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой; адрес: 197341, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; ORCID: 0009-0008-7964-7857; e-mail: bereg.daniil96@mail.ru

Вышедкевич Елена Дмитриевна, врач-рентгенолог отделения магнитно-резонансной томографии; ORCID: 0000-0001-9698-1795; e-mail: vyshedkevich.ed@mail.ru

Ефимцев Александр Юрьевич, докт. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой; ORCID: 0000-0003-2249-1405; eLibrary SPIN: 3459-2168; e-mail: atralf@mail.ru

Труфанов Геннадий Евгеньевич, докт. мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой; ORCID: 0000-0002-1611-5000; e-mail: trufanovge@mail.ru

AUTHORS' INFO

Maxim V. Lukin, postgraduate student of the Radiology and Medical Imaging Department with a Clinic; ORCID: 0000-0001-5008-954X; eLibrary SPIN: 1211-7685; e-mail: lukin.mv.radiology@gmail.com

Yana A. Filin, resident of the Radiology and Medical Imaging Department with a Clinic; ORCID: 0009-0009-0778-6396; e-mail: filin_yana@mail.ru

***Daniil A. Beregovskii**, resident of the Radiology and Medical Imaging Department with a Clinic; address: 2, Akkuratova st., Saint Petersburg, Russia, 197341; ORCID: 0009-0008-7964-7857; e-mail: bereg.daniil96@mail.ru

Elena D. Vyshedkevich, radiologist of the Magnetic Resonance Imaging Department; ORCID: 0000-0001-9698-1795; e-mail: vyshedkevich.ed@mail.ru

Alexander Yu. Efimtsev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor of the Radiology and Medical Imaging Department with the Clinic; ORCID: 0000-0003-2249-1405; eLibrary SPIN: 3459-2168; e-mail: atralf@mail.ru

Gennady E. Trufanov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, the Head of the Radiology and Medical Imaging Department with the Clinic; ORCID: 0000-0002-1611-5000; e-mail: trufanovge@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author