



Возможности методов нейровизуализации в оценке временных этапов развития ишемического инсульта у детей

© Молодцов М.С.^{2, 1*}, Горбунов А.В.^{1, 3}, Умеренков В.Н.¹,
Кессель А.Е.¹, Кузнецова А.А.¹, Хасанова К.А.¹, Левов А.В.¹

¹ ГБУЗ города Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ города Москвы»; 119049 Москва, 4-й Добрынинский пер., д. 1/9, Российская Федерация

² ГБУЗ города Москвы «Городская клиническая больница имени Л.А. Ворохобова ДЗ города Москвы»; 123423 Москва, ул. Саляма Адила, д. 2/44, Российская Федерация

³ ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России; 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

Цель исследования. Проанализировать данные компьютерной (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) у детей с ишемическим инсультом на разных временных этапах патологического процесса и определить значение полученных результатов.

Материал и методы. В основу исследования положен анализ результатов обследования 105 детей (в возрасте от 29-го дня жизни до 18 лет) с клиническими проявлениями инсульта, которым проведена КТ в 48 и МРТ в 101 случае, из них сочетание было в 44 случаях. При статистическом сравнении характеристик МРТ-сигнала очага ишемического нарушения мозгового кровообращения (иНМК) в режимах T2ВИ и FLAIR применялся критерий Мак-Немара. При описательной статистике использовалось определение медианы, а при качественных данных – определение абсолютных и относительных частот с указанием 95% доверительного интервала.

Результаты. КТ позволяет выявить очаговое поражение при иНМК на начальных этапах его развития в 62,5% случаев, но не дает возможность дифференцировать стадию, в отличие от МРТ, которая позволяет определить сверхострую, острую, раннюю и позднюю подострую стадии. В связи с малоразличимыми характеристиками МРТ-сигнала от очага иНМК на T2-, T1ВИ, FLAIR и ДВИ ($b = 1000$) в сочетании с ИКД-картой в острую и раннюю подострую стадии необходимо проводить анализ перифокальных изменений очага ишемии головного мозга (ГМ). Установлено, что в острую и раннюю подострую стадии режимы T2ВИ и FLAIR могут быть взаимозаменяемы, так как имеют одинаковые характеристики МР-сигнала очагового изменения в этот временной промежуток.

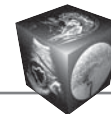
Обсуждение. Проведенное исследование продемонстрировало возможности КТ и МРТ у детей с иНМК в выявлении и определении временных этапов развития патологического процесса. Определена МРТ-семиотика очага иНМК на этапе первых 21 сут от момента развития неврологической симптоматики. Установлен диагностический МРТ-признак, позволяющий дифференцировать острую с ранней подстрой стадией, а также режимы при МРТ-обследовании, необходимые для установления времени от момента возникновения неврологической симптоматики. Выявлены различия в МРТ-семиотике иНМК у детей и взрослых, которые могут возникать в результате физиологических особенностей детского мозга, обуславливающих течение патологического процесса.

Заключение. Нейровизуализация методами КТ и МРТ является обязательной у детей с клинической картиной нарушения мозгового кровообращения. Отсутствие очагового поражения в веществе ГМ на КТ-изображениях с сохраняющейся или нарастающей неврологической симптоматикой создает потребность в проведении МРТ. Применение КТ дает возможность определить очаговое поражение вещества ГМ, но не позволяет оценить временные границы развития иНМК, в отличие от МРТ, которая на основании совокупного анализа разных режимов сканирования и оценки периферических отделов очагового поражения позволяет дифференцировать стадийность ишемического инсульта.

Ключевые слова: КТ; МРТ; детский возраст; инфаркт мозга; ишемический инсульт

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Работа выполнена в ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ Москвы».



Для цитирования: Молодцов М.С., Горбунов А.В., Умеренков В.Н., Кессель А.Е., Кузнецова А.А., Хасанова К.А., Левов А.В. Возможности методов нейровизуализации в оценке временных этапов развития ишемического инсульта у детей. *Медицинская визуализация*. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1491>

Поступила в редакцию: 04.07.2024. **Принята к печати:** 11.06.2025. **Опубликована online:** 13.10.2025.

Potential of neuroimaging methods in assessing the time stages of development of ischemic stroke in children

© Maxim S. Molodtsov^{2, 1*}, Alexander V. Gorbunov^{1, 3}, Victor N. Umerenkov¹, Alexandr E. Kessel¹, Alexandra A. Kuznetsova¹, Ksenia A. Khasanova¹, Aleksandr V. Levov¹

¹ Morozov Children's Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department; 1/9, 4 Dobryninsky per., Moscow 119049, Russian Federation

² L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department; 2/44, Salam Adil str., Moscow 123423, Russian Federation

³ Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostriviyanova str., Moscow 117997, Russian Federation

Purpose of the study. To analyze the data of computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) in children with ischemic stroke at different time stages of the pathological process and determine the significance of the results obtained.

Materials and methods. The study is based on the analysis of the examination results of 105 children (aged from 29 days to 18 years) with clinical manifestations of stroke, who underwent CT in 48 cases and MRI in 101 cases, of which a combination was in 44 cases. In statistical comparison of the characteristics of the MRI signal of the focus of ischemic cerebrovascular accident (iCVA) in T2-WI and FLAIR modes, the McNemar criterion was used. In descriptive statistics, the definition of the median (Me) was used, and in qualitative data – the definition of absolute and relative frequencies with an indication of the 95% confidence interval (CI).

Results. CT allows to detect focal lesion in ischemic stroke at the initial stages of its development in 62.5% of cases, but does not provide the opportunity to differentiate the stage, unlike MRI, which allows to determine the hyperacute, acute, early and late subacute stages. Due to the poorly distinguishable characteristics of the MRI signal from the focus of ischemic stroke on T2-WI, T1-WI, FLAIR and DWI ($b = 1000$) in combination with the ADC map in the acute and early subacute stages, it is necessary to analyze perifocal changes in the focus of cerebral ischemia. It was found that in the acute and early subacute stages, the T2-WI and FLAIR modes can be interchangeable, since they have the same characteristics of the MR signal of the focal change in this time interval.

Discussion. The conducted study demonstrated the capabilities of CT and MRI in children with iCVA in identifying and determining the time stages of the pathological process development. MRI semiotics of the iCVA focus at the stage of the first 21 days from the moment of development of neurological symptoms were determined. A diagnostic MRI sign was established that allows differentiating the acute with the early subacute stage, as well as the modes in MRI examination necessary to establish the time from the moment of occurrence of neurological symptoms. Differences in MRI semiotics of iCVA in children and adults were revealed, which can occur as a result of physiological features of the child's brain, causing the course of the pathological process.

Conclusions. Neuroimaging using CT and MRI methods is mandatory in children with a clinical picture of cerebrovascular accident. The absence of focal lesions in the brain tissue on CT images with persistent or increasing neurological symptoms creates the need for MRI. The use of CT makes it possible to determine focal lesions in the brain tissue, but does not allow assessing the time limits for the development of ischemic stroke, unlike MRI, which, based on a combined analysis of different scanning modes and assessment of the peripheral parts of the focal lesion, allows differentiating the stages of ischemic stroke.

Keywords: CT; MRI; childhood; cerebral infarction; ischemic stroke

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

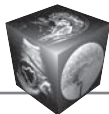
The work was carried out at the Morozov Children's City Clinical Hospital of the Moscow Health Department.

For citation: Molodtsov M.S., Gorbunov A.V., Umerenkov V.N., Kessel A.E., Kuznetsova A.A., Khasanova K.A., Levov A.V. Potential of neuroimaging methods in assessing the time stages of development of ischemic stroke in children. *Medical Visualization*. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1491>

Received: 04.07.2024.

Accepted for publication: 11.06.2025.

Published online: 13.10.2025.



Авторы выражают благодарность доктору медицинских наук Мазаеву Александру Павловичу за инновационные идеи и существенную помощь в написании данной статьи.

Введение

Педиатрический инсульт – это остро возникшая очаговая или общемозговая неврологическая симптоматика, которая длится более 24 ч в результате острого нарушения мозгового кровообращения у детей в периоде от 29-го дня жизни ребенка до 18 лет [1, 2]. Актуальность проблемы ишемического нарушения мозгового кровообращения (иНМК) в педиатрической практике обусловлена увеличением частоты его встречаемости, активным применением и развитием методов лучевой диагностики [3, 4]. В 2014 г. на базе ГБУЗ “Морозовская ДГКБ ДЗМ” был создан Центр по лечению цереброваскулярной патологии у детей и подростков, по данным которого отмечено, что в 2014 г. число пациентов, поступивших в стационар с клинической картиной НМК, составляло 169 человек, а в 2020 г. – 408 [5].

Особенности этиологии иНМК, неспецифическое клиническое течение заболевания, а также патологические процессы, имитирующие неврологические симптомы, значительно увеличивают временные границы диагностики и создают существенные трудности в установлении истинной причины возникшего состояния [6, 7]. Нейровизуализация методами компьютерной (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) позволяет своевременно установить тип патологического процесса, оценить его размеры, локализацию и распространенность, что способствует выбору тактики лечения [8]. Известно о возможности МРТ в определении причины возникновения иНМК на основе МРТ-семиотики очагового поражения [9, 10].

В связи с развитием методов лечения иНМК у детей [11, 12] перед лучевой диагностикой встает вопрос не только быстрого и точного установления причины возникновения очаговых изменений в структуре головного мозга (ГМ), но и определения временных границ развития патологического процесса. Метод КТ является начальным этапом нейровизуализации ребенка, поступившего с клинической картиной НМК. Известно о диагностической возможности КТ в разные стадии формирования иНМК у взрослых: в первые 3 ч развития инфаркта ГМ выявление ранних КТ-признаков возможно в 31–53% случаев, а после 6 ч чувствительность не превышает 67% [13, 14]. Применение КТ может ответить на вопрос о наличии очагового поражения ГМ при иНМК, но, в отли-

чие от МРТ, не позволяет установить временные границы развития патологического процесса. В литературе описана МРТ-семиотика иНМК на разных временных этапах у пациентов взрослой популяции [15, 16]. При этом необходимо сказать о возможных трудностях использования МРТ-семиотики иНМК у взрослого населения при детском возрасте, которые обусловлены особенностями физиологии развития головного мозга ребенка [17]. Известно, что перфузия ГМ у детей сильно отличается в зависимости от возраста. Максимальные показатели перфузии отмечены в периоде 2–4 лет жизни ребенка, а показатели, характерные для взрослого населения, наблюдаются к 11 годам жизни [18]. Кроме того, описаны различия в количестве эритроцитов и концентрации гемоглобина в детском возрасте, с наибольшими значениями в возрасте первых двух лет жизни [19]. Особенности физиологии детского мозга в разные возрастные периоды могут влиять на скорость протекания патологических процессов, в связи с этим описанная в литературе КТ- и МРТ-визуализация иНМК стадий инфаркта ГМ может отличаться от взрослой популяции.

Таким образом, КТ и МРТ являются основными методами диагностики при иНМК в детском возрасте и позволяют установить наличие патологического процесса. Однако развитие методов лечения иНМК у детей требует установления временных границ, которые могут быть дифференцированы благодаря методам нейровизуализации на основе анализа семиотики очагового поражения.

Цель исследования: проанализировать данные КТ и МРТ у детей с ишемическим инсультом на разных временных этапах патологического процесса и определить значение полученных результатов.

Материал и методы

Проанализированы результаты обследования 105 детей с клиническими проявлениями НМК на разных временных этапах развития патологического процесса, у которых в результате выполнения нейровизуализации методами КТ и МРТ установлено иНМК. Обследованы дети в возрасте от 29-го дня жизни до 18 лет, средний возраст составил 72 мес [14; 132], мальчиков было 64 (61%) и девочек 41 (39%) (табл. 1).

КТ проводилась на аппаратах Philips Brilliance iCT Elite 256 срезов и Toshiba Aquilion Prime 160 срезов, а МРТ – на аппарате фирмы Toshiba Vantage Atlas с индукцией магнитного поля 1,5 Тл, Philips Ingenia 1,5 Тл и Philips Omega HP 3 Тл. Анализировались бесконтактные КТ- и МРТ-изображения.



Таблица 1. Распределение детей с ишемическим нарушением мозгового кровообращения по полу и возрасту
Table 1. Distribution of children with ischemic cerebrovascular accident by gender and age

Показатель / Parameter	
Пол / Gender	
М / Male	64 (61%)
Ж / Female	41 (39%)
Возраст, годы / Age, years	
0–2	27 (25.7%)
2–6	21 (20%)
6–10	26 (24.8%)
10–18	31 (29.5%)
Медиана, мес / Median, months [25–75]	72 [14; 132]

Методом КТ обследовано 48 детей, МРТ – 101, сочетанным методом – 44. Протокол МРТ-обследования включал в себя следующие режимы сканирования: T2 TSE (T2ВИ), T2 FLAIR (FLAIR), а также диффузно-взвешенные изображения (ДВИ) EPI с фактором диффузии $b = 0$ и $b = 1000$, позволяющим получить измеряемый коэффициент диффузии (ИКД) с толщиной среза 3 мм и T1 TSE (T1ВИ) с толщиной среза 1 и 3 мм. В 56 случаях МРТ-исследование включало импульсную последовательность по магнитной восприимчивости (T2*/SWI): в период первых 6 ч – у 11 пациентов, в период 6–48 ч – у 21, в период 3–7 сут – у 19 и в период 7–21 сут – у 5 пациентов.

Классификация стадий иНМК основывалась на времени от момента возникновения неврологической симптоматики из анамнестических данных.

Для статистического сравнения характеристик МР-сигнала очага иНМК на всех временных эта-

пах патологического процесса в режимах сканирования T2ВИ и FLAIR использовался критерий Мак-Немара. При описательной статистике количественных признаков применялось определение медианы (Me) с указанием показателей нижнего (25-го) и верхнего (75-го) квартилей. Описание качественных данных проводилось с помощью абсолютных и относительных частот с указанием 95% доверительного интервала (ДИ).

Результаты исследования

В результате анализа КТ- и МРТ-обследований у детей с иНМК установлены особенности локализации очагового поражения в веществе ГМ. В каротидном бассейне кровоснабжения инфаркт ГМ определялся в 67,6% ($n = 71$) случаев, в вертебробазилярном – в 13,3% ($n = 14$), а сочетание поражения обоих бассейнов наблюдалось в 19,1% ($n = 20$) случаев. Очаги иНМК наиболее часто располагались в зонах ГМ, кровоснабжаемых средней мозговой артерией (77,1%, $n = 81$), как при изолированном, так и в сочетании с другими бассейнами кровоснабжения. Отмечено, что обособленная локализация патологического процесса в бассейнах передней (3,8%, $n = 4$) и задней (2,9%, $n = 3$) мозговых артерий, базилярной (основной) (2,9%, $n = 3$) и позвоночной (0,95%, $n = 1$) артериях встречается редко, а чаще наблюдается сочетание этих зон кровоснабжения.

Проанализированы КТ-исследования 48 детей на разных временных этапах развития патологического процесса (табл. 2).

Из данных табл. 2 видно, что применение КТ позволило выявить очаговое поражение ГМ на всех этапах формирования иНМК. При этом отмечена низкая диагностическая возможность метода на этапе первых 12 ч, всего в 27% случаев, в отли-

Таблица 2. КТ у детей с клиническими проявлениями нарушения мозгового кровообращения
Table 2. CT in children with clinical manifestations of cerebrovascular accident

Сроки выполнения КТ от момента возникновения симптоматики Timing of CT scan from the moment of symptom onset	Всего обследовано пациентов Total number of patients examined ($n = 48$)	Количество пациентов, у которых выявлено очаговое поражение Number of patients with focal lesions	Плотностные показатели в очаге поражения Density indicators in the lesion (min–max, HU)	Размер очагового поражения (аксиальный размер min–max, мм) Size of focal lesion (axial size min–max, mm)
Первые 12 ч The first 12 hours	22	6	21–27	4–22
Период 12–24 ч Period 12–24 hours	19	18	18–24	6–38
Свыше 24 ч Over 24 hours	7	6	6–38	7–39

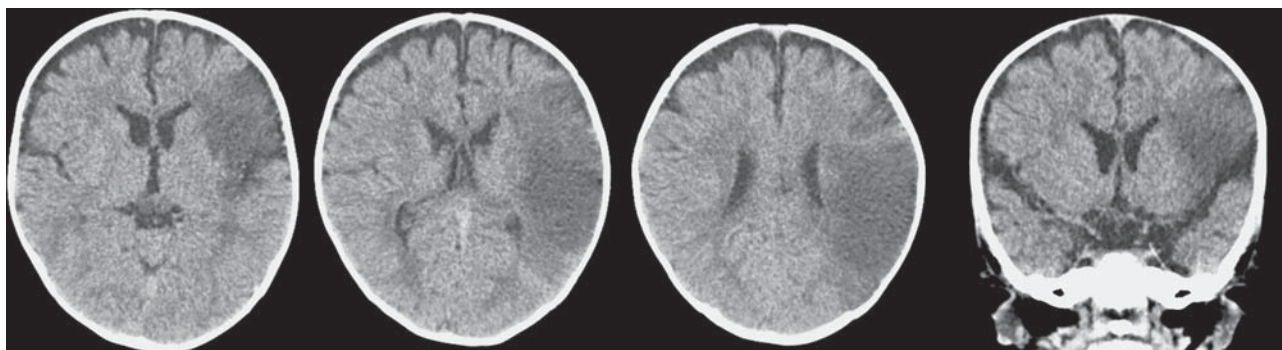


Рис. 1. КТ-обследование ребенка в возрасте 6 мес в 1-е сутки от момента возникновения неврологической симптоматики. В зоне кровоснабжения периферических ветвей средней мозговой артерии определяется массивная гиподенсная зона (зона ишемического инсульта) неправильной формы, с нечеткими неровными контурами, с наличием масс-эффекта в виде сужения межгиральных пространств.

Fig. 1. CT examination of a child aged 6 months on the first day from the onset of neurological symptoms. In the zone of blood supply to the peripheral branches of the middle cerebral artery, a massive hypodense zone (ischemic stroke zone) of irregular shape, with unclear uneven contours, and the presence of a mass effect in the form of narrowing of the intergyral spaces is determined.

чие от периода свыше 12 ч (рис. 1). Всем пациентам с сохраняющейся клинической симптоматикой и отсутствием очагового поражения на КТ-изображениях была проведена МРТ, которая позволила установить наличие иНМК.

Проведенное исследование продемонстрировало снижение плотностных показателей в очаге поражения с увеличением времени от момента неврологических проявлений, которое варьировало от 18 до 27 НУ. Анализ полученных плотностных характеристик на разных временных этапах развития патологического процесса не позволил достоверно установить временной промежуток иНМК в связи с тем, что показатели плотности статистически значимо не различались.

Использование КТ дало возможность выявить очаговые поражения вещества ГМ размерами от 6 до 7 мм, которые локализовались в центральных отделах больших полушарий мозга, а именно: в области базальных ядер, таламусах и в перивентрикулярном белом веществе.

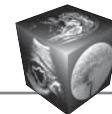
Применение КТ в качестве первичной методики нейровизуализации у детей с клинической картиной НМК является необходимым для исключения патологических изменений, требующих экстренных хирургических манипуляций. Однако при отсутствии очагового поражения вещества ГМ на КТ-изображениях важным и необходимым этапом в диагностике иНМК является проведение МРТ (рис. 2), которая дает возможность не только установить формирование ишемического поражения, но и оценить временные показатели развития иНМК в результате совокупного анализа режимов сканирования. Проведенное исследование позволило определить МРТ-семиотику и сопутствующие

признаки иНМК у детей на разных временных этапах формирования патологического процесса (табл. 3, 4).

Как видно из табл. 3, использование МРТ у детей дает возможность установить иНМК в 100% случаев на всех этапах патологического процесса, в том числе на начальных сроках формирования ишемии. Проведенный анализ очагов ишемии в разных режимах сканирования позволил определить МРТ-семиотику в зависимости от стадии. Важным этапом в МРТ-визуализации при иНМК является получение ДВИ с построением ИКД-карты, особенно для дифференциальной диагностики сверхострой стадии, которая характеризуется отсутствием патологического МРТ-сигнала или слабовыраженным повышением МРТ-сигнала на T2ВИ и FLAIR в сочетании с ограничением диффузии.

В первые несколько суток иНМК представляет собой формирование цитотоксического отека в результате уменьшения межклеточного пространства вследствие гибели клеток и имеет патогномоничный МРТ-признак в виде ограничения диффузии на ДВИ, который мы наблюдали у 100% обследованных детей на протяжении первых 7 дней с момента возникновения неврологической симптоматики (рис. 3).

Визуализация очага патологического МР-сигнала была возможна на T2-, T1ВИ и FLAIR начиная со сверхострой стадии. Проанализированы характеристики МР-сигнала очагов иНМК в режимах T2ВИ и FLAIR в разные временные сроки развития ишемических изменений с применением статистического анализа. В анализируемую группу пациентов с иНМК в поздней подострой стадии не



вошли 13 детей, у которых после проведения МРТ выявлены кистозно-глиозные изменения. Обнаружено, что в сверхострой стадии характеристики МР-сигнала очагового поражения на T2ВИ и FLAIR не совпадали в 1 (9%) наблюдении из 11 (95% ДИ 5%–43%) и в поздней подострой стадии в 3 (27%) наблюдениях из 11 (95% ДИ 7–61%), а в острой и ранней подострой стадиях отмечено полное совпадение сигнала в 29 и 37 случаев соответ-

венно. Проведенный анализ позволяет сделать вывод о возможной взаимозаменяемости режимов T2ВИ и FLAIR у детей с иНМК в промежутке от 6 ч до 7 сут. Однако необходимо учесть, что в период продолжающейся миелинизации ГМ, в возрасте до 2 лет, T2ВИ дает возможность лучше дифференцировать границы анатомических структур, в отличие от FLAIR.

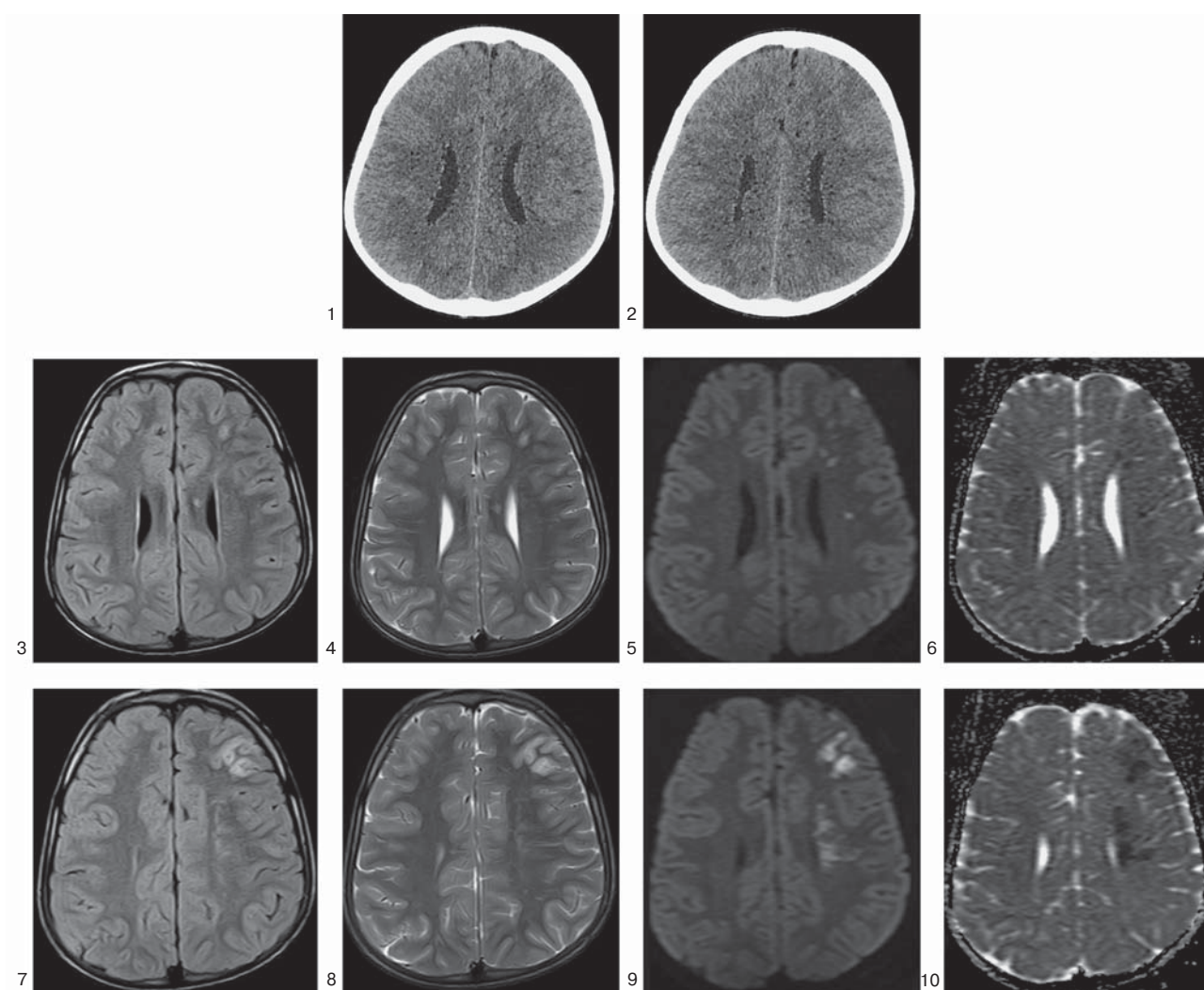


Рис. 2. КТ- и МРТ-обследование мальчика в возрасте 7 лет. КТ выполнена в первые 6 ч от момента возникновения неврологической симптоматики, МРТ в 1-е сутки. На представленных КТ-изображениях (1, 2) в левой лобной доле отмечен участок нарушения дифференцировки серого и белого вещества головного мозга. Проведение МРТ-обследования в режимах FLAIR (3, 7), T2 (4, 8), ДВИ с фактором $b = 1000$ (5, 9) и ИКД (6, 10) позволило установить наличие множественных очагов ишемического инсульта в острой стадии в бассейне левой средней мозговой артерии, оценить границы и размеры патологических изменений.

Fig. 2. CT and MRI examination of a boy aged 7 years. CT was performed in the first 6 hours from the onset of neurological symptoms, MRI was performed on the first day. On the presented CT images (1, 2), an area of impaired differentiation of the gray and white matter of the brain is noted in the left frontal lobe. MRI examination in FLAIR (3, 7), T2 (4, 8), DWI ($b = 1000$) (5, 9) and ADC (6, 10) modes allowed us to establish the presence of multiple foci of ischemic stroke in the acute stage in the left middle cerebral artery, assess the boundaries and size of pathological changes.



Таблица 3. Характеристики МР-сигнала очагового поражения головного мозга у детей с ишемическим нарушением мозгового кровообращения

Table 3. Characteristics of the MR signal of focal brain lesions in children with ischemic cerebrovascular accident

Режимы сканирования Scan Modes	Сверхострая стадия (0–6 ч) Hyperacute stage (0–6 hours) n* = 11	Острая стадия (6–48 ч) Acute stage (6–48 hours) n = 29	Подострая стадия Subacute stage	
			ранняя подострая (3–7-е сутки) early subacute (3–7 days) n = 37	поздняя подострая (7–21-е сутки) late Subacute (7–21 days) n = 24
	MP-сигнал очагового изменения при инфаркте головного мозга MR signal of focal changes in cerebral infarction			
T2	55% – не определялся not determined 45% – слабый повышенный slightly elevated	100% – однородно повышенный uniformly elevated	100% – повышенный increased	64% – повышенный increased 36% – неоднородный heterogeneous
FLAIR	64% – не определялся not determined 36% – слабый повышенный slightly elevated	100% – однородно повышенный uniformly elevated	100% – повышенный increased	55% – повышенный increased 45% – неоднородный heterogeneous
T1	64% – не определялся not determined 36% – слабый пониженный weak reduced	93% – однородно пониженный uniformly reduced 7% – неоднородно пониженный heterogeneous reduced	100% – пониженный reduced	82% – пониженный reduced 18% – неоднородный heterogeneous
ДВИ с фактором b =1000 DWI with factor b = 1000	Повышенный Elevated	Повышенный Elevated	Повышенный Elevated	73% – повышенный increased 27% – неоднородный heterogeneous
ИКД-карта ADC	Пониженный Reduced	Пониженный Reduced	Пониженный Reduced	36% – неоднородный heterogeneous 36% – повышенный increased 27% – пониженный reduced
T2*/SWI	27% – слабый неоднородно пониженный weak heteroge- neous reduced	71% – повышенный increased 19% – слабо пониженный slightly reduced 10% – не определялся not determined	63% – повышенный increased 11% – пониженный reduced 11% – не определялся not determined 16% – неоднородный heterogeneous	80% – повышенный increased 20% – не определялся not determined

n* – количество пациентов, обследованных в этот временной промежуток.

n* – number of patients examined during this time period.

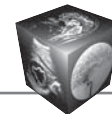


Таблица 4. Сопутствующие МР-признаки при ишемическом нарушении мозгового кровообращения
Table 4. Associated MR signs in ischemic cerebrovascular accident

Стадия инфаркта головного мозга Stage of cerebral infarction	Признаки, встречающиеся при инфаркте головного мозга Signs found in cerebral infarction
Сверхострая стадия (0–6 ч) Hyperacute stage (0–6 hours)	В 36% случаев отсутствие феномена “пустоты потока” с ипсилатеральной стороны на FLAIR, реже на T2ВИ In 36% of cases, the absence of the phenomenon of “empty flow” on the ipsilateral side on FLAIR, less often on T2WI Редко (9%) слабовыраженный масс-эффект Rarely (9%) mild mass effect
Острая стадия (6–48 ч) Acute stage (6–48 hours)	17% отсутствие феномена “пустоты потока” с ипсилатеральной стороны на FLAIR, реже на T2ВИ absence of the phenomenon of “empty flow” on the ipsilateral side on FLAIR, less often on T2WI 35% наличие перифокального цитотоксического отека presence of perifocal cytotoxic edema 52% присутствие масс-эффекта presence of mass effect
Ранняя подострая стадия (3–7-е сутки) Early subacute stage (3–7 days)	19% отсутствие феномена “пустоты потока” с ипсилатеральной стороны на T2ВИ и FLAIR absence of the “empty flow” phenomenon on the ipsilateral side on T2WI and FLAIR 46% присутствие масс-эффекта / presence of mass effect 16% наличие перифокального отека presence of perifocal edema 35% перифокальный цитотоксический отек / perifocal cytotoxic edema
Поздняя подострая стадия (7–21-е сутки) Late subacute stage (7–21 days)	45% присутствие масс-эффекта / presence of mass effect 18% наличие перифокального цитотоксического отека presence of perifocal cytotoxic edema 18% наличие перифокального отека / presence of perifocal edema 18% отсутствие феномена “пустоты потока” с ипсилатеральной стороны на T2ВИ и FLAIR absence of the “empty flow” phenomenon on the ipsilateral side on T2WI and FLAIR

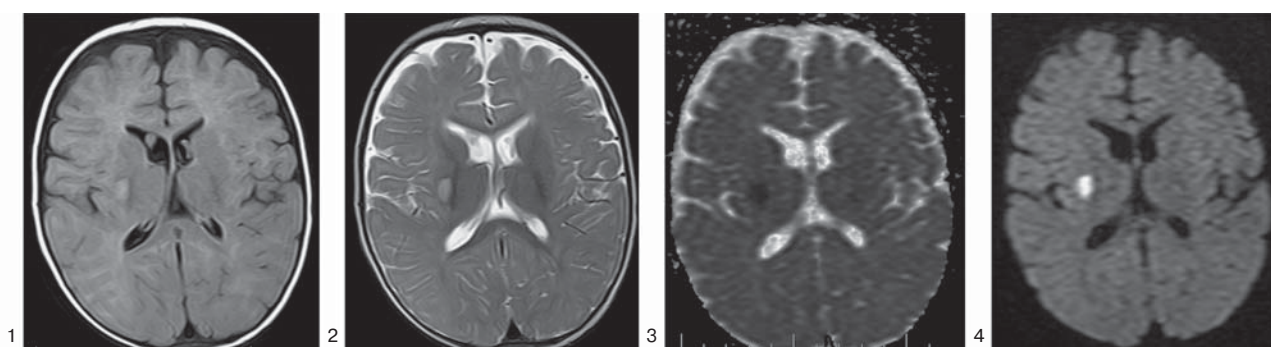
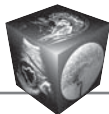


Рис. 3. МРТ-обследование ребенка в первый год жизни, проведенное в 1-е сутки от момента возникновения неврологических симптомов. На представленных МР-изображениях в области базальных ядер справа (проекция скорлупы) визуализируется очаг ишемического инсульта в острой стадии, характеризующийся повышенным МР-сигналом на FLAIR (1) и T2 (2), с признаками истинного ограничения диффузии (пониженный сигнал на ИКД (3) и повышенный на ДВИ с фактором $b = 1000$ (4)).

Fig. 3. MRI examination of a child in the first year of life, carried out on the first day from the onset of neurological symptoms. The presented MR images in the area of the basal ganglia on the right (projection of the putamen) visualize the focus of ischemic stroke in the acute stage, characterized by an increased MR signal on FLAIR (1) and T2 (2), with signs of true diffusion limitation (decreased signal on the ADC (3) and increased on DWI ($b = 1000$) (4)).



Использование импульсной последовательности по магнитной восприимчивости дало возможность установить наличие очага иНМК в 82% ($n = 48$) случаев, но не позволило судить о временных характеристиках и характере патологического процесса. Необходимо отметить, что применение T2*/SWI позволило установить наличие осложнения иНМК в виде геморрагического пропитывания в 4 случаях в период 3–6 сут от момента возникновения неврологической симптоматики.

Применение МРТ позволяет дифференцировать сверхострую и позднюю подострую стадии на основе совокупного анализа разных режимов сканирования, однако не позволяет разграничить острую стадию с ранней подострой в связи с малоразличимыми характеристиками МРТ-сигнала от очагового поражения на T2-, T1ВИ, FLAIR и ДВИ ($b = 1000$) в сочетании с ИКД-картой. Для решения данной задачи были проанализированы периферические отделы иНМК. В результате анализа МРТ-семиотики иНМК установлено наличие в периферических отделах очагового поражения в подострой стадии участков, имеющих повышенный МР-сигнал по T2ВИ и FLAIR, но без ограничения диффузии: в ранней подострой стадии 16% ($n = 6$) и поздней подострой стадии 18% ($n = 2$) случаев (см. табл. 4). Таким образом, наличие очага иНМК с ограничением диффузии в центральной части с участками в периферических отделах патологических изменений без ограничения диффузии может способствовать дифференцировке острой стадии с ранней подострой.

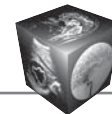
Сопутствующий признак в виде повышения МР-сигнала от просвета сосуда (отсутствие феномена “пустоты потока”) в области иНМК был отмечен на всех временных этапах патологического процесса, что не позволило дифференцировать стадию ишемии ГМ. Важно отметить, что присутствие этого признака сочеталось в 70% ($n = 14$) случаев с патологией сосудов ГМ, выявленной при использовании МР-ангиографии.

Обсуждение

Поступление ребенка в стационар с клиническими симптомами НМК создает необходимость в проведении нейровизуализации методами КТ и МРТ, так как только они способны определить истинную причину возникшего неврологического состояния, оценить размеры, распространенность и характер очагового поражения, а также дифференцировать иНМК от заболеваний, имеющих инсультподобное течение [20]. По данным Центра цереброваскулярных заболеваний ГБУЗ “Морозовская ДГКБ” в группе детей, поступающих с неврологической симптоматикой инсульта, на долю

внутричерепного кровоизлияния приходится до 30% пациентов [21]. В связи с этим наиболее распространенным методом лучевой диагностики на первом этапе является КТ, позволяющая исключить геморрагический компонент. Наше исследование продемонстрировало возможности КТ на начальных этапах формирования иНМК у пациентов детского возраста. Установлено, что визуализация иНМК в виде очагов пониженной плотности в 1-е сутки от момента возникновения неврологической симптоматики возможна в 59% ($n = 24$) случаев. Полученные данные совпадали с результатами, описанными в литературе, где присутствие очагов иНМК при КТ в первые 24 ч развития патологического процесса было возможно у 60–66% обследованных детей [6, 20].

Применение КТ способствует установлению типа инсульта, однако не позволяет достоверно судить о его стадии, в отличие от МРТ, которая дает возможность характеризовать остроту процесса на основе совокупного анализа характеристик МР-сигнала от очага иНМК. В работе А.П. Мазаева и М.С. Молодцова [22] установлены дифференциально-диагностические критерии иНМК в сверхострую стадию, заключающиеся в наличии очага ограничения диффузии на ДВИ в сочетании со слабовыраженным повышенным или отсутствующим МР-сигналом на T2ВИ и FLAIR. Наше исследование позволило определить МРТ-семиотику иНМК на разных стадиях формирования патологического процесса. Полученные характеристики МР-сигнала очага иНМК в нашем исследовании и описанные в работе А.Е. Goldman-Yassen и S. Dehkharghani [23] в периоде от 6 ч до 7 сут совпадали на T2-, T1ВИ, FLAIR и ДВИ ($b = 1000$) в сочетании с ИКД. При этом были отмечены различия в периоде сверхострой стадии, заключающиеся в отсутствии очаговых изменений на T1ВИ и на T2ВИ в первые 6 ч от момента неврологического дебюта в работе А.Е. Goldman-Yassen и соавт., а в нашем исследовании в этот временной промежуток визуализация иНМК была возможна на T1ВИ в 36% и на T2ВИ в 45% случаев. Важно заметить, что наше исследование дало возможность установить диагностический критерий, позволяющий разграничить период острой стадии с ранней подострой при одинаковых характеристиках МР-сигнала от очага изменений в этот временной интервал. Обнаружено, что в периоде 3–21 сут от начала неврологической симптоматики на периферии очага иНМК определяются участки повышенного МР-сигнала по T2ВИ и FLAIR без признаков ограничения диффузии в 17% ($n = 8$) случаев, а в острую стадию таких участков не отмечается.



В результате проведенного анализа режимов сканирования в разные временные периоды развития иНМК отмечены режимы сканирования, необходимые для определения стадии патологического процесса, включающие T2-, T1ВИ, FLAIR, ДВИ в сочетании с ИКД, что согласуется с данными литературы [24, 25]. В нашем исследовании установлена возможная взаимозаменяемость режимов сканирования T2ВИ и FLAIR при динамическом наблюдении у детей с иНМК, что позволит сократить протокол обследования ребенка и уменьшить время его нахождения в наркозе.

Проведенное исследование позволило определить различия в МРТ-семиотике иНМК на разных стадиях у детей и взрослых на основе данных научных публикаций. В работе Allen L.M. и соавт. [15] описаны характеристики МР-сигнала иНМК у взрослого населения, где очаг ишемии ГМ имеет признаки ограничения диффузии до 10–14-го дня от момента возникновения неврологической симптоматики с последующей псевдонормализацией сигнала. В нашем исследовании ограничение диффузии наблюдалось в первые 7 сут развития иНМК, после которых визуализировался гетерогенный МРТ-сигнал, что, возможно, обусловлено снижением степени выраженности цитотоксического отека.

В результате анализа иНМК у взрослых E. Tong и соавт. [26] и N.A. Bachtar и соавт. [27] отмечают наличие очага ограничения диффузии и отсутствие патологического МРТ-сигнала на T2- и T1ВИ в периоде первых 6 ч развития иНМК. В нашем исследовании в периоде сверхострой стадии определялись очаги слабого повышения МРТ-сигнала на T2ВИ и слабого понижения на T1ВИ в сочетании с ограничением диффузии. Таким образом, полученные различия в МРТ-семиотике иНМК у детей и взрослых могут возникать в результате физиологических особенностей детского мозга, которые обуславливают течение патологического процесса.

Заключение

Использование КТ и МРТ в качестве методов нейровизуализации у детей с клиническими признаками НМК является обязательным этапом в установлении причин возникшего состояния. Применение КТ дает возможность определить очаг иНМК на всех этапах развития патологического процесса, при этом диагностическая возможность метода возрастает по прошествии первых 12 ч и позволяет визуализировать поражение мозга в 92% случаев. В связи с этим отсутствие очагового поражения на КТ-изображениях у ребенка, обследованного в первые 12 ч развития неврологической симптоматики с сохраняющейся

или нарастающей клинической картиной НМК, создает необходимость повторного проведения КТ при невозможности выполнения МРТ.

Проведение МРТ дает возможность выявить иНМК во всех 100% случаев независимо от стадии и выраженности патологического процесса, а также дифференцировать сверхострую и позднюю подострую стадии на основании совокупного анализа характеристик МРТ-сигнала от очагового поражения. Для дифференциальной диагностики острой стадии с ранней подострой необходимо оценить периферические отделы очагового поражения. Наличие в периферических отделах очага иНМК участка повышенного МР-сигнала на T2ВИ, FLAIR и без ограничения диффузии дает возможность дифференцировать острую и раннюю подострую стадии в 17% случаев. Таким образом, применение МРТ у детей с иНМК позволяет установить временной интервал развития патологического процесса.

Установлено, что в периоде от 6 ч до 7 сут с момента возникновения неврологической симптоматики очаг иНМК имеет одинаковые характеристики МР-сигнала в режимах T2ВИ и FLAIR в 100% (n = 66) наблюдений, что позволяет предположить взаимозаменяемость этих режимов сканирования у детей при динамическом наблюдении.

Участие авторов

Молодцов М.С. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Горбунов А.В. – подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Умеренков В.Н. – подготовка, создание опубликованной работы.

Кессель А.Е. – подготовка, создание опубликованной работы.

Кузнецова А.А. – подготовка, создание опубликованной работы.

Хасанова К.А. – подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

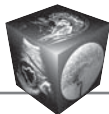
Левов А.В. – подготовка, создание опубликованной работы.

Authors' participation

Molodtsov M.S. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, review of publications, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Gorbunov A.V. – preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Umerenkov V.N. – preparation and creation of the published work.



Kessel A.E. – preparation and creation of the published work.

Kuznetsova A.A. – preparation and creation of the published work.

Khasanova K.A. – preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Levov A.V. – preparation and creation of the published work.

Список литературы [References]

1. Володин Н.Н., Выхристюк О.Ф., Горбунов А.В., Колтунов И.Е., Петрайкина Е.Е., Селиверстова Е.В., Щедеркина И.О. Компьютерная и магнитно-резонансная томография в диагностике острого нарушения мозгового кровообращения у детей / Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики [методические рекомендации]. М., 2019. 42 с. ISSN 2618-7124 Volodin N.N., Vykhristyuk O.F., Gorbunov A.V. et al. Computer and magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute cerebrovascular accident in children / Best practices of radiation and instrumental diagnostics [recommendation method]. M., 2019. 42 p. ISSN 2618-7124 (In Russian)
2. Щедеркина И.О., Колтунов И.Е., Лившиц М.И. Инсульт и цереброваскулярная патология у детей и подростков: Руководство для врачей / Под ред. И.О. Щедеркиной. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022: 13–45. Shchederkina I.O., Koltunov I.E., Livshits M.I. Stroke and cerebrovascular pathology in children and adolescents. Guide for doctors / Ed. I.O. Shchederkina. M.: GEOTAR-Media, 2022: 13–45. (In Russian)
3. Щедеркина И.О., Заваденко Н.Н., Колтунов И.Е. Инсульт у детей и подростков: формирование педиатрического регистра. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2016; 116 (9): 24–29. <http://doi.org/10.17116/jnevro20161169124-29> Shchederkina I.O., Zavadenko N.N., Koltunov I.E. Stroke in children and adolescents: formation of a pediatric register. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova = Korsakov Neurology and Psychiatry Journal*. 2016; 116 (9): 24–29. <http://doi.org/10.17116/jnevro20161169124-29> (In Russian)
4. Mallick A.A., Ganesan V., Kirkham F.J. et al. Childhood arterial ischaemic stroke incidence, presenting features, and risk factors: a prospective population-based study. *Lancet Neurol*. 2014; 13 (1): 35–43. [http://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70290-4](http://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70290-4)
5. Петрайкина Е.Е., Щедеркина И.О., Витковская И.П., Лившиц М.И., Свиринов П.В., Горбунов А.В., Кессель А.Е., Хачатуров Ю.А., Чмутин Г.Е., Кулешов Н.Н. Первичный центр детского инсульта на базе многопрофильного педиатрического стационара. Новая реальность в педиатрии. Здоровье мегаполиса. 2020; 1 (1): 15–30. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2020.v1i1;15-30> Petraykina E.E., Shchederkina I.O., Vitkovskaya I.P. et al. Primary pediatric stroke center based in a multidisciplinary pediatric hospital. New reality in pediatrics. *Health of the Metropolis*. 2020; 1 (1): 15–30. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2020.v1i1;15-30> (In Russian)
6. Ladner T.R., Mahdi J., Gindville M.C. et al. Pediatric acute stroke protocol activation in a children's hospital emergency department. *Stroke*. 2015; 46: 2328–2331. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.115.009961>
7. McGlennan C., Ganesan V. Delays in investigation and management of acute arterial ischaemic stroke in children. *Dev. Med. Child. Neurol*. 2008; 50: 537–540. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03012.x>
8. Mirsky D.M., Beslow L.A., Amlie-Lefond C. et al.; International Paediatric Stroke Study Neuroimaging Consortium and the Paediatric Stroke Neuroimaging Consortium. Pathways for Neuroimaging of Childhood Stroke. *Pediatr. Neurol*. 2017; 69: 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.12.004>
9. Perez F.A., Oesch G., Amlie-Lefond C.M. MRI Vessel Wall Enhancement and Other Imaging Biomarkers in Pediatric Focal Cerebral Arteriopathy-Inflammatory Subtype. *Stroke*. 2020; 51 (3): 853–859. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.119.027917>
10. Мазаев А.П., Молодцов М.С., Щелькалина С.П. Магнитно-резонансная ангиография у детей с ишемическим инсультом. Детские болезни сердца и сосудов. 2023; 1 (20): 23–32. <https://doi.org/10.24022/1810-0686-2023-20-1-23-32> Mazaev A.P., Molodtsov M.S., Shchelykalina S.P. Magnetic resonance angiography in children with ischemic stroke. *Pediatric Diseases of the Heart and Blood Vessels*. 2023; 1 (20): 23–32. <https://doi.org/10.24022/1810-0686-2023-20-1-23-32> (In Russian)
11. Rivkin M.J., deVeber G., Ichord R.N. et al. Thrombolysis in pediatric stroke study. *Stroke*. 2015; 46 (3): 880–885. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.008210>
12. Щедеркина И.О., Ларина Л.Е., Власова А.В., Лившиц М.И., Кузнецова А.А., Горбунов А.В., Харьков А.В., Селиверстова Е.В., Петрайкина Е.Е., Анджель А.Е. Возможности реперфузионной терапии при ишемическом инсульте в педиатрии: протокол тромболизиса у детей в первичном центре детского инсульта. Московская медицина. 2020; 3 (37): 20–31. Shchederkina I.O., Larina L.E., Vlasova A.V. et al. Possibilities of reperfusion therapy for ischemic stroke in pediatrics: thrombolysis protocol in children at the primary pediatric stroke center. *Moscow Medicine*. 2020; 3 (37): 20–31. (In Russian)
13. Gonzalez R.G. et al. Acute ischemic stroke: imaging and intervention. Second edition. New York: Springer, 2011.
14. Merino J.G., Warach S. Imaging of acute stroke. *Nat. Rev. Neurol*. 2010; 6 (10): 560–571. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2010.129>
15. Allen L.M., Hasso A.N., Handwerker J., Farid H. Sequence-specific MR imaging findings that are useful in dating ischemic stroke. *Radiographics*. 2012; 32: 1285–1297. <https://doi.org/10.1148/rg.325115760>
16. Wouters A., Lemmens R., Dupont P., Thijs V. Wake-up stroke and stroke of unknown onset: a critical review. *Front. Neurol*. 2014; 5: 153. <https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00153>
17. Donahue M.J., Dlamini N., Bhatia A., Jordan L.C. Neuroimaging Advances in Pediatric Stroke. *Stroke*. 2019; 50 (2): 240–248. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.020478>
18. Lee S., Jiang B., Heit J.J. et al. Cerebral Perfusion in Pediatric Stroke: Children Are Not Little Adults. *Top Magn. Reson. Imaging*. 2021; 30 (5): 245–252. <https://doi.org/10.1097/RMR.0000000000000275>
19. Pluncevic Gligoroska J., Gontarev S., Dejanova B. et al. Red Blood Cell Variables in Children and Adolescents



- regarding the Age and Sex. *Iran J. Public Hlth.* 2019; 48 (4): 704–712. PMID: 31110981
20. Sinha R, Ramji S. Neurovascular disorders in children: an updated practical guide. *Transl. Pediatr.* 2021; 10 (4): 1100–1116. <https://doi.org/10.21037/tp-20-205>
 21. Щедеркина И.О., Витковская И.П., Колтунов И.Е., Лившиц М.И., Чмутин Г.Е., Бузина Н.В., Лаврухин Д.Б. Инсульт у детей. Формирование педиатрического регистра инсультов: международный и региональный опыт. *Русский журнал детской неврологии.* 2018; 13 (1): 7–19. <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2018-13-1-7-19>. Shchederkina I.O., Vitkovskaya I.P., Koltunov I.E. et al. Stroke in children. Formation of the pediatric register: international and regional experience. *Russian Journal of Child Neurology.* 2018; 13 (1): 7–19. <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2018-13-1-7-19> (In Russian)
 22. Мазаев А.П., Молодцов М.С. Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике ишемического инсульта у детей. *Медицинская визуализация.* 2023; 27 (3): 130–140. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1280>. Mazaev A.P., Molodtsov M.S. Possibilities of magnetic resonance imaging in the diagnosis of ischemic stroke in children. *Medical Visualization.* 2023; 27 (3): 130–140. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1280> (In Russian)
 23. Goldman-Yassen A.E., Dehkharghani S. Neuroimaging in Pediatric Stroke and Cerebrovascular Disease. Stroke. Dehkharghani S (Editor). Exon Publications, Brisbane, Australia. ISBN:978-0-6450017-6-1. <https://doi.org/10.36255/exonpublications.stroke.2021>
 24. Mastrangelo M., Giordo L., Ricciardi G. et al. Acute ischemic stroke in childhood: a comprehensive review. *Eur. J. Pediatr.* 2022; 181 (1): 45–58. <http://doi.org/10.1007/s00431-021-04212-x>
 25. Polan R.M., Poretti A., Huisman T.A., Bosemani T. Susceptibility-weighted imaging in pediatric arterial ischemic stroke: a valuable alternative for the noninvasive evaluation of altered cerebral hemodynamics. *Am. J. Neuroradiol.* 2015; 36 (4): 783–788. <http://doi.org/10.3174/ajnr.A4187>
 26. Tong E., Hou Q., Fiebach J.B., Wintermark M. The role of imaging in acute ischemic stroke. *Neurosurg. Focus.* 2014; 36 (1): E3. <http://doi.org/10.3171/2013.10.FOCUS13396>
 27. Bachtiar N.A., Murtala B., Muis M. et al. Non-Contrast MRI Sequences for Ischemic Stroke: A Concise Overview for Clinical Radiologists. *Vasc. Hlth Risk Manag.* 2024; 20: 521–531. <http://doi.org/10.2147/VHRM.S474143>

Для корреспонденции*: Молодцов Максим Сергеевич – e-mail: dr.mmolodtsov@gmail.com

Молодцов Максим Сергеевич – канд. мед. наук, врач-рентгенолог ГБУЗ города Москвы “Городская клиническая больница имени Л.А. Ворохобова ДЗ города Москвы”; аспирант (09.2020–02.2024) ГБУЗ города Москвы “Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-7295-1708>

Горбунов Александр Валерьевич – доктор мед. наук, врач-рентгенолог ГБУЗ города Москвы “Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ города Москвы”; профессор кафедры неонатологии ФДПО ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-0159-781X>

Умеренков Виктор Николаевич – заведующий нейрохирургическим отделением, врач-нейрохирург ГБУЗ города Москвы “Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7821-0997>

Кессель Александр Евгеньевич – заведующий неврологическим отделением, врач-невролог ГБУЗ города Москвы “Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6012-250X>

Кузнецова Александра Андреевна – руководитель Центра по лечению цереброваскулярной патологии детей и подростков, врач-невролог, врач-нейрофизиолог ГБУЗ города Москвы “Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-0344-9765>

Хасанова Ксения Андреевна – канд. мед. наук, заведующая отделением лучевой диагностики, врач-рентгенолог ГБУЗ города Москвы “Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6926-3165>

Левов Александр Вячеславович – врач-нейрохирург ГБУЗ города Москвы “Морозовская детская городская клиническая больница ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3035-9375>

Contact*: Molodtsov Maksim Sergeevich – e-mail: dr.mmolodtsov@gmail.com

Maxim S. Molodtsov – Cand. of Sci. (Med.), radiologist of tomography department, L.A. Vorokhobov City Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department; postgraduate (09.2020–02.2024) of the Morozov Children's Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-7295-1708>

Alexander V. Gorbunov – Doct. of Sci. (Med.), radiologist at the Morozov Children's Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department; Professor, Department of Neonatology, of the Federal Faculty of Postgraduate Education, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-0159-781X>

Victor N. Umerenkov – chief of the neurosurgical department, neurosurgeon, Morozov Children's Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7821-0997>

Alexandr E. Kessel – chief of the neurological department, neurologist, Morozov Children's Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6012-250X>

Alexandra A. Kuznetsova – chief of the Center for the treatment of cerebrovascular pathology of children and adolescents, neurologist, neurophysiologist, Morozov Children's Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-0344-9765>

Ksenia A. Khasanova – Cand. of Sci. (Med.), chief of the Department of Radiation Diagnostics, Radiologist, Morozov Children's Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6926-3165>

Aleksandr V. Levov – neurosurgeon, Morozov Children's Clinical Hospital of Moscow Healthcare Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3035-9375>