



Компьютерная томография ушибов головного мозга у детей до 3 лет

©Е.С. Зайцева, Т.А. Ахадов, А.Д. Маматкулов, О.В. Божко, М.В. Ублинский*, И.А. Мельников, Д.Н. Хусаинова

НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

* М.В. Ублинский, НИИ НДХИТ, 119180, Москва, ул. Большая Полянка, 22, maxublinsk@mail.ru

Поступила в редакцию 16 ноября 2023 г. Исправлена 3 декабря 2023 г. Принята к печати 20 декабря 2023 г.

Резюме

Введение: Ушибы головного мозга случаются примерно в 43% случаев тупой травмы головы. При этом поражаются преимущественно извилины, хотя при тяжелой черепно-мозговой травме (ЧМТ) возможно поражение субкортикального белого вещества и глубоких структур мозга. Компьютерная томография (КТ) головного мозга используется для оценки всех форм внутричерепных повреждений, переломов, отека головного мозга и других сопутствующих повреждений.

Цель исследования: Проанализировать возможности компьютерной томографии в диагностике ушибов головного мозга в остром периоде ЧМТ у детей в возрасте до 3 лет.

Материалы и методы: В период с 2021–2022 гг. с помощью 128-срезового томографа Philips Ingenuity Elite у 1334 детей с ЧМТ в возрасте до 3 лет выполнены КТ-исследования. Изучены результаты КТ 730 мальчиков и 604 девочек. Зоной интереса у исследованных детей с ЧМТ являлись череп и шейный отдел позвоночника. Контрастирование у детей от 0 до 3 лет при ЧМТ не использовалось. Диапазон эффективной дозы варьировался в диапазоне от 1,27 до 1,91 мЗв.

Результаты: У 448 (87,84%) из 510 детей диагностированы переломы костей черепа, у 366 (81,7%) – в сочетании с интракраниальными повреждениями, из них у 262 (71,58%) пациентов травма оценена как тяжелая (шкала комы Глазго ≤ 8), оперировано 36 (9,83%) пациентов. Ушибы головного мозга диагностированы у 58,5% (214/366) детей. Ушибы, 98% которых были геморрагическими, имели различный объем, степень кровоизлияния и соответственно отека. Очаги ушибов располагались в лобных (37,1%), височных (34,3%) и теменных (20,6%), реже в затылочных долях (8%).

Заключение: КТ является предпочтительным методом визуализации в условиях острой черепно-мозговой травмы, что позволяет точно обнаружить и оперативно выполнить адекватное лечение ушибов головного мозга, предупредить вторичные травматические изменения. КТ-сканирование является основным инструментом исследования и должно выполняться у всех детей с ЧМТ в первые часы после травмы.

Ключевые слова: младенцы, дети младшего возраста, магнитно-резонансная томография, черепно-мозговая травма, ушибы головного мозга

Цитировать: Зайцева Е.С., Ахадов Т.А., Маматкулов А.Д. и др. Компьютерная томография ушибов головного мозга у детей до 3 лет. *Инновационная медицина Кубани*. 2024;9(1):86–93. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-1-86-93>

Computed Tomography of Cerebral Contusions in Children Younger Than 3 Years

©Ekaterina S. Zaytseva, Tolibdzhon A. Akhadov, Alisher D. Mamatkulov, Olga V. Bozhko, Maxim V. Ublinskiy*, Ilia A. Melnikov, Daria N. Khusainova

Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russian Federation

* Maxim V. Ublinskiy, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, ulitsa Bolshaya Polyanka 22, Moscow, 119180, Russian Federation, maxublinsk@mail.ru

Received: November 16, 2023. Received in revised form: December 3, 2023. Accepted: December 20, 2023.

Abstract

Background: Cerebral contusions occur in approximately 43% of blunt head trauma cases. The gyri are predominantly affected, although severe traumatic brain injury (TBI) may damage the subcortical white matter and deep structures within the brain. Computed tomography (CT) of the brain is used to evaluate all forms of intracranial injuries, fractures, cerebral edema, and other associated injuries.

Objective: To analyze the CT potential in the diagnosis of cerebral contusions during the acute phase of TBI in children younger than 3 years.

Materials and methods: In 2021–2022 we performed CT using a Philips Ingenuity Elite 128 slice CT scanner in 1334 children with TBI (730 boys and 604 girls younger than 3 years). The area of interest in the examined children was the skull and cervical spine. We did not use enhancement. The effective dose range varied from 1.27 to 1.91 mSv.



Results: Of 510 children, 448 (87.84%) patients had skull fractures that combined with intracranial injuries in 366 (81.7%) children, with 262 (71.58%) of them having severe injuries (Glasgow Coma Scale ≤ 8) and 36 (9.83%) of them undergoing surgery. Cerebral contusions were diagnosed in 58.5% (214 of 366) of children. Contusions (98% of which were hemorrhagic) had different volumes and degrees of hemorrhage and edema. The foci of contusions were in the frontal (37.1%), temporal (34.3%), parietal (20.6%), and, less often, occipital (8%) lobes.

Conclusions: CT is the preferred imaging modality in acute TBI, which enables to accurately detect and adequately treat cerebral contusions, preventing secondary injuries. CT is the main diagnostic tool and should be performed in all children with TBI within the first hours after injury.

Keywords: infants, young children, magnetic resonance imaging, traumatic brain injury, cerebral contusion

Cite this article as: Zaytseva ES, Akhadov TA, Mamatkulov AD, et al. Computed tomography of cerebral contusions in children younger than 3 years. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024;9(1):86–93. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-1-86-93>

Введение

Ушибы головного мозга – это первичные повреждения вещества головного мозга, возникающие в результате травмы в зонах удара и контрудара, чаще всего вблизи костных выступов или на неровных участках дна передней или средней черепной ямки [1–4]; случаются примерно в 43% тупой травмы головы и сопровождаются поражением конвекситальных и базальных отделов головного мозга. При тяжелой черепно-мозговой травме (ЧМТ) также отмечается повреждение глубинных структур мозга [5–7]. На КТ изображениях геморагические ушибы визуализируются как корковые зоны с перифокальным отеком (гиподенсные зоны со сглаженностью дифференцировки серого и белого вещества и с неравномерными краями) [8–10]. Размеры ушибов головного мозга, выявленные при КТ, находятся в диапазоне от единичных мелких – до крупных сливных. Компьютерная томография является чувствительным методом диагностики в острой фазе ЧМТ.

J.J. Heit и соавт. (2017) описывали в своей работе увеличение отека головного мозга и образование крупных сливных геморагий у части пациентов с ЧМТ [11]. В связи с этим КТ, выполненная повторно (через 24–48 ч. после ЧМТ), часто выявляет дополнительные очаги ушибов, зоны кровоизлияния, а также нарастание диффузного отека.

Компьютерная томография, наряду с рентгенографией, является первичным методом визуализации для оценки ЧМТ. Кроме того, КТ можно выполнить за несколько секунд с тонкими срезами, которые можно реконструировать в любой плоскости, а также получить 3D изображения. КТ головного мозга используется для оценки всех форм внутричерепных повреждений, переломов, отека головного мозга и других сопутствующих повреждений.

Цель исследования

Анализ диагностической значимости КТ в визуализации ушибов головного мозга у детей до 3-х лет в остром периоде ЧМТ.

Материалы и методы

В период с 2021–2022 в НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии компьютерная томография выполнена у 1334 детей с ЧМТ в возрасте до 3-х лет.

Использовался 128-срезовый томограф Philips Ingenuity Elite 128. Минимальный возраст ребенка был 15 дней, максимальный – полных 3 года, средний возраст детей – 1 год 6 мес. Исследованы 730 мальчиков и 604 девочки.

Зоной интереса у детей с ЧМТ являлись череп и шейный отдел позвоночника. КТ для максимального снижения лучевой нагрузки проводилось с индивидуальным подбором параметров рентгеновской трубки (kV и mAs), с учетом веса и возраста пациента, использовалась программа iDose4. Шаг сканирования – 0,75 мм, толщина среза – 0,75 мм. Контрастирование у детей от 0 до 3 лет при ЧМТ не использовалось. Диапазон эффективной дозы варьировался в диапазоне от 1,27 до 1,91 мЗв.

У 510 (38,2%) из 1334 детей с ЧМТ, которым была проведена КТ, были выявлены макроструктурные повреждения головного мозга, у остальных 824 (61,8%) травматических изменений не диагностировано. На основании клинической симптоматики и анамнеза был установлен диагноз «сотрясение головного мозга», и они были выписаны в сроки от 3-х до 7 сут., согласно клиническим рекомендациям и приказу МЗ РФ № 931н от 15.11.12 г.

Результаты

В нашем исследовании самыми частыми причинами ЧМТ у детей были: прямой удар, где преобладали падения с высоты – 69,4% (n = 354), травмы от падения на ребенка тяжелого предмета – 14,3% (n = 73), побои – 4,1% (n = 21), а также более половины наблюдений (n = 47 из 62 детей) – дорожно-транспортные происшествия.

У 448 (87,84%) из 510 детей были диагностированы переломы костей черепа, сочетавшиеся у 366 (81,7%) с интракраниальными повреждениями, из них – ушибы головного мозга выявлены у 214 детей. У 154 (71,58%) пациентов с ушибами головного мозга травма оценена как тяжелая (шкала комы Глазго (ШКТ) ≤ 8).

Ушибы головного мозга были как у детей с переломами костей черепа (рис. 1, 2), так и без них – 62 (12,16%) (рис. 3), а у 68 (18,6%) детей ушибы головного мозга были по типу контрударной травмы (рис. 4). 98% (n = 210) ушибов головного мозга оценены как геморагические ушибы, остальные 2%

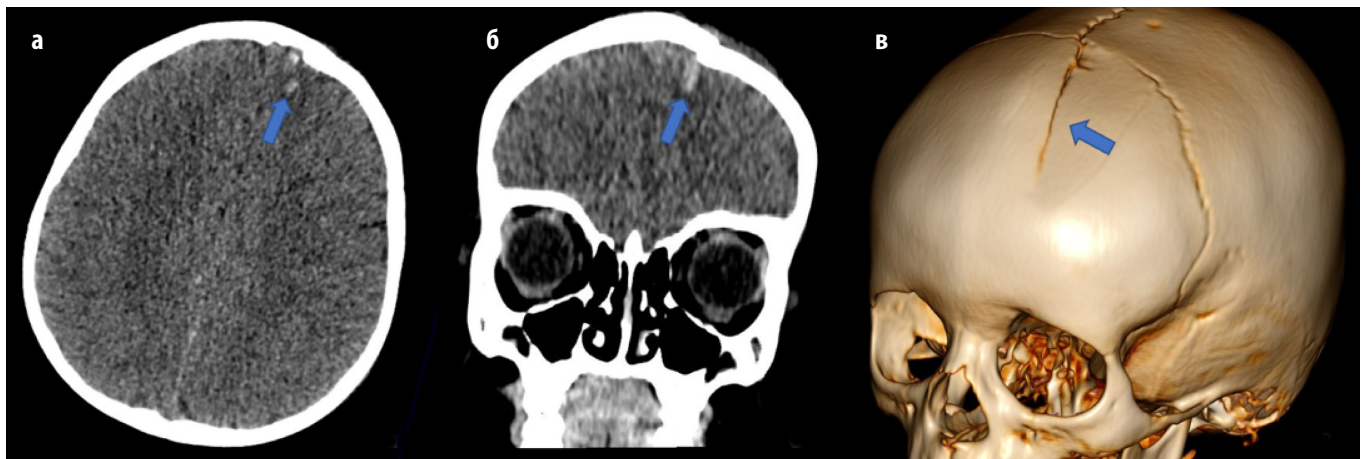


Рисунок 1. Вдавленный перелом лобной кости. Очаги геморрагического ушиба в лобной доле. а – аксиальная плоскость; б – коронарная плоскость; в – 3D реконструкция

Figure 1. Depressed frontal bone fracture. The foci of hemorrhagic contusion are in the frontal lobe. a – axial plane; б – coronal plane; в – 3D reconstruction

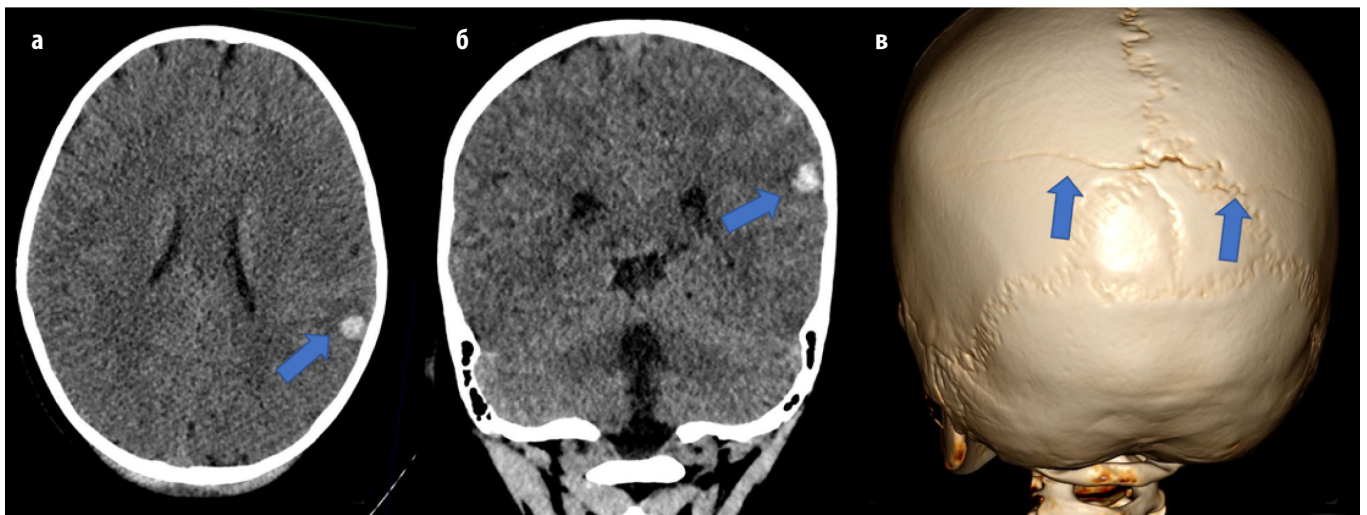


Рисунок 2. Линейный перелом обеих теменных костей. Очаг геморрагического ушиба в левой теменной доле. а – аксиальная плоскость; б – коронарная плоскость; в – 3D реконструкция

Figure 2. Linear fracture of both parietal bones. The focus of hemorrhagic contusion is in the left parietal lobe. a – axial plane; б – coronal plane; в – 3D reconstruction

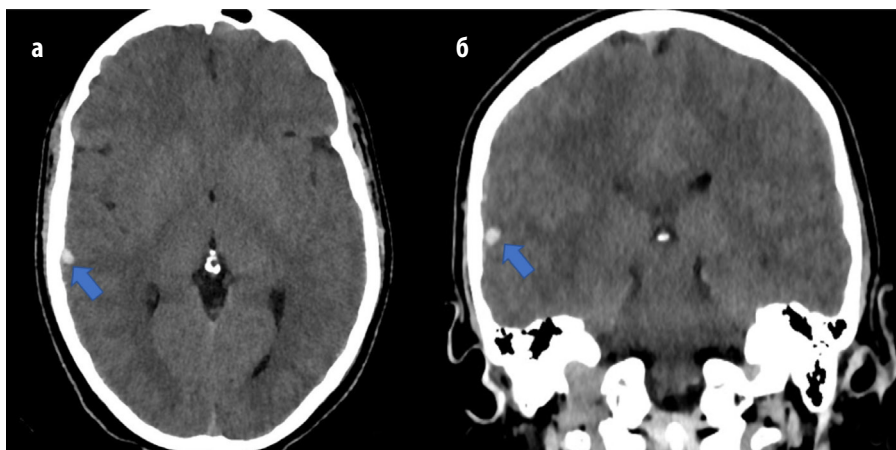


Рисунок 3. Очаг геморрагического ушиба правой теменной доли без признаков костно-травматических повреждений. а – аксиальная плоскость; б – коронарная плоскость

Figure 3. The focus of hemorrhagic contusion of the right parietal lobe shows no signs of bone and traumatic injuries. a – axial plane; б – coronal plane

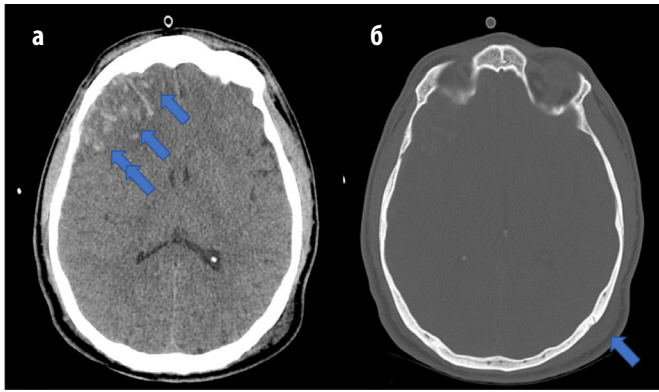


Рисунок 4. Множественные участки геморрагических ушибов лобной и теменной долей справа по типу «противоудара». Ушиб мягких тканей затылочной области слева без признаков костно-травматических повреждений.

a – аксиальная плоскость; б – аксиальная плоскость (режим костной визуализации)

Figure 4. Multiple areas of hemorrhagic contusions of the frontal and parietal lobes (contrecoup injuries) on the right. Injury to the soft tissues of the occipital region on the left with no signs of bone and traumatic injuries. *a – axial plane; б – axial plane (bone imaging view)*

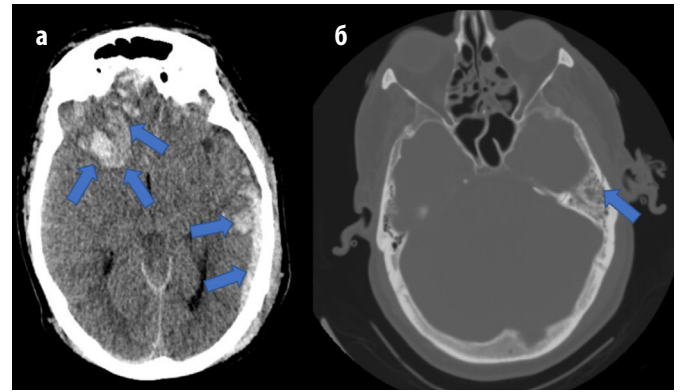


Рисунок 5. Множественные геморрагические ушибы в лобной доле справа и височной доле слева. Субдуральная гематома слева. Перелом височной кости слева.

a – аксиальная плоскость; б – аксиальная плоскость (режим костной визуализации)

Figure 5. Multiple hemorrhagic contusions in the frontal lobe on the right and the temporal lobe on the left. Subdural hematoma on the left. Temporal bone fracture on the left. *a – axial plane; б – axial plane (bone imaging view)*

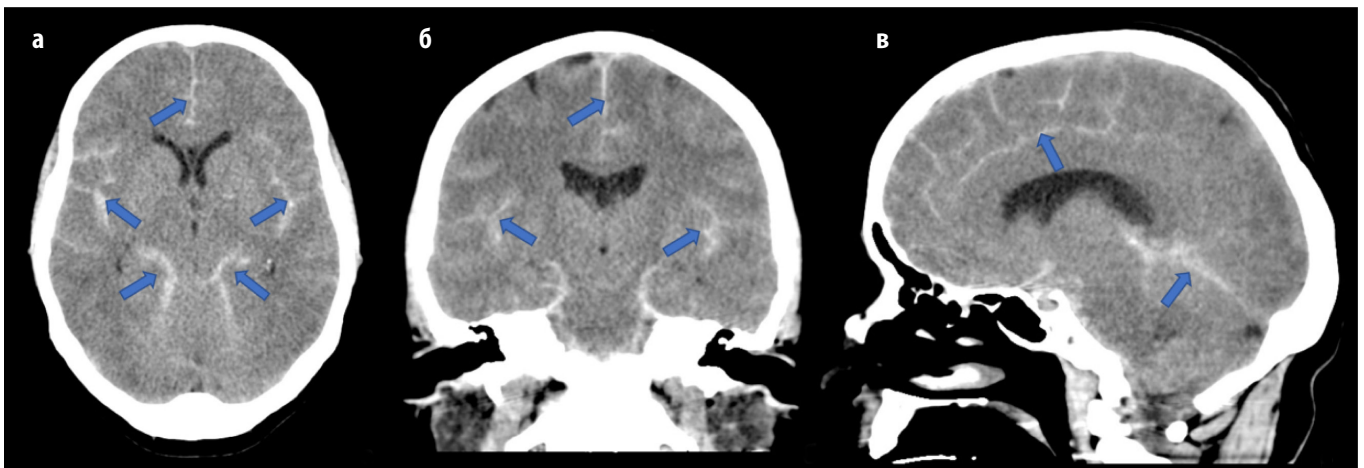


Рисунок 6. Травматическое диффузное субарахноидальное кровоизлияние. *a – аксиальная плоскость; б – коронарная плоскость; в – сагиттальная плоскость*

Figure 6. Traumatic diffuse subarachnoid hemorrhage. *a – axial plane; б – coronal plane; в – sagittal plane*

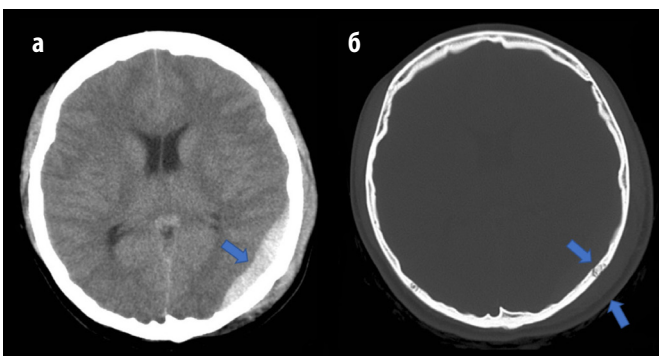


Рисунок 7. Субдуральная гематома левой затылочной области. Перелом затылочной кости по лямбдовидному шву слева. Ушиб мягких тканей затылочной области слева.

a – аксиальная плоскость; б – аксиальная плоскость (режим костной визуализации)
Figure 7. Subdural hematoma on the left occipital region. Occipital bone fracture along the lambdoid suture on the left. Injury to the soft tissues of the occipital region on the left. *a – axial plane; б – axial plane (bone imaging view)*

($n = 4$) – как негеморрагические (ишемические) ушибы (ушиб 1-го типа). Объем ушибов варьировал в пределах от 3–15 мл. Очаги ушибов располагались в лобных (37,1%), височных (34,3%) и теменных (20,6%), реже в затылочных долях (8%).

При повторных КТ в связи ухудшением неврологической симптоматики, которые в остром периоде выполнялись у 103 из 214 детей, у 42,7% ($n = 44$) отмечалось увеличение объема ушибов, а также отека вещества головного мозга, истощение ликворных пространств, смещение срединных структур (рис. 5).

Ушибы головного мозга в 89,8% наблюдений сопровождались травматическим субарахноидальным кровоизлиянием (рис. 6), в 14,5% сочетались с эпидуральными и субдуральными гематомами (5,7%) (рис. 7). Диффузные аксональные повреждения (ДАП) I и II типа выявлены с помощью КТ лишь у 9 (4,2%) детей из 214 детей с ушибами головного мозга.

Обсуждение

В настоящее время КТ является основным методом диагностики ЧМТ в ургентной ситуации. Существует общепринятая точка зрения, что КТ детям с ЧМТ следует выполнять в течение первых 3-х ч после травмы. Для младенцев с тупой травмой головы и без подозрений на «жестокое обращение» рекомендуется применять правила клинических принятий решений PECARN, которые помогают клиницисту определить показания для проведения лучевых методов диагностики [12–15].

Существуют также другие рекомендации для выбора КТ как метода первичного исследования у детей с ЧМТ: Новоорлеанские правила при ЧМТ (New Orleans/Charity Head Trauma/Injury Rule), Канадские правила КТ головы (Canadian CT Head Rule) и критерии использования экстренной рентгенографии (The National Emergency X-Radiography Utilization Study II, NEXUS-II). Эти рекомендации Американского колледжа радиологии (American College of Radiology, ACR) используются для определения приемлемости при ЧМТ средней и тяжелой степени у детей. Таким образом, КТ головы без контрастного усиления является рекомендацией класса I для пациентов с ЧМТ средней и тяжелой степени [16, 17]. Важно отметить, что критерии на основе рецензируемой литературы часто обновляются.

КТ головного мозга и костей черепа, по принятому в институте протоколу исследования у детей с ЧМТ и клиническим рекомендациям «Черепно-мозговая травма у детей» – 2022–2024 гг. (30.09.2022 г.), независимо от возраста, проводится в пределах 15–30 мин после поступления, если не требуются реанимационных или противошоковых действий, которые нередко

выполняются на столе компьютерного томографа, минуя противошоковую палату.

Знание закономерностей и проявлений ЧМТ требует учета анатомо-физиологических отличий у младенцев и детей раннего возраста по сравнению со старшими детьми и взрослыми. Основные различия у детей 0–3 года связаны с незавершенным развитием костей черепа и головного мозга, а также с особенностями механизма полученных травм. При этом преобладают в основном две причины полученных травм: первая – это прямой удар и/или угловое ускорение, вторая – косвенная перегрузка по типу хлыстовой травмы [18–20].

Тяжесть ЧМТ у детей оценивается по специальным педиатрическим шкалам, адаптированным в зависимости от возраста. Чаще используются: педиатрическая шкала комы (Pediatric Coma Scale, PCS), шкала детской комы (Children Coma Scale, CCS), неврологическая шкала детской травмы (Trauma Infant Neurologic Score, TINS) и ШКГ. Клинически ЧМТ диагностируется когда показатель по ШКГ ниже 15 [21].

Следует обратить внимание на то, что данные, полученные нами, расходятся с данными Центров по контролю и профилактике заболеваний США (Centers for Disease Control and Prevention, CDC), где легкая ЧМТ составляет 70–90% случаев, умеренная ЧМТ – около 15%, а тяжелая ЧМТ – до 2%, нейрохирургические вмешательства – 3,5% [22, 23]. В то же время метаанализ пациентов с осложненной легкой ЧМТ (оценка по шкале GCS 13–15) показал, что результаты КТ головы при острой травме важны не только для лечения, но и для прогнозирования течения ЧМТ, так как есть низкие, но клинически значимые показатели ухудшения состояния (11,7%), которые в этой группе пациентов приводят в дальнейшем к нейрохирургическому вмешательству (3,5%) и смерти (1,4%) у пациентов с легкой ЧМТ [24].

По данным разных источников, ушибы головного мозга возникают примерно в 43% тупой ЧМТ, в трети наблюдений ушибы локализуются по контрударному механизму на противоположной стороне от места травмы [7, 25]. Расхождение данных литературы и наших данных, вероятнее всего, связано с тем, что в институте концентрируется значительная часть детей с ЧМТ в остром периоде из регионов, где специализированная нейрохирургическая помощь другими лечебными учреждениями не оказывается или малодоступна. По вопросам топики и объемов очагов ушибов наши находки совпадают с данными других авторов.

При выполнении повторных КТ в связи ухудшением неврологической симптоматики, которая в остром периоде выполнена у 103 из 214 детей в 42,7% ($n = 44$), отмечалось увеличение объема ушибов головного мозга. Четкость визуализации ушибов зависит от времени выполнения КТ после травмы. Оптимальная

визуализация ушибов была в промежутках от 6 до 24 ч. Эти показатели близки к данным литературы, где имеется информация о том, что примерно у половины пациентов имеется увеличение площади отека и образование крупных интрапаренхиматозных кровоизлияний на месте небольших участков ушибов вещества головного мозга [11, 26]. Это происходит в течение первых 48 ч после травмы [27]. В исследовании R. Gelernter и соавт. (2018) увеличение объема ушибов в течение 24 ч составило 42%, после 24 ч – 63% [28]. По данным литературы, сочетание ушибов головного мозга только с субарахноидальным кровоизлиянием выявляется до 60% случаев [29].

F.C. Sarioglu и соавт. (2018) в ретроспективном анализе сообщают, что примерно у 50% пациента с тяжелой ЧМТ (ШКТ ≤ 8 и Максимальная сокращенная шкала травматизма (MAIS) ≥ 4), у которых КТ головы выполнена в первые 24 ч после травмы, было выявлено САК [30]. По данным C.L. Dalle Ore и соавт. (2018), САК выявлено у 42% больных с ЧМТ ($n = 71/171$) и чаще ассоциировалось с переломами черепа, отеком мозга, диффузным аксональным повреждением, ушибами и внутрижелудочковым кровоизлиянием [31]. В свою очередь, эпидуральные гематомы встречаются у 6% пациентов с тяжелой ЧМТ, что значительно меньше, чем в нашем исследовании [32]. Субдуральные гематомы диагностируются у 24% пациентов со средней и тяжелой ЧМТ. Они присутствуют примерно в 15% всех случаев травм головы и встречаются до 30% при летальных исходах после ЧМТ [33].

При выполнении данным пациентам магнитно-резонансной томографии ДАП встречаются более чем в 30% случаев тяжелой ЧМТ. Однако при анализе компьютерной томографии в 50–80% случаев определяется нормальная визуальная картина [34, 35]. В нашем исследовании с помощью КТ ДАП I и II типа выявлены у детей с ушибами головного мозга лишь в 4,2% ($n = 9$) наблюдений из 214, что существенно меньше (примерно в 4,5 раза), чем у других авторов.

Следует отметить, что результативность и достоверность первичной КТ также важна для выявления вторичных повреждений, таких как диффузный отек головного мозга, ишемия и «смерть мозга».

Заключение

КТ является предпочтительным методом визуализации в условиях острой черепно-мозговой травмы, что позволяет точно обнаружить и тем самым проводить адекватное лечение ушибов головного мозга, предупреждать вторичные травматические изменения. КТ-сканирование является основным инструментом исследования и должно выполняться у всех детей с ЧМТ в первые часы после травмы. Использование переформатированных корональных, сагиттальных

и 3D изображений максимизирует диагностическую чувствительность для обнаружения ушибов головного мозга.

Вклад авторов

Разработка концепции и дизайна исследования: Т.А. Ахадов
Сбор, анализ и интерпретация данных: Е.С. Зайцева, А.Д. Маматкулов, Д.Н. Хусаинова, Т.А. Ахадов
Написание статьи: Е.С. Зайцева, О.В. Божко, М.В. Ублинский, И.А. Мельников, Т.А. Ахадов
Исправление статьи: О.В. Божко, М.В. Ублинский, И.А. Мельников
Проверка интеллектуального содержания статьи: Т.А. Ахадов

Author contributions

Concept and design: Akhadow
Acquisition, analysis, or interpretation of data: Zaytseva, Mamatkulov, Khusainova, Akhadow
Manuscript drafting: Zaytseva, Bozhko, Ublinskiy, Melnikov, Akhadow
Manuscript revising: Bozhko, Ublinskiy, Melnikov
Critical analysis of the intellectual content: Akhadow

Литература/References

1. Коновалов А.Н., Корниенко В.Н., Озерова В.И., Пронин И.Н. *Нейрорентгенология детского возраста*. Антидор; 2001:19–38, 291–322.
2. Konovalov AN, Kornienko VN, Ozerova VI, Pronin IN. *Pediatric Neuroradiology*. Antidor; 2001:19–38, 291–322. (In Russ.).
3. Keenan HT, Runyan DK, Marshall SW, Nocera MA, Merten DF, Sinal SH. A population-based study of inflicted traumatic brain injury in young children. *JAMA*. 2003;290(5):621–626. PMID: 12902365. <https://doi.org/10.1001/jama.290.5.621>
4. Thomas AG, Hegde SV, Dineen RA, Jaspan T. Patterns of accidental craniocerebral injury occurring in early childhood. *Arch Dis Child*. 2013;98(10):787–792. PMID: 23922057. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2013-304267>
5. Morales DL. Brain Contusion Imaging. Medscape. Accessed April 2, 2023. <https://emedicine.medscape.com/article/337782-overview>
6. Mannix R, Bourgeois FT, Schutzman SA, Bernstein A, Lee LK. Neuroimaging for pediatric head trauma: do patient and hospital characteristics influence who gets imaged?. *Acad Emerg Med*. 2010;17(7):694–700. PMID: 20653582. PMCID: PMC2911650. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2010.00797.x>
7. Marlow R, Mytton J, Maconochie IK, Taylor H, Lyttle MD. Trends in admission and death rates due to paediatric head injury in England, 2000–2011. *Arch Dis Child*. 2015;100(12):1136–1140. PMID: 26272910. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2015-308615>
8. Schweitzer AD, Niogi SN, Whitlow CT, Tsiouris AJ. Traumatic brain injury: imaging patterns and complications. *Radiographics*. 2019;39(6):1571–1595. PMID: 31589576. <https://doi.org/10.1148/rg.2019190076>
9. Alahmadi H, Vachhrajani S, Cusimano MD. The natural history of brain contusion: an analysis of radiological and clinical progression. *J Neurosurg*. 2010;112(5):1139–1145. PMID: 19575576. <https://doi.org/10.3171/2009.5.JNS081369>
10. Kurland D, Hong C, Aarabi B, Gerzanich V, Simard JM. Hemorrhagic progression of a contusion after traumatic brain injury: a review. *J Neurotrauma*. 2012;29(1):19–31. PMID: 21988198. PMCID: PMC3253310. <https://doi.org/10.1089/neu.2011.2122>

10. Коновалов А.Н., Лихтерман Л.Б., Потапов А.А. *Клиническое руководство по черепно-мозговой травме*. Т. 2. Антидор; 2001:308–321.
11. Kononov AN, Lichterman LB, Potapov AA. *Clinician's Guide to Traumatic Brain Injury*. Vol 2. Antidor; 2011:308–321. (In Russ.).
12. Heit JJ, Iv M, Wintermark M. Imaging of intracranial hemorrhage. *J Stroke*. 2017;19(1):11–27. PMID: 28030895. PMCID: PMC5307932. <https://doi.org/10.5853/jos.2016.00563>
13. Jayapal K, Mansour HA. Timing of presentation and correlation with computed tomography in pediatric patients with minor head trauma. *International Journal of Contemporary Pediatrics*. 2018;5(6):2038. <https://doi.org/10.18203/2349-3291.ijcp20184256>
14. Ballard DW, Kuppermann N, Vinson DR, et al; Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN), Clinical Research on Emergency Services and Treatment (CREST) Network, Partners HealthCare. Implementation of a clinical decision support system for children with minor blunt head trauma who are at nonnegligible risk for traumatic brain injuries. *Ann Emerg Med*. 2019;73(5):440–451. PMID: 30583957. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2018.11.011>
15. Lee LK, Monroe D, Bachman MC, et al; Traumatic Brain Injury (TBI) Working Group of Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN). Isolated loss of consciousness in children with minor blunt head trauma. *JAMA Pediatr*. 2014;168(9):837–843. PMID: 25003654. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2014.361>
16. Dayan PS, Holmes JF, Hoyle J Jr, et al; Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN). Headache in traumatic brain injuries from blunt head trauma. *Pediatrics*. 2015;135(3):504–512. PMID: 25647678. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-2695>
17. Wintermark M, Sanelli PC, Anzai Y, et al; ACR Head Injury Institute, ACR Head Injury Institute. Imaging evidence and recommendations for traumatic brain injury: conventional neuroimaging techniques. *J Am Coll Radiol*. 2015;12(2):e1–e14. PMID: 25456317. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.10.014>
18. Shetty VS, Reis MN, Aulino JM, et al. ACR appropriateness criteria head trauma. *J Am Coll Radiol*. 2016;13(6):668–679. PMID: 27262056. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2016.02.023>
19. Quayle KS, Powell EC, Mahajan P, et al. Epidemiology of blunt head trauma in children in U.S. emergency departments. *N Engl J Med*. 2014;371(20):1945–1947. PMID: 25390756. <https://doi.org/10.1056/NEJMc1407902>
20. Валиуллина С.А., Шарова Е.А. Заболеваемость детей черепно-мозговой травмой в Российской Федерации: эпидемиология и экономические аспекты. *Казанский медицинский журнал*. 2015;96(4):581–587. <https://doi.org/10.17750/kmj2015-581>
21. Valiullina SA, Sharova EA. Prevalence of traumatic brain injury in children of Russian Federation: epidemiology and economic aspects. *Kazan Medical Journal*. 2015;96(4):581–587. (In Russ.). <https://doi.org/10.17750/kmj2015-581>
22. Haarbauer-Krupa J, Arbogast KB, Metzger KB, et al. Variations in mechanisms of injury for children with concussion. *J Pediatr*. 2018;197:241–248.e1. PMID: 29627189. PMCID: PMC6029621. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.01.075>
23. The Lancet. The burden of traumatic brain injury in children. *Lancet*. 2018;391(10123):813. PMID: 29508730. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30547-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30547-6)
24. Taylor CA, Bell JM, Breiding MJ, Xu L. Traumatic brain injury-related emergency department visits, hospitalizations, and deaths – United States, 2007 and 2013. *MMWR Surveill Summ*. 2017;66(9):1–16. PMID: 28301451. PMCID: PMC5829835. <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss6609a1>
25. Reid LD, Fingar KR. Inpatient stays and emergency department visits involving traumatic brain injury, 2017. In: *Health-care Cost and Utilization Project (HCUP) Statistical Briefs*. Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2020. PMID: 32379407.
26. Marincowitz C, Lecky FE, Townend W, Borakati A, Fabbrri A, Sheldon TA. The risk of deterioration in GCS13-15 patients with traumatic brain injury identified by computed tomography imaging: a systematic review and meta-analysis. *J Neurotrauma*. 2018;35(5):703–718. PMID: 29324173. PMCID: PMC5831640. <https://doi.org/10.1089/neu.2017.5259>
27. Di G, Liu H, Jiang X, et al. Clinical predictors of progressive hemorrhagic injury in children with mild traumatic brain injury. *Front Neurol*. 2017;8:560. PMID: 29250024. PMCID: PMC5718156. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00560>
28. Araki T, Yokota H, Morita A. Pediatric traumatic brain injury: characteristic features, diagnosis, and management. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2017;57(20):82–93. PMID: 28111406. PMCID: PMC5341344. <https://doi.org/10.2176/nmc.ra.2016-0191>
29. Alahmadi H, Vachhrajani S, Cusimano MD. The natural history of brain contusion: an analysis of radiological and clinical progression. *J Neurosurg*. 2010;112(5):1139–1345. PMID: 19575576. <https://doi.org/10.3171/2009.5.JNS081369>
30. Gelernter R, Weiser G, Kozer E. Computed tomography findings in young children with minor head injury presenting to the emergency department greater than 24h post injury. *Injury*. 2018;49(1):82–85. PMID: 28923560. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.09.012>
31. Riemann L, Zweckberger K, Unterberg A, El Damaty A, Younsi A; Collaborative European NeuroTrauma Effectiveness Research in Traumatic Brain Injury (CENTER-TBI) Investigators and Participants. Injury causes and severity in pediatric traumatic brain injury patients admitted to the ward or intensive care unit: a Collaborative European Neurotrauma Effectiveness Research in Traumatic Brain Injury (CENTER-TBI) study. *Front Neurol*. 2020;11:345. PMID: 32425879. PMCID: PMC7205018. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00345>
32. Sarioglu FC, Sahin H, Pekcevik Y, Sarioglu O, Oztekin O. Pediatric head trauma: an extensive review on imaging requisites and unique imaging findings. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2018;44(3):351–368. PMID: 28916852. <https://doi.org/10.1007/s00068-017-0838-y>
33. Dalle Ore CL, Rennert RC, Schupper AJ, et al. The identification of a subgroup of children with traumatic subarachnoid hemorrhage at low risk of neuroworsening. *J Neurosurg Pediatr*. 2018;22(5):559–566. PMID: 30095347. <https://doi.org/10.3171/2018.5.PEDS18140>
34. Koegel C, McCallum R, Greenhill M, et al. Imaging of traumatic intracranial hemorrhage. *J Am Osteopath Coll Radiol*. 2008;8(3):13–20.
35. Gaillard F, El-Feky M, Knipe H, et al. Subdural hemorrhage. Reference article. Radiopaedia.org. May 2, 2008. Updated December 12, 2023. Accessed October 9, 2023. <https://doi.org/10.53347/rID-2121>
36. Lolli V, Pezzullo M, Delpierre I, Sadeghi N. MDCT imaging of traumatic brain injury. *Br J Radiol*. 2016;89(1061):20150849. PMID: 26607650. PMCID: PMC4985461. <https://doi.org/10.1259/bjr.20150849>
37. Mata-Mbemba D, Mugikura S, Nakagawa A, et al. Traumatic midline subarachnoid hemorrhage on initial computed tomography as a marker of severe diffuse axonal injury. *J Neurosurg*. 2018;129(5):1317–1324. PMID: 29303451. <https://doi.org/10.3171/2017.6.JNS17466>

Сведения об авторах

Зайцева Екатерина Сергеевна, врач-рентгенолог отдела лучевых методов диагностики, НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6949-3072>

Ахадов Толибджон Абдуллаевич, д. м. н., профессор, руководитель отдела лучевых методов диагностики, НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Маматкулов Алишер Джахангирович, аспирант отделения нейрохирургии, НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6349-5739>

Божко Ольга Васильевна, к. м. н., ведущий научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики, НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

Ублинский Максим Вадимович, к. б. н., старший научный сотрудник, НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-4627-9874>

Мельников Илья Андреевич, к. м. н., заведующий отделением КТ-МРТ, НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

Хусайнова Дарья Николаевна, научный сотрудник отдела ИТ, НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-1698-0547>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Ekaterina S. Zaytseva, Radiologist, Diagnostic Radiology Unit, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6949-3072>

Tolibdzhon A. Akhadov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Diagnostic Radiology Unit, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Alisher D. Mamatkulov, Postgraduate Student, Neurosurgery Unit, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6349-5739>

Olga V. Bozhko, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Diagnostic Radiology Unit, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

Maxim V. Ublinskiy, Cand. Sci. (Bio.), Senior Researcher, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-4627-9874>

Ilya A. Melnikov, Cand. Sci. (Med.), Head of the CT-MRI Unit, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

Daria N. Khusainova, Researcher, IT Division, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-1698-0547>

Conflict of interest: none declared.