

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025
УДК 617.7-001.4

Очилов А.Р., Тимофеева А.В., Ахадов Т.А., Ублинский М.В.

Лучевая диагностика орбитальной травмы у детей

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии — Клиника доктора Рошала»
Департамента здравоохранения г. Москвы, 119180, Москва, Россия

Резюме

Актуальность. Травмы головы и лица — одна из основных причин обращений за неотложной помощью у детей. Среди них особенно выделяются повреждения орбиты, в том числе переломы стенок орбиты. **Цель** — определить диагностическую значимость современных методов визуализации состояния орбит при тупой травме у детей. В обзоре использованы базы данных PubMed, Google Scholar, Medline, РИНЦ.

Экстренная и достоверная оценка повреждений орбиты и глазного яблока у детей крайне важна. Общие методы визуализации орбиты и глаза включают рентгенографию, ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерную (КТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ). УЗИ применимо при изолированной травме орбит в специализированных офтальмологических центрах, кроме случаев, когда есть подозрения на разрыв глазного яблока. С учётом низкой информативности и доступности КТ и рентгенография в настоящее время применяется редко. При острой травме орбиты любое подозрение на вероятность наличия инородного тела в орбите требует начальной оценки с помощью КТ для исключения металлического инородного тела. МРТ играет значимую роль в распознавании повреждения мягких тканей орбиты у детей, а также всех других внутримозговых повреждений, вызванных травмой. МРТ позволяет получать сложные данные визуализации, которые значительно расширяют диагностические возможности по сравнению с КТ, представляя радиологу и орбитальному хирургу больше информации. Специалисты должны быть осведомлены об этих возможностях МРТ, поскольку методы визуализации постоянно развиваются и полезны при диагностике и лечении повреждений орбиты, а также при планировании хирургических вмешательств у детей.

Ключевые слова: обзор; дети; травма орбиты; компьютерная томография; магнитно-резонансная томография

Для цитирования: Очилов А.Р., Тимофеева А.В., Ахадов Т.А., Ублинский М.В. Лучевая диагностика орбитальной травмы у детей. *Российский педиатрический журнал*. 2025; 28(2): 108–113. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2025-28-2-108-113> <https://elibrary.ru/dsnkzx>

Для корреспонденции: Очилов Амир Равианович, мл. науч. сотр. ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии — Клиника доктора Рошала» ДЗМ, ochilovar@zdrav.mos.ru

Участие авторов: Очилов А.Р., Ахадов Т.А. — концепция и дизайн исследования; Очилов А.Р., Ахадов Т.А., Тимофеева А.В. — сбор и обработка материала, написание текста; Ахадов Т.А., Ублинский М.В. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 12.02.2025
Принята к печати 18.03.2025
Опубликована 29.04.2025

Amir R. Ochilov, Anna V. Timofeeva, Tolibdzhon A. Akhadov, Maxim V. Ublinskiy

Radiologic diagnostics of the orbital trauma in children

Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology — Dr. Roshal's Clinic, Moscow, 119180, Russian Federation

Summary

Relevance. Head and facial injuries are one of the main reasons for emergency care in children. Among all cases of blunt trauma to the skull and face, orbital damage, including fractures of the orbital walls, stands out in particular. **The aim** is to determine the diagnostic significance of modern methods for visualizing the state of the orbits in children with blunt trauma. The review uses PubMed, Google Scholar, Medline, and RSCI databases.

An urgent and reliable assessment of damage to the orbit and eyeball in children is extremely important. Common imaging techniques for the orbit and eye include radiography, ultrasound, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI). Ultrasound is applicable for isolated injury of the orbit in specialized ophthalmological centers, except in cases where there is a suspicion of rupture of the eyeball. Due to the low information content and accessibility, CT and radiography are rarely used nowadays. In case of acute orbital trauma, any suspicion of the possibility of a foreign body in orbit requires an initial CT assessment to exclude a metallic foreign body. MRI plays a significant role in recognizing damage to the soft tissues of the orbit in children, as well as all other intracranial injuries caused by trauma. MRI allows comprehensive data that significantly expands diagnostic capabilities compared to CT, providing more information to the radiologist and the orbital surgeon. It is extremely important that specialists are aware of these imaging capabilities, as these techniques are constantly evolved and used in assessing and treating orbital injuries, as well as in planning surgical intervention in children.

Keywords: review; children; orbit injury; computed tomography; magnetic resonance imaging

For citation: Ochilov A.R., Timofeeva A.V., Akhadov T.A., Ublinsky M.V. Radiologic diagnostics of the orbital trauma in children. *Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2025; 28(2): 108–113. (in Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2025-28-2-108-113> <https://elibrary.ru/dsnkzx>

For correspondence: Amir R. Ochilov, junior researcher, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma — Dr. Roshal's Clinic, Moscow, 119180, Russian Federation, ochilovar@zdrav.mos.ru

Contribution: Ochilov A.R., Akhadov T.A. — concept and design of the study; Ochilov A.R., Akhadov T.A., Timofeeva A.V. — collection and processing of the material, writing the text; Akhadov T.A., Ublinsky M.V. — editing the text. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Information about the authors:

Ochilov A.R., <https://orcid.org/0009-0000-0467-6225>

Akhadov T.A., <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Timofeeva A.V., <https://orcid.org/0000-0002-6940-4535>

Ublinskiy M.V., <https://orcid.org/0000-0002-4627-9874>

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: February 12, 2025

Accepted: March 18, 2025

Published: April 29, 2025

Введение

Травмы головы и лица — одна из основных причин обращений за неотложной помощью у детей [1, 2]. У детей травмы органа зрения составляют 10–15% случаев [3]. Повреждения орбиты при тупой травме черепа и лица колеблются от 36 до 64%, переломы стенок орбиты составляют 85% случаев [4, 5]. Распространённость орбитальной травмы у детей точно не установлена, потому что причины её разнообразны и зависят от региона и возраста детей [3]. Обычно чаще (60–70%) травмируются мальчики [6]. Основная часть травм происходит случайно в быту (50–60%), на улице (20–35%), в школе (1–5%) или во время занятий спортом (1–3%) [7, 8]. ДТП является причиной травмы орбит у детей в возрасте 14–18 лет в 21,4% случаев [9, 10]. В России в структуре орбитальной травмы на первый план выходят проникающие повреждения (до 50%), далее следуют тупая травма (до 37%) и ожоги (до 13%) [7, 11]. Главным фактором возникновения монокулярной слепоты является травма органа зрения [2, 3]. Открытая травма глаз больше (39,7%) характерна для детей младшего возраста, а закрытая — для подросткового и юношеского возраста (22,7%) [5, 8, 9, 11].

Международным обществом травмы глаза утверждена классификация закрытой травмы глаза (ISOT) [12, 13]. В ней повреждения оцениваются: по типу сохранности фиброзной капсулы; по тяжести нарушений зрительных функций; по локализации повреждений на поверхности глаза; по наличию или отсутствию афферентного зрачкового дефекта. Среди отечественных классификаций следует отметить классификацию Р.А. Гундоровой [4]. Достаточно полной считают также классификацию В.П. Николаенко, основанную на учёте переломов костей, образующих орбиту, как изолированных, так и сочетанных с другими травмами лица, объединяя их с классификацией переломов верхней челюсти по Ле Форту [4].

В связи с анатомо-физиологическими особенностями переломы орбиты у детей возникают реже, чем у взрослых, до 41% от всех переломов лица [14]. У детей младше 7 лет чаще возникают переломы крыши, а старше 7 лет — переломы дна орбиты. Это происходит потому, что у детей и взрослых имеются различия в степени пневматизации лобных пазух и в черепно-лицевом соотношении. Поэтому у детей крыша глазницы более чувствительна к травмам и, соответственно, нейрокраниальные аномалии возникают чаще (36–88% случаев) [15]. У половины детей, которым была выпол-

нена КТ, выявляется перелом орбиты, и менее чем у 7% есть перелом, требующий оперативного вмешательства. При отсутствии болезненности орбиты, отёка или экхимоза только у 1 ребёнка был перелом орбиты, требующий хирургического лечения [16]. Тип перелома «люк» наблюдался почти у половины больных, причём самой частой жалобой была диплопия. Раннее хирургическое вмешательство было связано с полным разрешением ограничения подвижности глаз и диплопией [17].

У детей при закрытой травме изолированные линейные переломы костей нижней стенки орбиты возникают в 12% случаев, а с ущемлением нижней прямой мышцы по типу «капкана» до 70%, у 37% детей бывают переломы 2 стенок орбиты, 3 стенок — у 18%, всех стенок орбиты — до 7% случаев. Ушибы орбиты без перелома выявляются в 78% случаев орбитальной травмы [1, 18, 19].

Экстренная и достоверная оценка повреждений орбиты и глазного яблока крайне важна. Общие методы визуализации орбиты и глаза включают рентгенографию, УЗИ, КТ и МРТ [18, 20, 21].

Рентгенография при травме орбит в каждом отдельном случае выявляет различные виды повреждений, из них самыми распространёнными рентгеновскими находками являются переломы костей, образующих орбиту. Обычно при доступности КТ рентгенография не пользуется спросом. Однако на практике рентгенографию черепа в двух (фронтальной и сагиттальной) проекциях в большинстве стационаров продолжают выполнять при поступлении больных с орбитальной травмой. Число ложных и недиагностированных случаев при рентгенографии относительно переломов орбит составляет 50 и 30% соответственно [22, 23]. Кроме того, этот метод имеет низкую чувствительность к повреждениям мягких тканей. Повреждения орбит и глаза при сочетанных травмах составляют 22,7–91,8% случаев, а 26% больных с переломами дна орбиты имели сочетанную травму глаза [24–26].

УЗИ может быть полезно для быстрой диагностики нарушений орбитального пространства. Однако в экстренной хирургии, учитывая сочетанную травму, УЗИ орбиты не применяется. Метод применим при изолированной травме орбит в специализированных офтальмологических центрах, кроме случаев, когда есть подозрение на разрыв глазного яблока [27, 28].

КТ считается является лучшим методом диагностики повреждений орбиты, т. к. позволяет оценить переломы орбиты, повреждения мягких тканей и наличие инородных тел [26, 29–32]. КТ необходима для определения ва-

рианта перелома орбиты, отломков и степени компрессии верхушки орбиты и внешнего вида интраканаликулярного зрительного нерва, угла наклона внутренней боковой стенки орбиты, наличия сопутствующего перелома дна орбиты, гифемы и ретробульбарной гематомы [32–34]. Три проекции КТ, как правило, дают основную информацию о травме орбиты. Клинически доказано, что для принятия решения о необходимости оперативного вмешательства имеет значение размер перелома (50% или более дна орбиты) и/или увеличение объёма орбиты (больше 1,5–2,0 см³). Эти показатели обуславливают выраженный экзофтальм (≥ 2 мм) [35, 36]. Обычно коронарные изображения лучше подходят для диагностики переломов дна орбиты, для адекватной оценки состояния решетчатой пластинки, крыши орбиты, дна орбиты и сфеноидальной плоскости [14]. При сложных переломах скулоорбитального комплекса, определяющих повреждение латеральной и нижней границ орбиты с распространением на переднюю стенку верхнечелюстной пазухи, скуловую дугу и внутреннюю латеральную стенку орбиты может возникнуть диастаз и смещение осколков, которые чётко визуализируются при КТ [18, 37]. Установлено, что косые сагиттальные проекции орбиты являются ценным дополнением к КТ изображениям в коронарной плоскости, особенно для оценки состояния мягких тканей, потому что позволяют определить состояние нижней прямой мышцы и её удлинение [38, 39]. Кроме того, при «взрывных» переломах и пролабировании КТ позволяет диагностировать вторичные гематомы и ущемление нижней и внутренней прямых мышц глаза смещёнными костными отломками [28–30]. КТ необходима для определения наличия и локализации повреждений нижней стенки орбиты, которые могут проявляться минимальным смещением отломков кости с ущемлением содержимого орбиты в месте перелома, т. к. при рентгенографии их невозможно установить [19, 40, 41]. КТ важна также для определения наличия защемления нижней прямой мышцы при переломах типа «люка» и линейных переломах без смещения дна орбиты [42]. КТ позволяет визуализировать структуры глазного яблока и вероятные инородные тела в нём, различать ущемление экстраокулярной мышцы от отёка орбиты и диагностировать повреждения слёзного канала [43]. Видимая при КТ орбитальная эмфизема может указывать на взрывной перелом орбиты, что характерно для 75% больных с медиальным орбитальным переломом [44, 45]. Визуализация внутриорбитального воздуха в сочетании с наличием мягких тканей орбиты в верхнечелюстной пазухе свидетельствуют не только о истинном переломе дна орбиты, но и о повреждении параорбитальных областей [18, 32].

При орбитальной травме часто возникают гематомы, которые даже при небольшом объёме — что более характерно при переломах типа «люка» (нижняя стенка орбиты) — приводят не только к ущемлению мягкотканых структур, но и к повышению внутриглазного давления, соответственно, к синдрому орбитального компартмента и оптической компрессионной нейропатии [20]. При кровоизлиянии в переднюю камеру глазного яблока (гифема), которое при КТ визуализируется как гиперденное образование, необходимо оценить заднюю камеру и вероятность сочетанных повреждений [12].

Чувствительность КТ при переломах орбиты выше,

чем при рентгенографии, а тонкие субмиллиметровые срезы, многопроекционные и 3D-реконструированные изображения помогают в планировании реконструкции переломов орбиты [33, 46]. Многоплоскостные КТ-реконструкции помогают хирургическому планированию переломов орбиты [18]. Доказано, что 3D-реконструкции необходимы при оценке оскольчатых переломов, смещённых компонентов и сложных переломов с участием нескольких плоскостей. Чувствительность 3D-изображений травмы орбит доходит до 90–92%, коронарных — 86%, аксиальных — 44%. Применение всех мультипланарных и 3D-реконструкций КТ помогает установить, охарактеризовать и дифференцировать сложные скулоорбитальные переломы Ле Форты [47, 48].

МРТ при травме орбиты у детей, хотя и обладает превосходной способностью дифференцировать мягкие ткани, обычно не рекомендуется для первоначальной оценки травмы и противопоказана в случаях, когда существует подозрение на металлическое инородное тело. МРТ используется реже, чем КТ, при травме орбиты у детей, тем более в остром периоде, т. к. метод более дорогой и длительный по времени. При острой травме орбиты любое подозрение на наличие инородного тела в орбите требует начальной оценки с помощью КТ для исключения металлического инородного тела, но МРТ имеет особое значение в распознавании повреждений мягких тканей орбиты и других внутрочерепных повреждений, вызванных травмой [18, 49]. МРТ имеет ряд преимуществ: отсутствие лучевой нагрузки, что важно для детей; оптимальная демонстрация вероятного, даже незначительного ущемления мышц и клетчатки в зоне перелома за счёт высокой контрастности мягких тканей; выраженная чувствительность к наличию жидкости (экссудат) и временным изменениям крови (гематомы), нативная визуализация сосудистых образований (каротидно-кавернозное соустье). МРТ превосходит КТ в диагностике орбитальных грыж, даже когда мягкотканое ущемление клинически спорно [14]. МРТ может однозначно разграничить структуры орбиты, головного мозга и пазухи и визуализировать скрытые и небольшие переломы дна орбиты. Однако с учётом того, что переломы орбиты чаще всего являются составляющими сочетанной травмы, КТ остается предпочтительным методом визуализации при переломах орбиты [32, 33]. Хотя уже давно предлагают МРТ в качестве ценной, а по некоторым показаниям и превосходной альтернативы КТ для обследования при травмах орбиты [49, 50]. Однако данных МРТ-визуализации при травмах орбиты у детей недостаточно. Это обусловлено ещё и тем, что при травме орбит хирургическое вмешательство требуется пострадавшим с постоянной диплопией или косметическими проблемами (экзофтальм) и обычно не выполняется до тех пор, пока не спадёт отёк (7–10 дней после травмы) [6, 7, 51]. У больных с переломами дна орбиты МРТ может выявить все переломы, диагностированные ранее с помощью КТ. В случаях с выявлением грыж мягких тканей (мышечная или жировая прослойка), где чувствительность КТ была в пределах 43,3%, чувствительность МРТ достигала 70%. Таким образом, МРТ не только может выявлять переломы дна орбиты с такой же чувствительностью, как КТ, но превосходит КТ в выявлении грыж мягких тканей [52]. Подавление сиг-

нала жира на T1- или T2-ВИ позволяет лучше визуализировать ткани, окружённые жировой клетчаткой. Подавление сигнала жира крайне важно для оценки оболочек зрительного нерва, т. к. любое anomальное увеличение объёма при подавленном сигнале окружающей жировой клетчатки будет более видимым [53]. Как дополнение для подавления сигнала жира и оценки тяжести поражения можно использовать импульсную последовательность инверсия–восстановление с короткой инверсией (STIR). Однако STIR нельзя использовать для получения постконтрастных T1-ВИ из-за укорачивающего эффекта, который гадолиний оказывает на T1-ВИ [44, 55]. Использование 3D T2*ВИ GRE и изображений, взвешенных по магнитной восприимчивости (SWI), которые высокочувствительны к неоднородности магнитного поля, позволяет обнаруживать даже очень мелкие кровоизлияния (гематомы) и кальцификаты. Чувствительность к визуализации кальцификатов T2*ВИ GRE и SWI позволяет сократить лучевую нагрузку, заменив КТ на МРТ [55, 56]. Выбухание или западение любой из стенок орбиты ведёт к ущемлению мышц, что характеризуется изменением МР-сигнала. Гипоинтенсивный сигнал независимо от взвешенности изображения (T1- или T2-ВИ) мышц за счёт отёка становится гиперинтенсивным. Гиперинтенсивный МР-сигнал на T2-FLAIR также свидетельствует об отёке мышц [18]. Сравнение диагностической точности импульсных последовательностей FLAIR и двойная инверсия — восстановление (DIR) в варианте 3D в случаях острого, в том числе травматического, неврита, когда сигнал зрительного нерва был оценён по интенсивности на 3 отрезках: внутриглазничном, прехиазматическом и хиазматическом, показало, что 3D-DIR имеет большую диагностическую точность и обеспечивает достоверность диагноза острого неврита по сравнению с 3D-FLAIR [56]. Однако эти данные более значимы при диагностике последствий травмы орбиты: компрессионной ишемии и травматической оптической нейропатии, воспалительных состояний орбиты, абсцессов. Изменения в области глазниц проявляются гиперинтенсивным сигналом на диффузионно-взвешенных изображениях (ДВИ), исчисляемый коэффициент диффузии зрительного нерва, отражающий количественную переменную, коррелирует с потерей зрения после травмы у больных [57]. Ограниченность использования при острой орбитальной травме ДВИ и диффузионно-тензорных изображений обусловлена тем, что в области орбиты на границах между костью, мягкими тканями и воздухом имеется выраженная неоднородность магнитного поля, которая приводит к артефактам восприимчивости: геометрическим искажениям и потере сигнала, особенно при напряжённости магнитного поля 3Т. Размытие и искажения изображений при визуализации орбит уменьшаются при использовании параллельной визуализации [58]. Для повышения качества изображения и высокой детализации 3D-реконструкции в зоне с высоким соотношением T2/T1 (ликвор и жир) применяются последовательности со стационарной свободной прецессией (SSFP). Они ценны для дифференциации и оценки состояния зрительного нерва и его перекреста, а также любых структур, находящихся в непосредственной близости от ликвора, таких как кавернозный синус и верхушка орбиты [59]. На фоне выраженного гиперин-

тенсивного сигнала ликвора даже маленькие поражения с гипоинтенсивным сигналом будут выделяться в любой структуре, прилегающей к ликворным пространствам. Кроме того, SSFP имеет очень короткое время получения, что уменьшает все артефакты, обусловленные ликворной пульсацией [60].

Заключение

МРТ значительно расширяет диагностические возможности по сравнению с КТ при травме орбиты у детей, представляя радиологу и орбитальному хирургу больше информации. Специалисты должны быть осведомлены об этих возможностях, поскольку методы визуализации постоянно развиваются и полезны при диагностике и лечении повреждений орбиты, а также при планировании хирургических вмешательств у детей.

Литература

(п.п. 1–3; 6; 8–10; 12–15; 18–26; 29–32; 34–60 см. References)

- Гундорова Р.А., Нероев В.В., Кашников В.В. *Травмы глаза*. М.: ГЕОТАР-Медиа; 2014. <https://elibrary.ru/krhure>
- Громакина Е.В., Саиджамолов К.М., Мозес В.Г., Тюнина Н.В., Мозес К.Б. Открытая травма глаза у детей: эпидемиология, предикторы неблагоприятного течения и исхода. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2021; 6(4): 132–41. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-4-132-141> <https://elibrary.ru/jpmmp>
- Петраевский А.В., Гндоян И.А., Тришкин К.С., Виноградов А.Р. Глазной травматизм в Российской Федерации. *Вестник офтальмологии*. 2018; 134(4): 80–3. <https://doi.org/10.17116/oftal-ma201813404180> <https://elibrary.ru/uxazqa>
- Орлова Н.А., Гаврилова Т.В., Собянин Н.А. Характеристика травм органа зрения экстренно госпитализированных взрослых лиц Пермского края. *Глаз*. 2020; 22(3): 19–22. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2020-3-19-22> <https://elibrary.ru/vafywu>
- Дроздова Е.А., Бухарина Е.С., Сироткина И.А. Эпидемиология, классификация, клиника и диагностика переломов орбиты при тупой травме (обзор литературы). *Практическая медицина*. 2012; 59(4-2): 162–7. <https://elibrary.ru/pchgoz>
- Голавский П.И., Пылков А.И., Горюков Ж.Е., Штернис Т.А., Малков Н.В. Клинико-статистический анализ травматических повреждений челюстно-лицевой области в Кузбассе. *Клиническая стоматология*. 2021; 24(4): 114–21. https://doi.org/10.37988/1811-153X_2021_4_114 <https://elibrary.ru/frgovf>
- Лежнев Д.А., Трутень В.П., Серова Н.С. Роль методов лучевой диагностики в визуализации изолированных повреждений челюстнолицевой области. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2008; (2): 66–8. <https://elibrary.ru/jwenzl>
- Павлова О.Ю., Серова Н.С. Многосрезовая компьютерная томография в диагностике переломов глазниц. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2015; (3): 12–7. <https://elibrary.ru/ucbdrb>
- Лежнев Д.А., Петровская В.В. Современные тенденции лучевой диагностики в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (лекция). *Радиология-Практика*. 2019; (5): 57–73. <https://elibrary.ru/gpwmth>

References

- Paek S.H., Jung J.H., Kwak Y.H., Kim D.K., Lee J.H., Jung J.Y., et al. Clinical decision rule to identify orbital wall fracture among children: retrospective derivation and validation study. *Pediatr. Emerg. Care*. 2020; 36(5): e280–4. <https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000001300>
- Scolozzi P., Jacquier P., Courvoisier D.S. Can clinical findings predict orbital fractures and treatment decisions in patients with orbital trauma? Derivation of a simple clinical model. *J. Craniofac. Surg.* 2017; 28(7): e661–7. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000003823>
- Shah S.M., Shah M.A., Singh R., Rathod C., Khanna R. A prospective cohort study on the epidemiology of ocular trauma associated with closed-globe injuries in pediatric age group. *Indian J. Ophthalmol.* 2020; 68(3): 500–3. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_463_19

4. Gundorova R.A., Neroev V.V., Kashnikov V.V. *Eye Injuries [Travmy Glaza]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2014. <https://elibrary.ru/khrure> (in Russian)
5. Gromakina E.V., Saidzhamolov K.M., Moses V.G., Tyunina N.V., Moses K.B. Open globe injury in children: epidemiology and predictors of an adverse outcome. *Fundamentalnaya i klinicheskaya meditsina*. 2021; 6(4): 132–41. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-4-132-141> <https://elibrary.ru/jpmmp> (in Russian)
6. Jolly R., Arjunan M., Theodorou M., Dahlmann-Noor A.H. Eye injuries in children – incidence and outcomes: An observational study at a dedicated children's eye casualty. *Eur. J. Ophthalmol.* 2019; 29(5): 499–503. <https://doi.org/10.1177/1120672118803512>
7. Petrayevsky A.V., Gndoyan I.A., Trishkin K.S., Vinogradov A.R. Ocular traumatism in Russian Federation. *Vestnik oftalmologii*. 2018; 134(4): 80–3. <https://doi.org/10.17116/oftal-ma201813404180> <https://elibrary.ru/uxazqa> (in Russian)
8. Puodžiuvienė E., Jokūbauskienė G., Vieversytė M., Asselineau K. A five-year retrospective study of the epidemiological characteristics and visual outcomes of pediatric ocular trauma. *BMC Ophthalmol.* 2018; 18(1): 10. <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0676-7>
9. Régo I.C.Q., Vilarinho S.M.M., Rodrigues C.K.F., Correia P.V.A.R., Junqueira J.L.C., Oliveira L.B. Oral and cranio-maxillofacial trauma in children and adolescents in an emergency setting at a Brazilian hospital. *Dent. Traumatol.* 2020; 36(2): 167–73. <https://doi.org/10.1111/edt.12515>
10. Wusiman P., Maimaitiuerxun B., Guli, Saimaiti A., Moming A. Epidemiology and pattern of oral and maxillofacial trauma. *J. Craniofac. Surg.* 2020; 31(5): 517–20. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000006719>
11. Orlova N.A., Gavrilova T.V., Sobyatin N.A. Characteristics of eye injuries in urgently hospitalized adults in the Perm region. *Glaz.* 2020; 22(3): 19–22. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2020-3-19-22> <https://elibrary.ru/vafywu> (in Russian)
12. Kuhn F., Morris R., Witherspoon C.D., Heimann K., Jeffers J.B., Treister G.A. Standardized classification of ocular trauma. *Ophthalmology*. 1996; 103(2): 240–3. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(96\)30710-0](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(96)30710-0)
13. Neinstein R.M., Phillips J.H., Forrest C.R. Pediatric orbital floor trapdoor fractures: outcomes and CT-based morphologic assessment of the inferior rectus muscle. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2012; 65(7): 869–74. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2012.02.004>
14. Allison J.R., Kearns A., Banks R.J. Predicting orbital fractures in head injury: a preliminary study of clinical findings. *Emerg. Radiol.* 2020; 27(1): 31–6. <https://doi.org/10.1007/s10140-019-01720-0>
15. Miller A.F., Elman D.M., Aronson P.L., Kimia A.A., Neuman M.I. Epidemiology and predictors of orbital fractures in children. *Pediatr. Emerg. Care.* 2018; 34(1): 21–4. <https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000001306>
16. Drozdova E.A., Bukharina E.S., Sirotkina I.A. Epidemiology, classification, symptoms, diagnosis fractures orbit with blunt trauma. *Prakticheskaya meditsina*. 2012; 59(4-2): 162–7. <https://elibrary.ru/pchgoz> (in Russian)
17. Golavskiy P.I., Pylkov A.I., Gorodkov Zh.E., Shternis T.A., Malkov N.V. Clinical and statistical analysis of maxillofacial trauma in Kuzbass. *Klinicheskaya stomatologiya*. 2021; 24(4): 114–21. https://doi.org/10.37988/1811-153X_2021_4_114 <https://elibrary.ru/frgovf> (in Russian)
18. Santamaria J., Mehta A., Reed D., Blegen H., Bishop B., Davies B. Orbital roof fractures as an indicator for concomitant ocular injury. *Graefes. Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2019; 257(11): 2541–5. <https://doi.org/10.1007/s00417-019-04455-3>
19. Nguyen B.N., Edwards M.J., Srivatsa S., Wakeman D., Calderon T., Lamoshi A., et al. Clinical and radiographic predictors of the need for facial CT in pediatric blunt trauma: a multi-institutional study. *Trauma Surg. Acute Care Open*. 2022; 7(1): e000899. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2022-000899>
20. Takahashi Y., Nakakura S., Sabundayo M.S., Kitaguchi Y., Miyazaki H., Mito H., et al. Differences in common orbital blowout fracture sites by age. *Plast. Reconstr. Surg.* 2018; 141(6): 893–901. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000004397>
21. Haavisto A.K., Sahraravand A., Puska P., Leivo T. Toy gun eye injuries – eye protection needed Helsinki ocular trauma study. *Acta Ophthalmol.* 2019; 97(4): 430–4. <https://doi.org/10.1111/aos.13948>
22. Xue C., Yang L.C., Kong Y.C. Application of pediatric ocular trauma score in pediatric open globe injuries. *Int. J. Ophthalmol.* 2020; 13(7): 1097–101. <https://doi.org/10.18240/ijo.2020.07.13>
23. Jank S., Emshoff R., Etzelsdorfer M., Strobl H., Nicasi A., Norer B. The diagnostic value of ultrasonography in the detection of orbital floor fractures with a curved array transducer. *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2004; 33(1): 13–8. <https://doi.org/10.1054/ijom.2003.0456>
24. Jank S., Emshoff R., Etzelsdorfer M., Strobl H., Nicasi A., Norer B. Ultrasound versus computed tomography in the imaging of orbital floor fractures. *J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2004; 62(2): 150–4. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2003.01.004>
25. Wang L., Wang J. On the positive correlation between the percentage of acute fracture of medial orbital wall and the degree of injury of affected medial rectus muscle by CT image. *Eur. J. Radiol.* 2012; 81(1): 58–61. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.01.011>
26. Lynham A.J., Chapman P.J., Monsour F.N., Snape L., Courtney D.J., Heggie A.A., et al. Management of isolated orbital floor blow-out fractures: a survey of Australian and New Zealand oral and maxillofacial surgeons. *Clin. Exp. Ophthalmol.* 2004; 32(1): 42–5. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9071.2004.00755.x>
27. Lezhnev D.A., Serova N.S., Truten V.P. Role of radiologic visualization methods in diagnostics of isolated face trauma. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii*. 2008; (2): 66–8. <https://elibrary.ru/jwenzl> (in Russian)
28. Pavlova O.Yu., Serova N.S. Multislice computed tomography in the diagnosis of orbital fractures. *Vestnik rentgenologii i radiologii*. 2015; (3): 12–7. <https://elibrary.ru/ucbdrb> (in Russian)
29. Dreizin D., Nam A.J., Hirsch J., Bernstein M.P. New and emerging patient-centered CT imaging and image-guided treatment paradigms for maxillofacial trauma. *Emerg. Radiol.* 2018; 25(5): 533–45. <https://doi.org/10.1007/s10140-018-1616-9>
30. Gómez Roselló E., Quiles Granado A.M., Artajona García M., Juanpere Martí S., Laguillo Sala G., Beltrán Marmol B., et al. Facial fractures: classification and highlights for a useful report. *Insights. Imaging*. 2020; 11(1): 49. <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00847-w>
31. Kunz C., Sigron G.R., Jaquière C. Functional outcome after non-surgical management of orbital fractures – the bias of decision-making according to size of defect: critical review of 48 patients. *Br. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2013; 51(6): 486–92. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2012.09.016>
32. Ryu J., Yun S.J., Lee S.H., Choi Y.H. Screening of pediatric facial fractures by brain computed tomography: diagnostic performance comparison with facial computed tomography. *Pediatr. Emerg. Care.* 2020; 36(3): 125–9. <https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000001397>
33. Lezhnev D.A., Petrovskaya V.V. Modern radiological trends in dentistry and maxillofacial surgery (lecture). *Radiologiya-Praktika*. 2019; (5): 57–73. <https://elibrary.ru/gpwmth> (in Russian)
34. Ball J.B. Jr. Direct oblique sagittal CT of orbital wall fractures. *AJR Am. J. Roentgenol.* 1987; 148(3): 601–8. <https://doi.org/10.2214/ajr.148.3.601>
35. Rake P.A., Rake S.A., Swift J.Q., Schubert W. A single reformatted oblique sagittal view as an adjunct to coronal computed tomography for the evaluation of orbital floor fractures. *J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2004; 62(4): 456–9. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2003.05.017>
36. Joseph J.M., Glavas I.P. Orbital fractures: a review. *Clin. Ophthalmol.* 2011; (5): 95–100. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S14972>
37. Lee S.H., Yun S.J., Ryu S., Choi S.W., Kim H.J., Kang T.K., et al. Brain computed tomography compared with facial 3-dimensional computed tomography for diagnosis of facial fractures. *J. Pediatr.* 2017; 184: 32–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.01.036>
38. Jamal B.T., Pfahler S.M., Lane K.A., Bilyk J.R., Pribitkin E.A., Diecidue R.J., et al. Ophthalmic injuries in patients with zygomaticomaxillary complex fractures requiring surgical repair. *J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2009; 67(5): 986–9. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2008.12.035>
39. Cellina M., Floridi C., Panzeri M., Giancarlo O. The role of computed tomography (CT) in predicting diplopia in orbital blowout fractures (BOFs). *Emerg. Radiol.* 2018; 25(1): 13–9. <https://doi.org/10.1007/s10140-017-1551-1>
40. Roelofs K.A., Starks V., Yoon M.K. Orbital emphysema: a case report and comprehensive review of the literature. *Ophthalmic. Plast. Reconstr. Surg.* 2019; 35(1): 1–6. <https://doi.org/10.1097/IOP.0000000000001216>
41. Huang L.K., Tu H.F., Jiang L.D., Chen Y.Y., Fu C.Y. Evaluation of concomitant orbital floor fractures in patients with head trauma

- using conventional head CT scan: a retrospective study at a level II trauma center. *J. Clin. Med.* 2019; 8(11): 1852. <https://doi.org/10.3390/jcm8111852>
42. Cellina M., Cè M., Marziali S., Irmici G., Gibelli D., Oliva G., et al. Computed tomography in traumatic orbital emergencies: a pictorial essay-imaging findings, tips, and report flowchart. *Insights Imaging.* 2022; 13(1): 4. <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01142-y>
43. Dubois L., Steenen S.A., Gooris P.J., Mourits M.P., Becking A.G. Controversies in orbital reconstruction – I. Defect-driven orbital reconstruction: a systematic review. *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2015; 44(3): 308–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2014.12.002>
44. Folkestad L., Jönsson L., Karlsson T. Orbital floor fractures – a comparison between CT images and findings at surgery. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2023; 280(6): 2795–803. <https://doi.org/10.1007/s00405-022-07801-0>
45. Schmutz B., Rahmel B., McNamara Z., Coulthard A., Schuetz M., Lynham A. Magnetic resonance imaging: An accurate, radiation-free, alternative to computed tomography for the primary imaging and three-dimensional reconstruction of the bony orbit. *J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2014; 72(3): 611–8. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2013.08.030>
46. Wiener E., Kolk A., Neff A., Settles M., Rummeny E. Evaluation of reconstructed orbital wall fractures: High-resolution MRI using a microscopy surface coil versus 16-slice MSCT. *Eur. Radiol.* 2005; 15(6): 1250–55. <https://doi.org/10.1007/s00330-005-2660-x>
47. Damgaard O.E., Larsen C.G., Felding U.A., Toft P.B., von Buchwald C. Surgical timing of the orbital “Blowout” fracture: a systematic review and meta-analysis. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2016; 155(3): 387–90. <https://doi.org/10.1177/0194599816647943>
48. Coon D., Yuan N., Jones D., Howell L.K., Grant M.P., Redett R.J. Defining pediatric orbital roof fractures: patterns, sequelae, and indications for operation. *Plast. Reconstr. Surg.* 2014; 134(3): 442–8. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000000421>
49. Passi N., Degnan A.J., Levy L.M. MR imaging of papilledema and visual pathways: effects of increased intracranial pressure and pathophysiologic mechanisms. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2013; 34(5): 919–24. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3022>
50. Tortora F., Cirillo M., Ferrara M., Belfiore M.P., Carella C., Caranci F., et al. Disease activity in Graves’ ophthalmopathy: diagnosis with orbital MR imaging and correlation with clinical score. *Neuroradiol. J.* 2013; 26(5): 555–64. <https://doi.org/10.1177/197140091302600509>
51. Higashiyama T., Iwasa M., Ohji M. Quantitative analysis of inflammation in orbital fat of thyroid-associated ophthalmopathy using MRI signal intensity. *Sci. Rep.* 2017; 7(1): 16874. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17257-6>
52. Das T., Roos J.C.P., Patterson A.J., Graves M.J., Murthy R. T2-relaxation mapping and fat fraction assessment to objectively quantify clinical activity in thyroid eye disease: an initial feasibility study. *Eye (Lond.)* 2019; 33(2): 235–43. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0304-z>
53. Chavhan G.B., Babyn P.S., Thomas B., Shroff M.M., Haacke E.M. Principles, techniques, and applications of T2*-based MR imaging and its special applications. *Radiographics.* 2009; 29(5): 1433–49. <https://doi.org/10.1148/rg.295095034>
54. Galluzzi P., Hadjistilianou T., Cerase A., De Francesco S., Toti P., Venturi C. Is CT still useful in the study protocol of retinoblastoma? *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2009; 30(9): 1760–65. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1716>
55. Garcia-Carpintero A.S.M., Petcharunpaisan S., Ramalho J.P.R.S.N.P., Castillo M. Advances in pediatric orbital magnetic resonance imaging. *Expert Rev. Ophthalmol.* 2010; 5(4): 483–500. <https://doi.org/10.1586/eop.10.46>
56. Murumkar V., Priyadarshini Baishya P., Kulanthaivelu K., Saini J., Manjunath N., Kumar Gupta R. Comparison of 3D Double Inversion Recovery (DIR) versus 3D fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) in precise diagnosis of acute optic neuritis. *Eur. J. Radiol.* 2022; 155: 110505. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2022.110505>
57. Hemat E.M. Characterization of orbital masses by diffusion-weighted magnetic resonance imaging (DWI) and apparent diffusion coefficient (ADC) value. *Egypt. J. Radiol. Nucl. Med.* 2017; 48(1): 115–23. <https://doi.org/10.1016/j.ejmm.2016.10.003>
58. van Everdingen K.J., van der Grond J., Kappelle L.J., Ramos L.M., Mali W.P. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in acute stroke. *Stroke.* 1998; 29(9): 1783–90. <https://doi.org/10.1161/01.str.29.9.1783>
59. Seitz J., Held P., Strotzer M., Müller M., Völk M., Lenhart M., et al. Magnetic resonance imaging in patients diagnosed with papilledema: a comparison of 6 different high-resolution T1- and T2(*)-weighted 3-dimensional and 2-dimensional sequences. *J. Neuroimaging.* 2002; 12(2): 164–71. <https://doi.org/10.1111/j.1552-6569.2002.tb00115.x>
60. Yazici Z., Yazici B., Tuncel E. Findings of magnetic resonance imaging after optic nerve sheath decompression in patients with idiopathic intracranial hypertension. *Am. J. Ophthalmol.* 2007; 144(3): 429–35. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.05.034>

Сведения об авторах:

Очилов Амир Равшанович, мл. науч. сотр., ГБУЗ «НИИ НДХиТ — Клиника доктора Рошаля» ДЗМ, ochilovar@zdrav.mos.ru;
Тимофеева Анна Вячеславовна, детский хирург ГБУЗ «НИИ НДХиТ — Клиника доктора Рошаля» ДЗМ, timofeevaav4@zdrav.mos.ru;
Ахадов Толибджон Абдуллаевич, доктор мед. наук, проф., руководитель отдела лучевых методов диагностики, ГБУЗ «НИИ НДХиТ — Клиника доктора Рошаля» ДЗМ, akhadov@mail.ru; **Ублинский Максим Вадимович**, канд. биол. наук, вед. науч. сотр., «НИИ НДХиТ — Клиника доктора Рошаля» ДЗМ, maxublinsk@mail.ru