

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

*Ахадов Т.А., Мельников И.А., Исхаков О.С., Божко О.В., Костикова Т.Д., Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Мещеряков С.В., Максудов А.А.***МУЛЬТИСПИРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ ТОРАКОЛЮМБАЛЬНОЙ ТРАВМЫ ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ**ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии»
Департамента здравоохранения города Москвы, 119180, Москва

Введение. Спинальная травма в педиатрической практике является относительно редко встречающимся типом повреждения, на который приходится не более 5% переломов у детей, а частота встречаемости не превышает 5:100 000. Однако спинальные повреждения могут сопровождаться значительной смертностью (до 5–10%), а также иметь долгосрочные последствия. Поэтому своевременное выявление таких повреждений является чрезвычайно важным для определения тактики лечения, предотвращения вторичной травмы нервных структур и формирования деформации позвоночника.

Цель исследования – оценить и сравнить возможности КТ и МРТ для разработки диагностического алгоритма тораколюмбальной травмы позвоночника у детей.

Материал и методы. В это исследование включено 4355 пациентов в возрасте от 6 мес до 17 лет с травмой тораколюмбального отдела позвоночника. У всех пациентов была выполнена стандартная рентгенография грудного или поясничного отдела и МРТ трех отделов позвоночника. МСКТ выполнена на томографах Brilliance 16 и 64. Оценка информации по тораколюмбальному отделу позвоночника проводилась по фронтальным, сагиттальным и 3D-переформатированным изображениям, полученным при сканировании грудной клетки и живота. МРТ проводилась на томографе Achieva 3 T₁ с получением мультипланарных T1-, T2-взвешенных изображений (ВИ) TSE- и STIR-изображений в аксиальной, фронтальной и сагиттальной проекциях при толщине среза 2–4 мм. Использовалась специализированная спинальная 32-канальная катушка.

Результаты. Для сравнения возможностей методов КТ и МРТ в диагностике тораколюмбальной травмы позвоночника была составлена выборка из 95 пациентов. На основе данной выборки определено количество повреждений (общее и их распределение по типу травмы). Общее количество повреждений, выявленное с помощью: отдельно МРТ = 325, отдельно КТ = 228, совместно (МРТ и КТ) = 199. Согласно результатам, полученным при помощи теста МакНемара, МРТ статистически достоверно лучше выявляет взрывные переломы позвонков, разрывы задней продольной связки (ЗПС) и желтой связки (ЖС), разрывы связок третьей колонны, грыжи дисков, эпидуральные и подсвязочные гематомы, гематомиелию, полные и частичные разрывы спинного мозга и его отек; КТ обладает превосходством в выявлении переломов задних элементов позвонков.

Заключение. МСКТ на сегодняшний день остается ключевым методом визуализации в диагностике большинства случаев острых травм позвоночника, как у взрослых, так и у детей. Наши данные подтверждают тот факт, что в остром периоде травмы МРТ, при отсутствии стандартных абсолютных противопоказаний, может служить достойной альтернативой для оценки повреждений тел позвонков, связочного аппарата, межпозвонковых дисков, спинного мозга и его корешков, уступая лишь в выявлении повреждений задних отделов позвонков. Отсутствие ионизирующего излучения также является одним из преимуществ этого метода и делает его использование предпочтительным при спинальной травме у детей, как при первичных, так и при контрольных исследованиях.

Ключевые слова: дети; мультиспиральная компьютерная томография; магнитно-резонансная томография; позвоночник; травма; тораколюмбальный отдел.

Для цитирования: Ахадов Т.А., Мельников И.А., Исхаков О.С., Божко О.В., Костикова Т.Д., Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Мещеряков С.В., Максудов А.А. Мультиспиральная компьютерная и магнитно-резонансная томография тораколюмбальной травмы позвоночника у детей. *Детская хирургия*. 2020; 24(5): 323–330. (In Russian). DOI: <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-5-323-330>

Для корреспонденции: Максим Вадимович Ублинский, кандидат биол. наук, научный сотрудник ГБУЗ г. Москвы «НИИ НДХиТ» ДЗМ, 119180, г. Москва. E-mail: maxublinsk@mail.ru

Akhadov T.A., Melnikov I.A., Iskhakov O.S., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Manzhurtsev A.V., Ublinsky M.V., Meshcheryakov S.V., Maksutov A.A.

MULTISPIRAL COMPUTED AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF THORACOLUMBAR SPINE INJURY IN CHILDREN

Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, 119180, Russian Federation

Introduction. Spinal injury in pediatric practice is met relatively rare; spinal fractures in children do not exceed 5%, and the incidence rate does not exceed 5:100000. However, spinal injuries have a high rate of fetal outcomes (up to 5–10%), and have significant long-lasting negative effects. Therefore, to timely detect such injuries is extremely important for determining treatment tactics, preventing secondary damage to nerve structures and preventing the formation of spinal deformity.

Purpose. To assess and compare CT and MRI potentials for developing a diagnostic algorithm in children with thoracolumbar spine injury.

Material and methods. 4355 patients, aged 6 months - 17 years, with thoracolumbar spine injury were included into the study. All patients had radiography of the thoracic or lumbar spine and MRI of three spinal sections. Multispiral computed tomography (MSCT) was performed with Brilliance 16 and 64 scanners. Information on the thoracolumbar spine picture obtained by scanning the chest and abdomen was assessed using findings of frontal and sagittal and 3D reformatted images. MRI was performed on Achieva 3 T scanner; multi-planar T1-, T2-weighted images of (WI) TSE and STIR images in axial, frontal and sagittal projections with a slice thickness of 2–4 mm were obtained. A special spinal 32 channel coil was used.

Results. To compare the effectiveness of CT and MRI techniques in the diagnostics of thoracolumbar spinal injury, a sampling of 95 patients was selected. The number of injuries (total and their distribution by the type of injury) was defined using the sample findings. The total number of detected injuries was: only by MRI = 325; only by CT = 228; MRI + CT = 199.

By the results of McNemar test, it has been found out that MRI detects statistically significantly better explosive fractures of the vertebrae, ruptures of the posterior longitudinal ligament (PLL) and yellow ligament (YL), ruptures of third column ligaments, herniated discs, epidural and sublingual hematomas, hematomyelia, complete and partial ruptures of the spinal cord and its edema; CT has superiority in detecting fractures of posterior vertebral elements.

Conclusion. Currently, MSCT remains a key imaging technique in the diagnostics of acute spinal injuries in most cases in children and adults. Our findings confirm that MRI - in the absence of standard absolute contraindications - can serve as a worthy alternative for assessing damages of the vertebral bodies, ligaments, intervertebral discs, spinal cord and its roots in the acute stage of injury, yielding only in detecting injuries in vertebra posterior elements. The absence of ionizing radiation is also one of MSCT advantages which makes its use preferable for spinal injury diagnostics in children, both for primary and for control examinations.

Key words: children; multispiral computed tomography; magnetic resonance imaging; spinal column; injury; thoracolumbar spine.

For citation: Akhadov T.A., Melnikov I.A., Iskhakov O.S., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Manzhurtsev A.V., Ublinskiy M.V., Meshcheryakov S.V., Maksutov A.A. Multispiral computed and magnetic resonance imaging of thoracolumbar spine injury in children. *Detskaya khirurgiya (Russian Journal of Pediatric Surgery)* 2020; 24(5): 323-330. (In Russian). DOI: <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-5-323-330>

For correspondence: Maxim V. Ublinskiy, MD, Ph.D., radiologist, researcher Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, 119180, Russian Federation. E-mail: maxublinsk@mail.ru

Information about the authors:

Akhadov T.A., <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>; Melnikov I.A., <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

Iskhakov O.S., <https://orcid.org/0000-0001-6065-3079>; Bozhko O.V., <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

Kostikova T.D., <https://orcid.org/0000-0002-9103-9191>; Manzhurtsev A.V., <https://orcid.org/0000-0001-5022-9952>

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

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

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received: June 15, 2020

Accepted: September 21, 2020

Введение

Спинальная травма в педиатрической практике является относительно редко встречающимся типом повреждения, на который приходится не более 5% переломов у детей, а частота встречаемости не превышает 5:100 000 [1–4]. Однако спинальные повреждения могут сопровождаться значительной смертностью (до 5–10%), и иметь долгосрочные последствия [5, 6]. У детей раннего возраста (до 2 лет) одной из наиболее часто встречающихся причин возникновения повреждения является жестокое обращение, которое регистрируется практически в 40% случаев [7]. После двухлетнего возраста наиболее распространенными причинами являются падения с высоты, дорожно-транспортные происшествия и спортивные травмы, доли которых продолжают расти по мере достижения подросткового возраста [8–10]. Возрастные различия прослеживаются в локализации повреждений позвоночника: травма шейного отдела позвоночника является наиболее распространенной в раннем возрасте; тораколюмбальные повреждения, близкие по своим характеристикам к травмам у взрослых, чаще наблюдаются в подростковом возрасте. В целом повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника встречаются реже (не более 30% травм на каждый из этих отделов) [11–14]. Однако, имеющиеся в литературе данные, указывают на то, что истинная встречаемость спинальных повреждений может быть недооценена, в особенности у поли-травматизированных пациентов, когда на первый план в определении тактики лечения выходят более тяжелые повреждения других органов и систем. Кроме того, в связи с тем, что часть структур позвоночника у детей остается неосифицированной, некоторые повреждения, даже при изолированной травме, могут остаться незамеченными при классической рентгенографии в 2 проекциях и даже при компьютерной томографии, являющихся на сегодняшний день основными методами в диагностике переломов [12, 15–17]. Дети в возрасте до 8 лет имеют относительно высокие значения индекса отношения размеров головы к размерам тела, что обуславливает возникновение значительных нагрузок во время резкой ротации, ускорения и замедления. Кроме

того, дети младшего возраста также обладают большей эластичностью позвоночного столба из-за большей эластичности костных элементов, связок и дисков, а также относительно слабо развитой мускулатуры, что обуславливает их предрасположенность к возникновению рентгенологически негативных повреждений, в том числе SCIWORA [14, 17–21]. Клиническое обследование в детской возрастной группе также затруднено, и локализованная боль не всегда является надежным признаком наличия перелома и травмы связочного аппарата. При этом своевременное выявление таких повреждений является чрезвычайно важным для определения тактики лечения, предотвращения вторичной травмы нервных структур и формирования деформации позвоночника, что напрямую сказывается на возможностях реабилитации и потенциале восстановления пациента. Учитывая это, магнитно-резонансная томография (МРТ) показана для выявления поражений спинного мозга и его корешков, связочного аппарата, межпозвонковых дисков, а также повреждений незрелых костных структур, которые не могут быть диагностированы классическими рентгеновскими методиками. Кроме того, компьютерная томография (КТ) является методикой, в основе которой лежит ионизирующее излучение, и, следовательно, оно может увеличить потенциальный риск развития онкологических заболеваний, что особенно важно для детей младше 5 лет [22]. Большая часть научных работ относительно лучевой диагностики спинальной травмы касается взрослой популяции. В связи с этим, цель нашего исследования – оценка и сравнение возможностей КТ и МРТ для разработки диагностического алгоритма тораколюмбальной травмы позвоночника у детей.

Материал и методы

В процессе исследования была выполнена ретроспективная оценка клинических и рентгенологических данных 4355 пациентов в возрасте от 6 мес до 18 лет, проходивших лечение в НИИ НДХиТ (г. Москва) в период с 2012 по 2019 г. Основным критерием включения пациентов в исследование было наличие клинических признаков изолированной или сочетанной травмы тораколюмбаль-

ного отдела позвоночника: высокоэнергетическая травма, видимые повреждения мягких тканей спины и грудной клетки, жалобы на боли на уровне тораколюмбального отдела позвоночника, наличие неврологического дефицита на соответствующем уровне. Дополнительным условием включения в выборку было выполнение пациенту МРТ в рамках лечебно-диагностического алгоритма. Основным критерием исключения из исследования была невозможность адекватного получения и оценки данных КТ или МРТ: при наличии у пациента инородных тел и ферромагнитных имплантатов, сердечно-сосудистой, дыхательной и неврологической нестабильности, а также показаний к экстренному хирургическому вмешательству. В соответствии с установленным стандартом оказания медицинской помощи всем 4355 пациентам была выполнена стандартная рентгенография пораженного отдела позвоночника. Также всем включенным в выборку пациентам выполнена МРТ. При наличии подозрения на костные повреждения на рентгеновских снимках и при низком качестве полученных рентгенограмм, а также при наличии интенсивных болей в спине с постоянными сенсорными, двигательными и вегетативными нарушениями выполнялись КТ позвоночника.

МРТ проводилась на магнитно-резонансном томографе Phillips Achieva 3 Тл. Стандартный протокол исследования включал получение:

1. T2-взвешенных изображений (ВИ) с использованием последовательности турбо-спин-эха (TSE) в аксиальной проекции (TR в диапазоне от 2000 до 4000 мс, TE – 95 мс, размер вокселя (реконструированный) $0,65 \times 0,93$, толщина среза 4 мм, время выполнения 4 мин 10 с).

2. T2 ВИ TSE в корональной проекции (TR в диапазоне от 2500 до 5000 мс, TE – 90 мс, размер вокселя (реконструированный) $0,75 \times 0,75$, толщина среза 4 мм, время выполнения 2 мин 19 с).

3. T2 ВИ TSE в сагиттальной проекции (TR в диапазоне от 2500 до 5000 мс, TE – 90 мс, размер вокселя (реконструированный) $0,75 \times 0,75$, толщина среза 3 мм, время выполнения 3 мин 50 с).

4. Изображений, полученных с использованием последовательности инверсии-восстановления спинного эха (STIR) (TR/TI – 3200/210 мс, TE – 65 мс, размер вокселя (реконструированный) $0,52 \times 0,52$, толщина среза 3 мм, время выполнения 4 мин).

5. T1 ВИ в корональной проекции (TR в диапазоне от 450 до 700 мс, TE – 9 мс, размер вокселя (реконструированный) $0,45 \times 0,45$, толщина среза 3 мм, время выполнения 3 мин 19 с).

Общее время исследования 17 мин 38 с.

Использовалась специализированная спинальная 32-канальная катушка.

КТ выполнялась на 16 и 64 детекторных томографах Philips Brilliance (Нидерланды). Оценка информации по тораколюмбальному отделу позвоночника проводилась по фронтальным, сагиттальным и 3D-переформатированным изображениям, полученным при сканировании грудной клетки и живота, что не исключало оценки аксиальных сканов, доза облучения была минимизирована. Длительность спирального сканирования колеблется от 32 до 40 с с шагом 0,5 мм, толщиной среза 0,75 мм, а интервал реконструкции составляет 2 или 3 мм с коллимацией 3 мм. KV и MAS подбираются в зависимости от веса и возраста пациента с учетом зоны исследования. Для большинства исследований “чистое” время МСКТ составляет от 24 до 40 с при толщине среза 0,75 мм.

Дополнительно была сформирована выборка из 95 пациентов, которым выполнены КТ и МРТ с разницей во времени не более 12 ч. В выделенной группе оценивались

следующие рентгенологические признаки травмы тораколюмбального отдела позвоночника: компрессионные и взрывные переломы тел позвонков, вывихи, переломы задних элементов (ножка, суставные фасетки, пластинка, остистые и поперечные отростки), грыжи дисков, наличие гематом и повреждений спинного мозга, разрывы заднего связочного комплекса. Повреждения, выявленные с помощью КТ и МРТ, были сопоставлены с использованием теста МакНемара.

Исследование проводилось в соответствии с Этическими принципами проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов (Хельсинская декларация Всемирной медицинской ассоциации). Все испытуемые или их законные представители подписывали добровольное информированное согласие на оказание медицинской помощи.

Результаты

Наиболее частой причиной спинальной травмы было падение с высоты – 2312 (53,1%) детей, затем автомобильные аварии – 1368 (31,4%), из которых 235 (5,4%) детей были пешеходами. Бытовые игры или занятия спортом были причиной травмы 675 (15,5%) детей. Из 4355 детей у 2613 (60%) повреждения позвоночника были изолированными, а у 1742 (40%) были частью политравмы, когда повреждены еще и другие части скелета, а также внутренние органы. Из всех пострадавших у 4002 (92%) были неосложненные компрессионные переломы позвонков, у остальных 353 (8%) – осложненные и нестабильные повреждения (183 мальчика, 170 девочек). В этой группе наибольшее число пациентов (253) было в возрасте от 12 до 18 лет, от 7 до 12 лет – 53, от 0 до 7 лет – 47. 268 из них были оперированы.

При оценке и описании характера костных повреждений мы использовали AOSpine thoracolumbar injury classification – AOSTLIC [23]. Повреждения типа А (2–4) по AOSTLIC были выявлены у 194 (55%) детей, типа В – у 97 (27,5%), типа С – у 62 (17,5%).

В таблице приведено количество повреждений (общее и их распределение по типу травмы), которые были продиагностированы с помощью методов КТ и МРТ (отдельно и совместно) в дополнительной выборке из 95 пациентов, а также значения уровня достоверности *p*, определенные с помощью теста МакНемара. Общее количество повреждений, выявленное с его помощью: отдельно МРТ – 325, отдельно КТ – 228, совместно (МРТ и КТ) – 199.

Согласно результатам, полученным при помощи теста МакНемара, МРТ статистически достоверно лучше выявляет взрывные переломы позвонков, разрывы задней продольной связки (ЗПС) и желтой связки (ЖС), разрывы связок третьей колонны, грыжи дисков, эпидуральные и подсвязочные гематомы, гематомиелию, полные и частичные разрывы спинного мозга и его отек; КТ обладает преимуществом в выявлении переломов задних элементов позвонков.

Обсуждение

Острая травма позвоночника и спинного мозга является комплексным патологическим процессом, включающим потенциальную нестабильность позвоночника, переломы позвонков и различные варианты повреждения спинного мозга и нервных корешков, дисков, связок и мышц. Хотя повреждения тораколюмбального отдела позвоночника у детей относительно редки, они могут существенно влиять на качество жизни в будущем. Для адекватной оценки переломов, выбора наиболее подходящего варианта лечения необходима не только соответствующая клиническая оценка, но и визуализация.

Типы повреждений и их количественные показатели по данным КТ и МРТ

Тип травмы	Метод исследования						p
	КТ		МРТ		МРТ + КТ		
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
Общее количество повреждений	228	100	325	100	199	100	
Компрессионные переломы тел позвонков	71	31,2	71	21,8	66	33,2	> 0,05
Взрывные переломы тел позвонков	57	25	62	19,7	57	28,7	0,026
Переломы задних элементов позвонков	76	33,3	52	16,4	52	26,1	< 0,001
Переломо-вывихи	5	2,1	5	1,5	5	2,5	> 0,05
Разрыв задней продольной связки позвоночника	0	0	10	3,0	0	0	0,002
Разрыв желтой связки позвоночника	0	0	28	8,6	0	0	< 0,001
Разрыв связок третьей колонны	14	6,3	53	16,7	14	7,0	< 0,001
Травматическая грыжа диска	5	2,1	14	3,3	5	2,5	0,003
Гематома (эпи-, субдуральная, подсвязочная)	0	0	5	1,5	0	0	0,026
Гематомиелия	0	0	4	1,2	0	0	0,046
Частичный разрыв спинного мозга	0	0	6	1,8	0	0	0,015
Разрыв спинного мозга	0	0	5	1,5	0	0	0,026
Отек спинного мозга	0	0	10	3,0	0	0	0,002

Традиционно КТ считается методом выбора для выявления и оценки сложных по конфигурации и малых по объему переломов. Данные нашего исследования подтверждают ее превосходство в диагностике переломов задних элементов позвонков. К преимуществам этого метода следует отнести и широкий спектр возможностей по пост-обработке (мультипланарные, криволинейные и объемные реконструкции), помогающий понимать пространственные отношения в зоне повреждения для решения вопроса о стабильности и нестабильности соответствующего отдела позвоночника, что важно для предоперационного планирования и классификации переломов. Кроме того, современные технологии подавления артефактов от металла в МСКТ позволяют контролировать послеоперационные результаты даже при наличии металлических имплантатов [24–26].

В литературе [27] отмечается наличие недостатков в диагностике поражений костных структур с помощью МРТ. Однако данные нашего исследования показывают, что, за исключением задних элементов, повреждения которых лучше визуализируются при помощи КТ, не было обнаружено существенных различий между КТ и МРТ в диагностике переломов тел позвонков и вывихов. Напротив, по нашим данным, МРТ превосходит КТ в выявлении повреждений тел позвонков, позволяя выявлять зоны отека губчатого вещества на T2ВИ- и STIR-изображениях. Схожие данные имеются и в литературе [12, 14, 28, 29].

Кроме того, МРТ обладает преимуществом при обнаружении повреждений спинного мозга [12, 30–34]. Острые кровоизлияния в спинной мозг визуализируются на ранней стадии (2 ч) как зона с гипointенсивным сигналом на T2ВИ TSE. Напротив, области с гиперинтенсивным сигналом на T2ВИ TSE соответствуют отеку, окружающему кровоизлиянию. Однако распространенность сигнала по времени у отека и кровоизлияния различна, так как кровоизлияние ограничивается коротким временем, а отек (каскад вторичной травмы) продолжает развиваться и в динамике становится более обширным [35–37]. Подострое кровоизлияние при использовании T2ВИ GE (FFE) визуализируется как зона выпадения МР-сигнала [35]. Однако чаще эти изображения, как и изображения, взве-

шенные по магнитной восприимчивости (SWI), используются в оценке шейного отдела позвоночника и спинного мозга, где возникает меньше артефактов от окружающих структур.

В последнее время для выявления изменений в спинном мозге, связанных с травматическими повреждениями, которые не визуализируются при традиционной МРТ, в диагностике стали использоваться диффузионно-взвешенные (DWI) и диффузионно-тензорные изображения (DTI) [38, 39]. Учитывая данные литературы и наш, хотя и небольшой опыт, можно говорить, что первые позволяют дифференцировать цитотоксический отек от вазогенного и выявлять интрамедуллярные кровоизлияния. Вторые помогают оценить степень повреждения трактов спинного мозга [38–40]. Значительных исследований по применению DWI и DTI в диагностике спинномозговой травмы нет, соответственно нет и значимой информации по этому вопросу, особенно о прогностической значимости [41, 42].

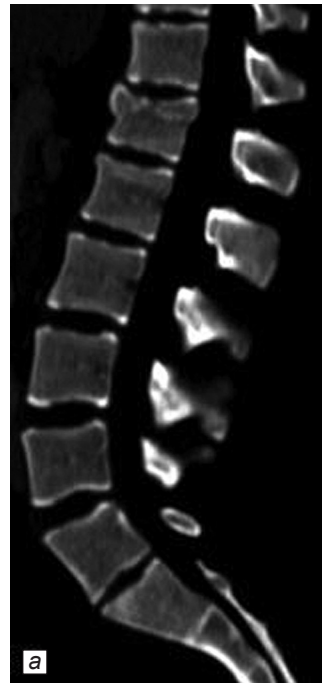
Данные литературы подтверждают исключительную роль МРТ в оценке состояния корешков спинного мозга, межпозвонковых дисков и других мягкотканых структур, а также оболочечных пространств [12, 14, 15, 35]. Таким образом, МРТ является более предпочтительной для определения клинко-рентгенологической корреляции у пациентов с повреждениями позвоночника.

В настоящее время для описания тораколумбальной травмы предложено несколько классификаций. В практической работе мы используем AOSTLIC. В этой классификации травмы позвоночника разделены на 3 категории по патоморфологическому критерию: компрессионное повреждение (группа А), дистракционное повреждение (тип В), повреждение со смещением или вращением (тип С). В каждой категории выделяется несколько подтипов в зависимости от расположения перелома, направления смещения фрагментов, повреждения связок. Одним из принципов классификации является прогрессивное нарастание тяжести травмы от типа А к типу С. В данной классификации подчеркивается важность состояния мягкотканых структур, таких как задний связочный комплекс, межпозвонковый диск, передняя продольная связка для поддержания стабильности позвоночника.



◀ Рис. 1. Пациент 5 лет. МРТ шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника, сагитальное STIR-изображение. МРТ-картина неосложненных компрессионных переломов тел Th4, Th5, Th6 и Th7 позвонков.

► Рис. 2. Пациент 16 лет. а – КТ пояснично-крестцового отдела позвоночника, сагиттальная реконструкция. Компрессионно-оскольчатый перелом тела L1 позвонка; минимальная передняя клиновидная деформация тел Th11, Th12, L2 позвонков, нельзя исключить компрессионные переломы тел данных позвонков; б – МРТ поясничного отдела позвоночника, сагитальное STIR-изображение. МРТ-картина компрессионно-оскольчатого (неполного взрывного) перелома тела L1 позвонка; МРТ-признаки компрессионных переломов тел, L2 и L3 позвонков; МРТ-признаки неполной двусторонней суставной люмбаллизации S1 позвонка.



В нашем исследовании преобладающее число случаев травмы торако-люмбального отдела позвоночника – это неосложненные компрессионные переломы тел позвонков, в большинстве случаев без повреждения связок, спинного мозга и его корешков (A1 – по AOSTLIC) (рис. 1). Несмотря на результат теста МакНемара, который говорит о сопоставимых способностях КТ и МРТ в выявлении компрессионных переломов, на наш взгляд, наиболее предпочтительным методом диагностики подобной травмы у детей является именно МРТ, которая без использования ионизирующего излучения позволяет выявить основной признак острой травмы – отек губчатого вещества. При этом клиновидная деформация, выявляемая при рентгенографических исследованиях (в том числе и КТ), может быть проявлением остеохондропатии или результатом ранее перенесенной травмы (рис. 2). Кроме того, даже у политравматизированного ребенка могут быть сопутствующие повреждения, которые затруднительно выявить по данным КТ. Так, у 5 детей младшей возрастной группы с выраженной неврологической симптоматикой был выявлен частичный разрыв спинного мозга выше уровня поврежденных позвонков (рис. 3).

Рассекающие или взрывные переломы (A2–A4) отмечались в 287 случаях, часть из них – преимущественно полные взрывные (A4) – сопровождались смещением осколков в позвоночный канал, контузионными изменениями спинного мозга, подвязочными кровоизлияниями. Для визуализации таких переломов традиционно принято использовать КТ. Однако данные нашего исследования показывают, что МРТ не уступает КТ в диагностике тяжелой травмы тел позвонков и дополняет картину повреждения, позволяя оценить

объем поражения спинного мозга, связочного аппарата и межпозвоночных дисков (рис. 4).

Переломы Типа В, при которых происходит повреждение задних сдерживающих элементов – флексивно-дистракционные, сгибательно-дистракционные. Для оценки переломов такого типа использовались и МРТ и КТ, поскольку была необходима оценка как костных, так и мягкотканых структур для планирования лечения (рис. 5).

Наиболее тяжелые переломы – переломы-вывихи (тип С), которые обычно сопровождаются переломом



Рис. 3. Пациент 6 лет. а – КТ пояснично-крестцового отдела позвоночника, сагиттальная реконструкция. Дистракционное нестабильное повреждение в сегменте L2–L3 с повреждением межпозвоночного диска, расширением межпозвоночного, межкостного и межостистого промежутков, отрывом костных фрагментов от каудальной замыкательной пластинки L2 и остистых отростков, с вывихами в дугоотростчатых суставах, формированием травматической угловой кифотической и левосторонней сколиотической деформации; б, в – МРТ грудного и поясничного отделов позвоночника, сагитальные STIR-изображения. МРТ-картина нестабильного флексивно-дистракционного перелома L2 позвонка, с разрывом задней продольной, желтой связок на уровне L2–L3, а также межкостистой и надкостистой связок, с формированием углового патологического кифоза; протяженная зона кистозно-глиозных изменений спинного мозга на уровне Th5–Th8 позвонков.



◀ Рис. 4. Пациент 15 лет. *а* – КТ пояснично-крестцового отдела позвоночника, сагиттальная реконструкция. Компрессионно-оскольчатый, нестабильный, осложненный, взрывной перелом тела L1 позвонка, включая перелом дугоотростчатых соединений L1 позвонка, со смещением, стенозом спинномозгового канала с оказанием компрессии на структуры спинного мозга; компрессионный перелом тел Th10, Th11, Th12 позвонков; *б* – МРТ нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника, сагиттальное STIR-изображение. МРТ-картина нестабильного осложненного взрывного перелома тела L1 позвонка, со смещением отломков кзади в позвоночный канал, с практически полной его обтурацией и началом формирования патологического углового кифоза, ущемлением спинного мозга и конуса на уровне Th12-L1 с развитием миелопатии; контузионные изменения в теле Th9 позвонка; компрессионные переломы тел Th10, Th11, Th12 позвонков; дегидратация межпозвонковых дисков L4-S1, наличием центральных протрузий в этих сегментах.

всех отделов позвонка и часто приводят к повреждению спинного мозга – частичному или полному разрыву (рис. 6).

В отличие от классификации TLICS (Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score) [43], которая предлагает шкалу тяжести травм спины, основанной на 3 компонентах: морфология травмы, целостность ЗСК, повреждение спинного мозга и корешков, в AOSTLIC не включена прямая оценка повреждения спинного мозга и корешков. Однако необходимо помнить, что поражение

спинного мозга в связи с возрастными особенностями может происходить у детей не только в зоне перелома. В случае политравмы неврологическая картина может быть обусловлена поражением ЦНС на нескольких уровнях, поэтому решение о типе лечения принимается на основании всесторонней оценки состояния пациента.

Таким образом, в тех случаях, когда на первое место при оказании помощи выступает проблема стабилизации позвоночника, AOSTLIC помогает в выборе типа хирургического вмешательства.



Рис.5. Пациент 6 лет. *а* – КТ нижнегрудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника, сагиттальная реконструкция. Флексионно-дистракционный нестабильный перелом L2 позвонка; компрессионный перелом тела L2 с переломом дужки и остистого отростка и клиновидным расхождением отломком; травматическая угловая кифотическая и левосторонняя сколиотическая деформация поясничного отдела позвоночника на уровне L2; гематома мягких тканей спины на уровне L2; *б, в* – МРТ нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника, сагиттальные STIR-изображения. Флексионно-дистракционный нестабильный перелом L2 позвонка с переломом дужек и клиновидным расхождением отломком, разрывом желтой, межостистой связок на этом уровне и незначительным сужением позвоночного канала; травматическая угловая кифотическая и левосторонняя сколиотическая деформация поясничного отдела позвоночника на уровне L2; гематома мягких тканей спины на уровне L2.

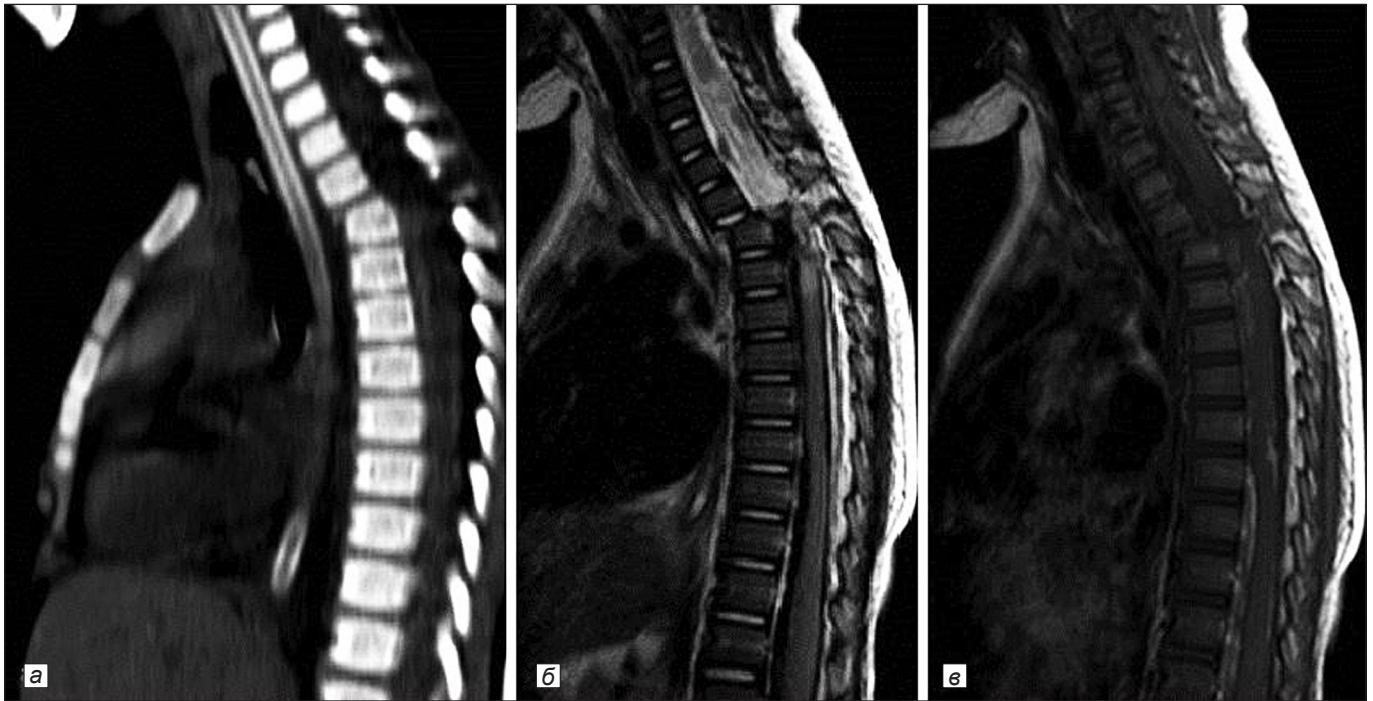


Рис. 6. Пациент 2 года. *а* – КТ грудного отдела позвоночника, сагиттальная реконструкция. Вывих Th2 позвонка; осложненный, нестабильный перелом тела Th3 (повреждение продольной и желтой связок); перелом верхнего левого суставного отростка, ножки дужки; *б, в* – МРТ шейного и грудного отделов позвоночника, сагиттальные STIR-изображения. Полный перерыв спинного мозга на уровне C5–Th4, гематомия Th4–Th5; отек спинного мозга C2–C5 и Th4–Th12; вывих позвонка Th2 с антеспондилолистезом; разрыв задней и передней продольной связок на уровне Th2–Th4, желтой – на уровне Th1–Th4; субдуральная гематома на уровне Th1

Заключение

Визуализация играет решающую роль в диагностике острой спинномозговой травмы. МСКТ на сегодняшний день остается ключевым методом визуализации в диагностике большинства случаев острых травм позвоночника, как у взрослых, так и у детей. Наши данные подтверждают тот факт, что в остром периоде МРТ, при отсутствии стандартных абсолютных противопоказаний, может служить достойной альтернативой для оценки повреждений тел позвонков, связочного аппарата, межпозвонковых дисков, спинного мозга и его корешков, уступая лишь в выявлении повреждений задних отделов позвонков. Отсутствие ионизирующего излучения также является одним из преимуществ этого метода и делает его использование предпочтительным при спинальной травме у детей, как при первичных, так и при контрольных исследованиях. Основными показаниями к МРТ в остром периоде являются:

1. Результаты рентгенографии и/или МСКТ, свидетельствующие о повреждении связок, такие как превертебральная гематома, спондилолистез, асимметричное расширение дискового пространства, расширение или вывихи фасеточного сустава и расширение межостистого пространства.
2. Поиск эпидуральной или субдуральной гематомы, или грыжи диска.
3. Подозрение на наличие повреждений спинного мозга у пациентов с нарушенным неврологическим статусом.
4. Дифференциальная диагностика между геморрагическими и негеморрагическими повреждениями спинного мозга, поскольку наличие кровоизлияния является прогностически менее благоприятным.
5. Определение и/или уточнение стабильности поврежденного отдела позвоночника.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА (п.п. 3–7, 15–43 см. в References)

1. Крылов В.В., Таланкина И.Е., Поздняков А.В., Гринь А.А., Попов С.В. Причины летальных исходов и ошибки диагностики при повреждении позвоночника и спинного мозга у больных с сочетанной травмой. *Нейрохирургия*. 2003; 3: 17–21.
2. Соколов В.А. *Множественные и сочетанные травмы*. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2006; 512с.
3. Климов В.С., Шулев Ю.А. Клинико-эпидемиологический анализ острой травмы шейного отдела позвоночника и спинного мозга в Тульской области. *Нейрохирургия*. 2008; 3: 68–72.
4. Беков М.М. Хирургическое лечение травмы грудного и смежных отделов позвоночника и спинного мозга. Автореф. дисс. канд. мед. наук. СПб. 2018; 25.
5. Гринь А.А., Крылов В.В. Лечение больных с осложненными и неосложненными повреждениями позвоночника при сочетанной травме. *Хир. позвоночника*. 2005; 4: 8–14.
6. Ахадов Т.А., Панов В.О., Айхофф У. *Травма спинного мозга и ее последствия. Магнитно-резонансная томография спинного мозга и позвоночника*. М.: ВИНТИ. 2000; 586–633.
7. Ахадов Т.А., Саруханян О.О., Кешишян Р.А. *Магнитно-резонансная томография спинальной травмы у детей*. М.: ООО «Коммерческие технологии». 2012; 136 с.
8. Ахадов Т.А., Телешов Н.В., Саруханян О.О. *Магнитно-резонансная томография в диагностике травмы позвоночника и спинного мозга в остром периоде у детей. Метод. рекомендации*. М. 2011; с. 46.
9. Игнатьев Ю.Т. Лучевая диагностика травм позвоночника у детей. Докт. дисс. СПб. 2004; 9–174.

REFERENCES

1. Krylov V.V., Talankina I.E., Pozdnjakov A.V., Grin' A.A., Popov S.V. The cause of death and diagnostic errors in case of damage to the spine and spinal cord in patients with combined trauma. *Neyrohirurgiya*. 2003; 3: 17–21. (in Russian)

2. Sokolov V.A. *Multiple and associated injuries [Mnozhestvennyye i sochetannyye travmy]*. Moscow: GEOTAR-Media. 2006; 512. (in Russian)
3. Ropper A. E., Neal M. T., Theodore N. Acute management of traumatic cervical spinal cord injury. *Pract Neurol*. 2015; 15(4): 266-72.
4. Devivo M.J. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications. *Spinal Cord*. 2012; 50: 365–72.
5. Hu R., Mustard C.A., Burns C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. e. 1996; 21(4): 492–9.
6. Carreon L.Y., Glassman S.D., Campbell M.J. Pediatric spine fractures: a review of 137 hospital admissions. *J Spinal Disord Tech*. 2004; 17(6): 477-82.
7. Knox J., Schneider J., Wimberly R.L., Riccio A.I. Characteristics of spinal injuries secondary to nonaccidental trauma. *J Pediatr Orthop*. 2014; 34: 376-81.
8. Klimov V.S., Shulev Ju. A. Clinical and epidemiological analysis of acute injury of the cervical spine and spinal cord in the Tula region. *Neurohirurgiya*. 2008; 3: 68-72. (in Russian)
9. Bekov M.M. Surgical treatment of trauma to the thoracic and adjacent spine and spinal cord [Khirurgicheskoe lechenie travmy grudnogo i smezhnykh otdelov pozvonochnika i spinogo mozga]. Avtoref. diss. kand. med. nauk - SPb. 2018; 25. (in Russian)
10. Grin' A.A., Krylov V.V. Treatment of patients with complicated and uncomplicated spinal injuries with combined trauma. *Hirurgiya pozvonochnika*. 2005; 4: 8-14. (in Russian)
11. Akhadov T.A., Panov V.O., Ajhoff U. *Injury to the spinal cord and spine and its consequences. Magnetic resonance imaging of the spinal cord and spine [Trauma spinного mozga i pozvonochnika i ee posledstviya. Magnitno-rezonansnaya tomografiya spinного mozga i pozvonochnika]*. Moscow: VINITI. 2000: 586–633. (in Russian)
12. Akhadov T.A., Saruhanjan O.O., Keshishjan R.A. *Magnetic resonance imaging of spinal injury in children [Magnitno-rezonansnaya tomografiya spinalnoy travmy u detey]*. Moscow: ООО «Kommercheskie tehnologii». 2012: 136. (in Russian)
13. Akhadov T.A., Teleshov N. V., Saruhanjan O.O. *Magnetic resonance imaging in the diagnosis of spinal cord and spinal cord injuries in the acute period in children [Magnitno-rezonansnaya tomografiya v diagnostike travmy pozvonochnika i spinного mozga v ostrom periode u detey. Metod. Rekomendacii]*. Moscow. 2011: 46. (in Russian)
14. Ignat'ev Ju.T. *Radiation diagnosis of spinal injuries in children [Luchevaya diagnostika travm pozvonochnika u detey]*. Dokt. disc. Ssankt Petersburg. 2004: 9–174. (in Russian)
15. Stulík J., Pesi T., Kryl J., Vyskocil T., Sebesta P., Havránek P. Spinal injuries in children and adolescents. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2006; 73(5): 313-20.
16. Bilston L. E., Brown J. Pediatric spinal injury type and severity are age and mechanism dependent. *Spine*. 2007; 32: 2339–47.
17. Basu S. Spinal Injuries in Children. *Front Neurol*. 2012; 3: 96–104.
18. Mlyavyy S., Morozov I. Orthopedic-surgical rehabilitation and regenerative treatment patients with spinal cord injury in the intermediate and late period. *International conference on recent advances in neurotraumatology*. ICRAN. 2010: 160-1.
19. Hamilton M.G., Myles S.T. Pediatric spinal injury: review of 174 hospital admissions. *J Neurosurg*. 1992; 77: 700-4.
20. Viccellio P., Simon H., Pressman B.D., Shah M.N., Mower W.R., Hoffman J.R. A prospective multicenter study of cervical spine injury in children. *Pediatrics*. 2001; 108(2): E20.
21. Rozzelle C.J., Aarabi B., Dhall S. S., Gelb D. E., John Hurlbert R., Ryken T. C., Theodore N., Walters B. C., Hadley M.N. Spinal Cord Injury Without Radiographic Abnormality (SCIWORA). *Neurosurgery*. 2013; 72(3): 227–33.
22. Koulouris G., Ting A. Y.I., Morrison W.B. Spinal Trauma: *Imaging, Diagnosis, and Management*. 2007; 13: 289–97.
23. Azimi P., Mohammadi H.R., Azhari S., Alizadeh P., Montazeri A. The AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: A reliability and agreement study. *Asian J Neurosurg*. 2015; 10(4): 282–5.
24. Rydberg J., Buckwalter K.A., Caldemeyer K.S., Phillips M.D., Conces D.J. Jr, Aisen A.M., Persohn S.A., Kopecky K.K. Multislice CT: scanning techniques and clinical applications. *Radiographics*. 2000; 20: 1787–806.
25. Buckwalter K.A., Rydberg J., Kopecky K.K., Crow K., Yang E.L. Musculoskeletal imaging with multislice CT. *AJR Am J Roentgenol*. 2001; 176: 979–86.
26. Watura R., Cobby M., Taylor J. Multislice CT in imaging of trauma of the spine, pelvis and complex foot injuries. *Br J Radiol*. 2004; 77(1): 46–63.
27. Looby S., Flanders A. Spinal trauma. *Radiol Clin N Am*. 2011; 49: 129–63.
28. Haba H., Taneichi H., Kotani Y., Terae S., Abe S., Yoshikawa H., Abumi K., Minami A., Kaneda K. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for detecting posterior ligamentous complex injury associated with thoracic and lumbar fractures. *J. Neurosurg*. 2003; 99: 20–6.
29. Castilo M. *Spinal Imaging: Critical Topics for Clinical Practice*. Jaynes Brothers Med. Pub. 2016: 29-59.
30. Klein G.R., Vaccaro A.R., Albert T.J., Schweitzer M., Deely D., Karasick D., Cotler J.M. Efficacy of magnetic resonance imaging in the evaluation of posterior cervical spine fractures. *Spine*. 1999; 24: 771–4.
31. Lee H.M., Kim H.S., Kim D.J., Suk K.S., Park J.O., Kim N.H. Reliability of magnetic resonance imaging in detecting posterior ligament complex injury in thoracolumbar spinal fractures. *Spine*. 2000; 25: 2079–84.
32. Sliker C.W., Mirvis S.E., Shanmuganathan K. Assessing cervical spine stability in obtunded blunt trauma patients: Review of medical literature. *Radiology*. 2005; 234: 733–9.
33. Provenzale J. MR imaging of spinal trauma. *Emerg. Radiol*. 2007; 13: 289–97.
34. Kliewer M.A., Gray L., Paver J., Richardson W.D., Vogler J.B., McElhaney J.H., Myers B.S. Acute spinal ligament disruption: MR imaging with anatomic correlation. *J. Magn. Reson. Imaging*. 1993; 3: 855–61.
35. Bozzo A., Marcoux J., Radhakrishna M., Pelletier J., Goulet B. The Role of Magnetic Resonance Imaging in the Management of Acute Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma*. 2011; 28(8): 1401–11. doi: 10.1089/neu.2009.1236.
36. Hackney D.B., Asato R., Joseph P.M., Carvlin M.J., McGrath J.T., Grossman R.I., Kassab E.A., DeSimone D. Hemorrhage and edema in acute spinal cord compression: demonstration by MR imaging. *Radiology*. 1986; 161: 387–90.
37. Andreoli C., Colaiacomo M.C., Rojas Beccaglia M., Di Biasi C., Casciani E., Gualdi G. MRI in the acute phase of spinal cord traumatic lesions: Relationship between MRI findings and neurological outcome. *Radiol. Med*. 2005; 110: 636–45.
38. Shanmuganathan K., Gullapalli R.P., Zhuo J., Mirvis S.E. Diffusion tensor MR imaging in cervical spine trauma. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008; 29: 655–9.
39. Rajasekaran S., Kanna R.M., Shetty A.P. Diffusion tensor imaging of the spinal cord and its clinical applications. *J Bone Joint Surg Br*. 2012; 94: 1024–31.
40. Zhang J.S., Huan Y. Multishot diffusion-weighted MR imaging features in acute trauma of spinal cord. *Eur Radiol*. 2014; 24: 685–92.
41. Shen H., Tang Y., Huang L., Yang R., Wu Y., Wang P., Shi Y., He X., Liu H., Ye J. Applications of diffusion-weighted MRI in thoracic spinal cord injury without radiographic abnormality. *Int. Orthop*. 2007; 31: 375–83.
42. Tsuchiya K., Fujikawa A., Honya K., Tateishi H., Nitatori T. Value of diffusion-weighted MR imaging in acute cervical cord injury as a predictor of outcome. *Neuroradiology*. 2006; 48: 803–8.
43. Khurana B., Sheehan S.E., Sodickson A., Bono C.M., Harris M.B. Traumatic Thoracolumbar Spine Injuries: What the Spine Surgeon Wants to Know. *RadioGraphics*. 2013; 33: 2031-46.

Поступила 15 июня 2020

Принята в печать 21 сентября 2020