

Д.А. ИСМИЕВ, Т.А. АХАДОВ, И.А. МЕЛЬНИКОВ,
С.В. МЕЩЕРЯКОВ, Е.А. ПОРОХИНА

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕНТГЕНОГРАФИИ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ НЕОСЛОЖНЕННЫХ КОМПРЕССИОННЫХ ПЕРЕЛОМАХ ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ

Ключевые слова: компрессионный перелом, позвоночник, рентгенография, магнитно-резонансная томография, индекс клиновидности.

Компрессионные переломы тел позвонков у детей являются клинически значимой патологией. Несмотря на то, что рентгенография традиционно выступает методом первой линии в диагностике, ее информативность часто оказывается недостаточной из-за проекционных наложений и анатомических особенностей растущего детского скелета. Магнитно-резонансная томография обладает высокой мягкотканной контрастностью и позволяет выявлять отек костного мозга без лучевой нагрузки.

Цель исследования – провести сопоставительный анализ данных рутинной рентгенографии и магнитно-резонансной томографии в острый период неосложненной травмы позвоночника у детей и подростков для разработки оптимизированного диагностического алгоритма.

Материалы и методы. Обследовано 47 пациентов (средний возраст $10,7 \pm 3,4$ года) с подозрением на компрессионный перелом грудного отдела. Проводилась сравнительная оценка деформации тел позвонков путем расчета индекса клиновидности по данным рентгенографии и магнитно-резонансной томографии. Также выполнен корреляционный анализ Спирмена и анализ Бланда–Алтьмана.

Результаты. По данным магнитно-резонансной томографии у 26 пациентов было диагностировано 67 повреждений позвонков. Множественные переломы встречались в 61,5% случаев. Рутинная спондилография показала низкую диагностическую эффективность. Чувствительность составила 32,3%, специфичность – 42,1%, общая точность – 35,8%. Отмечены выраженная гиподиагностика, а также случаи гипердиагностики. При сравнении показателей индекса клиновидности по данным рентгенографии и магнитно-резонансной томографии была выявлена сильная прямая корреляционная связь.

Выводы. Классическая рентгенография обладает низкой диагностической эффективностью при диагностике компрессионных переломов тел позвонков у детей. Магнитно-резонансная томография позволяет объективно визуализировать структурные изменения, включая трабекулярный отек, а измерение индекса клиновидности не уступает рентгенометрии в точности количественной оценки деформации. Это обосновывает целесообразность интеграции магнитно-резонансной томографии в рутинный диагностический алгоритм для снижения частоты необоснованных лечебных мероприятий и оптимизации тактики ведения пациентов.

Введение. Травмы позвоночника в детском и подростковом возрасте представляют собой относительно редкую, но чрезвычайно значимую в клиническом и прогностическом плане патологию. Согласно современным эпидемиологическим данным, повреждения позвоночного столба составляют от 1% до 3% от общего числа всех педиатрических переломов [4, 7, 17]. В зарубежных популяционных исследованиях ежегодная заболеваемость спинальной травмой, требующей стационарного лечения, оценивается приблизительно как один случай на 15 000 детей [7]. Несмотря на относительно низкую частоту встречаемости по сравнению с травмами трубчатых костей, клинические последствия пропущенных или некорректно диагностированных повреждений позвоночника могут приводить к тяжелой инвалидизации [3, 6, 9].

Подавляющее большинство спинальных травм в педиатрической практике представлено неосложненными компрессионными переломами тел позвонков, относящихся к типу A1 по классификации AOSpine [1, 5, 17, 19, 20].

На сегодняшний день рутинная рентгенография (РГ) позвоночника в двух стандартных проекциях (прямой и боковой) является методом первой линии в алгоритме обследования пациентов с подозрением на травму спины [6, 11, 15]. Это обусловлено повсеместной доступностью, низкой стоимостью и быстротой выполнения исследования. Однако в последние годы в мировой радиологической и ортопедической практике происходит пересмотр сложившихся подходов в диагностике компрессионных переломов тел позвонков. В работах D. Saul, K. Dresing отмечают увеличение частоты применения магнитно-резонансной томографии (МРТ) позвоночника за последние несколько лет, тогда как доля классического рентгеновского исследования сокращается [19].

Научное сообщество все чаще признает РГ недостаточной для точной оценки детского позвоночника. Сложности обусловлены множеством факторов: проекционными наложениями анатомических структур, спецификой развивающегося скелета с обилием зон роста и вариантов оссификации, которые можно ошибочно принять за линии перелома [6, 13, 14].

В связи с этим МРТ, применявшаяся исключительно при наличии неврологической симптоматики, сегодня выходит на передний план [12]. МРТ обладает высокой мягкотканной контрастностью, позволяет детально оценить не только костные структуры, но и связочный аппарат, межпозвонковые диски, паравerteбральные мягкие ткани и спинной мозг, при этом полностью исключая воздействие ионизирующего излучения [6, 15]. Особую ценность представляет способность МРТ выявлять отек костного мозга, который является маркером острой травмы. Он может присутствовать даже при отсутствии видимой деформации замыкательных пластинок позвонков на рентгенограммах [2, 10, 16].

Однако, несмотря на очевидные преимущества МРТ, в отечественной практике до сих пор отсутствует единое мнение относительно целесообразности ее рутинного применения при подозрении на неосложненную травму, что делает актуальным получение объективных клинических данных, которые позволили бы стандартизировать подход к обследованию таких пациентов.

Цель исследования – провести сопоставительный анализ данных рутинной РГ и МРТ в острый период неосложненной травмы позвоночника у детей и подростков для разработки оптимизированного диагностического алгоритма.

Материалы и методы. На базе ГБУЗ НИИ НДХиТ – Клиники доктора Рошаля в период с июня по август 2025 г. было проведено исследование, включившее 47 пациентов (средний возраст $10,7 \pm 3,4$ года). Критерии включения в исследование: пациенты в возрасте от 5 до 18 лет, поступившие в клинику с подозрением на компрессионный перелом тел позвонков в грудном отделе, которым были выполнены РГ грудного отдела позвоночника и МРТ позвоночника на всем его протяжении. Критериями исключения являлись наличие осложненных переломов тел позвонков, а также хирургические вмешательства на позвоночнике. Магнитно-резонансные исследования осуществлялись на томографе Philips Ingenia Ambition 1.5T.

В ходе исследования проводилась сравнительная оценка степени деформации тел поврежденных позвонков. Для этого выполнялся расчет индекса клиновидности по данным РГ и МРТ. Измерение данного индекса осуществлялось путем вычисления отношения высоты переднего отдела тела позвонка к высоте его заднего отдела.

В связи с отсутствием в современной литературе четко стандартизированного протокола измерения индекса клиновидности по данным МРТ, нами была применена адаптированная методика. На МР-снимках измерения проводились строго в пределах губчатого вещества тела позвонка до уровня замыкательных пластинок. Сами замыкательные пластинки в контур измерения не включались, так как их гипоинтенсивный магнитно-резонансный сигнал часто визуально не отличается от структуры межпозвонковых дисков, что может привести к погрешностям (рис. 1).

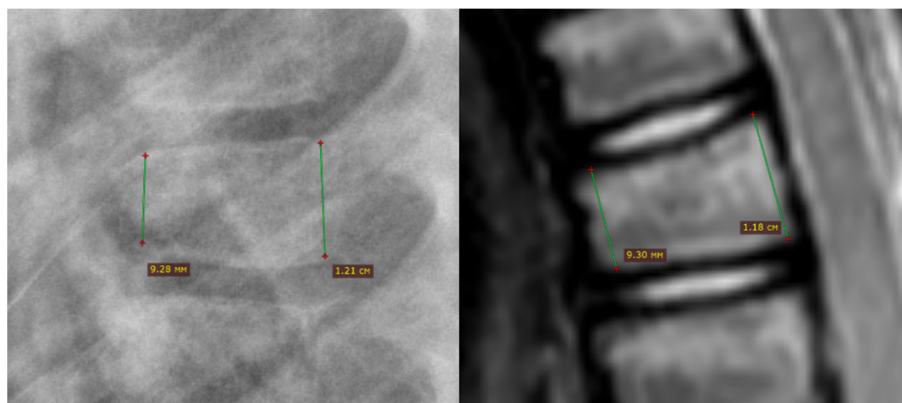


Рис. 1. Методика построения передней и задней высот на РГ и МРТ

Проведен также описательный анализ выборки, в ходе которого оценивалось распределение пациентов в зависимости от пола, этиологии травмы, а также частоты встречаемости и общего количества поврежденных позвонков на одного пациента.

На этапе проверки статистических гипотез оценивался характер распределения количественных признаков. Для этого использовался критерий нормальности Шапиро–Уилка. Поскольку распределение исследуемых данных отличалось от нормального, для дальнейшего анализа применялись методы непараметрической статистики.

Статистическая обработка полученного массива данных выполнялась с использованием программного обеспечения JASP. Для оценки диагностической ценности классической РГ и МРТ рассчитывались показатели чувствительности, специфичности и точности. Для оценки взаимосвязи между значениями индекса клиновидности, измеренными методами РГ и МРТ, применялся непараметрический корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты исследования. В исследование было включено 47 пациентов детского и подросткового возраста. Среди пострадавших преобладали лица мужского пола – 29 мальчиков (61,7%) и 18 девочек (38,3%). Возраст пациентов варьировал от 5,2 до 17,7 года, составив в среднем $10,7 \pm 3,4$ года.

Анализ этиологических факторов показал, что наиболее частой причиной травм являлись различные падения в бытовых условиях и на игровых площадках (с высоты собственного роста, с мебели, качелей и т.д.) – 21 случай (44,7%). На втором месте по частоте находились травмы, полученные при занятиях спортом и активном отдыхе (прыжки на батуте, падения со спортивных

снарядов, тренировки) – 16 случаев (34,0%). Реже травмы происходили в результате дорожно-транспортных происшествий и падений с легкого транспорта (велосипеды, самокаты) – 6 случаев (12,8%), а также при прямом падении с высоты (деревья, тарзанки) – 3 случая (6,4%). В одном случае (2,1%) травма возникла в результате резкого движения.

По результатам обследования патологические изменения на МРТ выявлены у 26 пациентов. Всего у них диагностировано 67 поврежденных позвонков грудного отдела. В среднем на одного травмированного пациента приходилось 2,6 поврежденных позвонка. По локализации наиболее уязвимым оказался среднегрудной сегмент Th3-Th7 – на этот уровень пришлось 62,7% (42 позвонка) от всех выявленных повреждений грудного отдела.

Анализ характера распределения травм показал высокую частоту множественных поражений позвоночника. Изолированные компрессионные переломы (повреждение одного позвонка) наблюдались лишь у 10 пациентов (38,5%). В большинстве случаев – у 16 пострадавших (61,5%) – диагностировались множественные повреждения двух и более позвонков.

При сравнительном анализе возраста пациентов в группах с подтвержденными компрессионными переломами и с отсутствием костно-травматических изменений (норма по данным МРТ) строгих статистически значимых различий выявлено не было ($U = 359,0$; $p = 0,067$, U -критерий Манна–Уитни). Тем не менее полученное значение уровня значимости позволяет говорить о наличии тенденции к возрастным различиям. Пациенты с подтвержденными переломами тел позвонков в среднем были младше ($9,9 \pm 3,3$ года), чем пациенты без костно-деструктивных изменений ($11,7 \pm 3,1$ года). Данная тенденция может объясняться возрастными биомеханическими особенностями, меньшей минеральной плотностью и прочностью костной ткани у детей младшего возраста по сравнению с подростками, что делает их позвоночник более уязвимым к осевым нагрузкам.

Для оценки влияния механизма травмы на тяжесть повреждения применялся непараметрический аналог дисперсионного анализа – критерий Краскела–Уоллиса. Статистически значимых различий между группами с различной этиологией травмы выявлено не было ($H = 1,022$; $df = 3$; $p = 0,796$). Это указывает на то, что в исследуемой выборке множественность поражения позвонков не имела прямой статистической зависимости от характера первоначального травмирующего воздействия.

Для оценки диагностической эффективности классической РГ расчет показателей чувствительности, специфичности и точности проводился на уровне отдельных позвонков. В качестве референсного метода использовались результаты МРТ. В анализ были включены все позвонки, в которых подозревалось или было выявлено наличие травматических изменений по данным хотя бы одного из методов лучевой диагностики.

При сопоставлении результатов классической РГ и МРТ на уровне отдельных позвонков была выявлена низкая диагностическая эффективность рутинной РГ в острый период травмы. В ходе анализа было оценено 106 позвонков, имевших подозрение на компрессионное повреждение или подтвержденную травму.

Истинно положительные результаты (совпадение диагноза перелома по РГ и МРТ) были зафиксированы лишь в 22 случаях. При этом РГ продемонстрировала критически высокий уровень гиподиагностики, поскольку в 46 случаях

компрессионные изменения, достоверно выявленные на МРТ (включая контузионный отек костного мозга), не визуализировались на первичных рентгенограммах. Важно отметить, что в 6 из этих случаев повреждения представляли собой изолированную контузию позвонков, проявляющуюся трабекулярным отеком костного мозга без деформации замыкательных пластинок. Классическая РГ закономерно пропустила данные травмы, поскольку этот метод не способен визуализировать изменения мягких тканей и отек костного мозга. Кроме того, в 22 случаях рентгенологическая картина была ошибочно расценена как перелом при его фактическом отсутствии по данным МРТ.

На основании полученных данных были рассчитаны операционные характеристики РГ в диагностике компрессионной травмы позвоночника у детей. Чувствительность метода составила всего 32,3%, специфичность – 42,1%, а общая диагностическая точность – 35,8%.

При проведении морфометрии и расчете индекса клиновидности были выявлены ограничения классической РГ, связанные с проекционными наложениями анатомических структур в верхнегрудном отделе позвоночника. Для оценки взаимосвязи между значениями индекса клиновидности, полученными по данным РГ и адаптированной методики МРТ, был проведен корреляционный анализ (рис. 2).

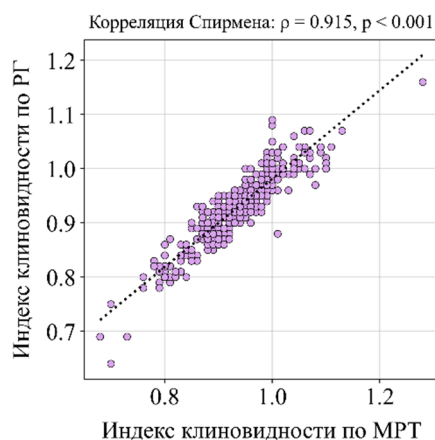


Рис. 2. Корреляционная связь между показателями индекса клиновидности по данным РГ и МРТ

Результаты продемонстрировали наличие прямой, весьма сильной и статистически достоверной связи между показателями обоих методов (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $\rho = 0,915$; $p < 0,001$). Это подтверждает, что адаптированная методика МРТ адекватно и пропорционально отражает степень компрессионной деформации позвонка.

С целью оценки клинической согласованности двух методов и выявления возможных систематических ошибок применялся анализ Бланда–Альтмана (рис. 3).

Результаты анализа показали практически полное отсутствие клинически значимого систематического смещения ($\text{mean bias} = 0,01$). 95% лимиты согласования (Limits of Agreement) составили от $-0,05$ (нижняя граница) до $0,07$ (верхняя граница). Поскольку подавляющее большинство парных измерений

расположилось в пределах этих узких границ согласования, можно утверждать, что предложенный алгоритм измерения индекса клиновидности по МРТ обладает высокой точностью и может быть использован на практике в качестве полноценной альтернативы рентгеноморфометрии.

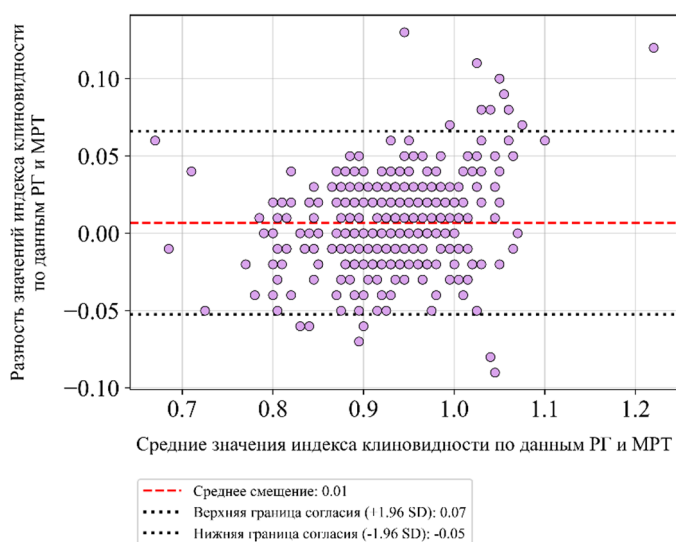


Рис. 3. Анализ Бланда–Альтмана для оценки согласованности двух методов

Характер распределения средних значений индекса клиновидности интактных позвонков в зависимости от их уровня демонстрирует анатомическую норму строения грудного отдела (рис. 4).

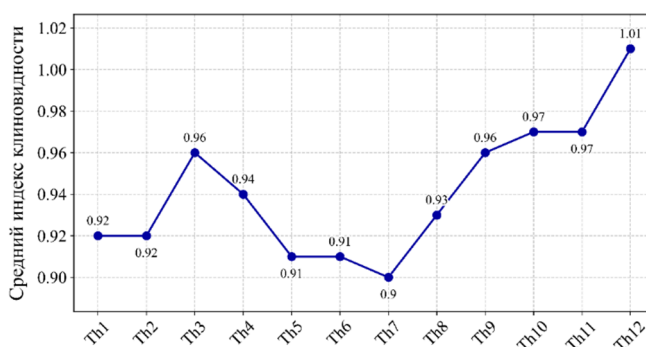


Рис. 4. Средние значения индекса клиновидности интактных позвонков по данным МРТ

График наглядно демонстрирует плавное снижение значений индекса клиновидности от верхнегрудного отдела к среднегрудному, достигая своего минимума в проекции физиологической вершины грудного кифоза (на уровнях Th6–Th7 среднее значение индекса клиновидности составляет 0,90–0,91). Ниже этого сегмента отмечается постепенное увеличение этого показателя, отражающее биомеханический переход позвоночника к поясничному лордозу.

Распределение компрессионных переломов в грудном отделе позвоночника оказалось неравномерным. Абсолютный пик травматизации пришелся на уровень Th3 (10 случаев). В целом наиболее уязвимой зоной оказался среднегрудной сегмент от Th3 до Th7: частота переломов здесь составляла от 7 до 10 на каждый позвонок. Чем выше (Th1–Th2) или ниже (Th8–Th12) располагались позвонки, тем реже в них выявлялись повреждения (от 3 до 6 случаев).

Обсуждение. Диагностика неосложненных компрессионных переломов тел позвонков у детей и подростков остается дискуссионным вопросом в современной травматологии и лучевой диагностике. Полученные данные указывают на ограничения классической РГ и требуют пересмотра диагностических алгоритмов в пользу МРТ [8, 18].

Показатели чувствительности, специфичности и точности для РГ, полученные в ходе исследования, свидетельствуют о том, что данный метод сопряжен с высоким риском диагностических ошибок у детей с подозрением на компрессионный перелом. Отчасти это объясняется проекционными наложениями анатомических структур в верхнегрудном отделе, а также возрастными особенностями позвоночника у детей.

В 6 случаях была выявлена изолированная контузия позвонка. Данный тип повреждения сопровождается отеком костного мозга без повреждения замыкательной пластинки и не может быть диагностирован с помощью рутинной РГ.

Высокая частота ложноположительных результатов связана с физиологической клиновидностью и вариантами оссификации, которые часто ошибочно интерпретируются как перелом. Это приводит к необоснованной иммобилизации ребенка.

Анализ локализации компрессионных переломов в пределах грудного отдела в исследуемой выборке выявил наибольшее их число на уровне Th3, а также высокую уязвимость среднегрудного сегмента (Th3–Th7) в целом: на данный уровень пришлось 62,7% всех зарегистрированных повреждений. Выявленное распределение свидетельствует о том, что при типичных механизмах компрессионной травмы у детей основная биомеханическая нагрузка приходится на среднегрудной отдел.

В нашем исследовании мы применили адаптированную методику расчета индекса клиновидности исключительно по губчатому веществу на МРТ. Проведенный корреляционный анализ выявил весьма сильную достоверную связь ($\rho = 0,915$; $p < 0,001$) между РГ и МРТ. Более того, анализ Бланда–Альмана продемонстрировал клинически незначимое систематическое смещение (mean bias = 0,01) с узкими лимитами согласования (от –0,05 до 0,07). Эти математически подтвержденные данные доказывают, что предложенная МР-морфометрия не уступает классической рентгенометрии в точности. Данный факт позволяет врачам-рентгенологам выставлять не только качественный (наличие отека), но и точный количественный (степень снижения высоты) диагноз, используя исключительно данные томографии.

Анализ полученных данных указывает на тенденцию к большей уязвимости детей младшего возраста. Это объясняется меньшей минеральной плотностью костной ткани. Отмечается также высокая частота множественных поражений. Повреждение двух и более позвонков диагностировалось в 61,5% случаев.

Расчет средних значений индекса клиновидности грудного отдела показал, что этот показатель плавно снижается к вершине кифоза. Данную особенность важно учитывать для предотвращения гипердиагностики переломов на уровне Th6–Th7.

Выводы. Результаты исследования подтверждают ограничения РГ в диагностике неосложненной компрессионной травмы позвоночника у детей. Диагностические неточности обусловлены проекционными наложениями и анатомическими особенностями растущего скелета. МРТ позволяет более объективно оценивать состояние костной ткани позвонков, а также диагностировать отек губчатого вещества. С помощью предложенной методики магнитно-резонансной морфометрии с расчетом индекса клиновидности можно достоверно судить о снижении высоты тела позвонка.

Специфика педиатрической травмы и необходимость дифференцировать переломы с физиологическими особенностями позвоночника обосновывают пересмотр текущих диагностических алгоритмов. Включение МРТ в рутинный протокол обследования при подозрении на компрессионные переломы позвонков у детей повышает точность диагностики и позволяет избежать необоснованных лечебных мероприятий.

Литература

1. Гофуров И.Н., Худайбердиев К.Т. Диагностика и лечение компрессионных переломов позвоночника у детей современными методами // Экономика и социум. 2021. № 2-1(81). С. 568–572.
2. Игнатъев Ю.Т., Тарасенко Л.Л., Тарасенко Т.С. Магнитно-резонансная томография в диагностике травм позвоночника и спинного мозга у детей // Вестник СурГУ. Медицина. 2009. № 3. С. 38–41.
3. Компрессионные переломы тел позвонков у детей и подростков / А.А. Фалинский, М.С. Заборова, О.М. Андриященко, А.В. Арсеньев // Доктор.Ру. 2010. № 8. С. 12–15.
4. Меркулов В.Н., Бычкова В.С., Мининков Д.С. Современный подход к диагностике компрессионных переломов тел позвонков у детей и подростков // Детская хирургия. 2012. № 4. С. 49–51.
5. Хусаинов Н.О., Виссарионов С.В. Компрессионные переломы позвоночника у детей: не пора ли что-то менять? // Хирургия позвоночника. 2019. № 4. С. 6–12.
6. Aapo S., Johanna S., Mikko N. et al. Emergency MRI in Spine Trauma of Children and Adolescents—A Pictorial Review. *Children*, 2023, vol. 10(7), 1094. DOI: 10.3390/children10071094.
7. Aapo S., Johanna S., Mikko N. et al. Outcomes of Follow-up Imaging After Pediatric Spinal Trauma Confirmed With Magnetic Resonance Imaging. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2024, vol. 44(4), pp. 329–334. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002615.
8. Aapo S., Mikko N., Johanna S. et al. Clinical outcome following magnetic resonance imaging as first-line imaging in low-impact pediatric spine trauma: a single-center retrospective observational study. *Pediatric Radiology*, 2023, vol. 53(11), pp. 2269–2280. DOI: 10.1007/s00247-023-05721-7.
9. Belov S., Grahm P., Kivisaari R. et al. Activity-restriction only as treatment yields positive outcomes in pediatric spinal compression fractures: a prospective study of 47 patients at medium-term follow-up. *Acta Orthopaedica*, 2024, vol. 95, pp. 8–13. DOI: 10.2340/17453674.2024.35161.
10. Chang M.-Y., Lee S.H., Ha J.W. et al. Predicting Bone Marrow Edema and Fracture Age in Vertebral Fragility Fractures Using MDCT. *American Journal of Roentgenology*, 2020, vol. 215(4), pp. 970–977. DOI: 10.2214/AJR.19.22606.
11. Davy S.W., Bergin D. Opportunistic diagnosis of osteoporotic vertebral fractures on standard imaging performed for alternative indications. *BJR|Open*, 2021, vol. 3(1), 20210053. DOI: 10.1259/bjro.20210053.
12. Franklin D.B., Hardaway A.T., Sheffer B.W. et al. The Role of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Pediatric Thoracolumbar Compression Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2019, vol. 39(7), pp. 520–523. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001316.
13. Jaremko J.L., Firth G.B., Matzinger M.A. et al. Common normal variants of pediatric vertebral development that mimic fractures: a pictorial review from a national longitudinal bone health study. *Pediatric Radiology*, 2015, vol. 45(4), pp. 593–605. DOI: 10.1007/s00247-014-3210-y.
14. Kalanjyiam G.P., Kanna R.M., Rajasekaran S. Pediatric spinal injuries—current concepts. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 2023, vol. 38, pp. 102–122. DOI: 10.1016/j.jcot.2023.102122.
15. Kim G.-U., Chang M.C., Kim T.U. et al. Diagnostic Modality in Spine Disease: A Review. *Asian Spine Journal*, 2020, vol. 14(6), pp. 910–920. DOI: 10.31616/asj.2020.0593.
16. Kumar Y., Hayashi D. Role of magnetic resonance imaging in acute spinal trauma: a pictorial review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2016, vol. 17(1), 310. DOI: 10.1186/s12891-016-1169-6.
17. Payr S., Schuller A., Dangi T. et al. Spine Fractures in Children and Adolescents—Frequency, Causes, Diagnostics, Therapy and Outcome—A STROBE-Compliant Retrospective Study at a Level 1 Trauma Centre in Central Europe. *Children*, 2021, vol. 8(12), 1127. DOI: 10.3390/children8121127.

18. Ruiz S.F., Lainez A.J., Wang Y.X.J. et al. The role of radiography in the study of spinal disorders. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 2020, vol. 10(12), pp. 2322–2355. DOI: 10.21037/qims-20-1014.
19. Saul D., Dresing K. Epidemiology of Vertebral Fractures in Pediatric and Adolescent Patients. *Pediatric Reports*, 2018, vol. 10(1), 7232. DOI: 10.4081/pr.2018.7232.
20. Tristen N.T., Callie S.B., Lauren E.P. et al. Retrospective Review of 181 Patients with Pathologic Vertebral Compression Fractures. *Journal of the Pediatric Orthopaedic Society of North America*, 2023, vol. 5(3), 697. DOI: 10.55275/JPOSNA-2023-697.

ИСМИЕВ ДЖЕЙХУН АТАМОГЛАН ОГЛЫ – аспирант отдела лучевых методов диагностики, Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии – Клиника доктора Рошаля, Россия, Москва (IsmievDA@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4283-3505>).

АХАДОВ ТОЛИБДЖОН АБДУЛЛАЕВИЧ – доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела лучевой диагностики, Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии – Клиника доктора Рошаля, Россия, Москва (AkhadovTA@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>).

МЕЛЬНИКОВ ИЛЬЯ АНДРЕЕВИЧ – кандидат медицинских наук, заведующий отделением магнитно-резонансной и компьютерной томографии, врач-рентгенолог, Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии – Клиника доктора Рошаля, Россия, Москва (MelnikovIA3@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>).

МЕЩЕРЯКОВ СЕМЕН ВЛАДИМИРОВИЧ – кандидат медицинских наук, заместитель директора по лечебной работе – главный врач, врач-нейрохирург, детский хирург, Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии – Клиника доктора Рошаля, Россия, Москва (MescheryakovSV@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3001-4628>).

ПОРОХИНА ЕКАТЕРИНА АЛЕКСАНДРОВНА – врач – детский хирург, Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии – Клиника доктора Рошаля, Россия, Москва (PorokhinaEA1@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2396-8992>).

Dzheihun A. ISMIEV, Tolibdzhon A. AKHADOV, Ilia A. MELNIKOV,
Semen V. MESHCHERYAKOV, Ekaterina A. POROKHINA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DIAGNOSTIC EFFECTIVENESS OF RADIOGRAPHY AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN UNCOMPLICATED SPINAL COMPRESSION FRACTURES IN CHILDREN

Key words: compression fracture, the spine, radiography, magnetic resonance imaging, wedge index.

Compression fractures of vertebral bodies in children are a clinically significant pathology. Though radiography is traditionally the first-line method in diagnosis, its informative value is often insufficient due to projections superimposition and anatomical features of the growing child's skeleton. Magnetic resonance imaging has a high soft tissue contrast and makes it possible to detect bone marrow edema without radiation exposure.

The aim of the study was to conduct a comparative analysis of routine radiography and magnetic resonance imaging data in the acute period of uncomplicated spinal injury in children and adolescents in order to develop an optimized diagnostic algorithm.

Materials and methods. 47 patients (average age 10.7 ± 3.4 years) with suspected thoracic compression fracture were examined. A comparative assessment of vertebral bodies deformation was carried out by calculating the wedge index according to radiography and magnetic resonance imaging. Spearman correlation analysis and Bland–Altman analysis were also performed.

Results. According to magnetic resonance imaging, 67 vertebral injuries were diagnosed in 26 patients. Multiple fractures occurred in 61.5% of cases. Routine spondylography showed low diagnostic effectiveness. The sensitivity was 32.3%, the specificity was 42.1%, the overall accuracy was 35.8%. Marked underdiagnosis was noted, as well as cases of overdiagnosis. When comparing the wedge index values obtained by radiography and magnetic resonance imaging, a strong direct correlation was found.

Conclusions. Classical radiography has a low diagnostic effectiveness in the diagnosis of compression fractures of the vertebral bodies in children. Magnetic resonance imaging makes it possible to objectively visualize structural changes, including trabecular edema, and measurement of the wedge index is as accurate as roentgenometry in quantifying deformity. This justifies the feasibility of integrating magnetic resonance imaging into a routine diagnostic algorithm to minimize unjustified therapeutic measures and to optimize patient management tactics.

References

1. Gofurov I.N., Khudaiberdiev K.T. *Diagnostika i lechenie kompressionnykh perelomov pozvonochnika u detei sovremennymi metodami* [Diagnosis and treatment of compression fractures of the spine in children by modern methods]. *Ekonomika i sotsium*, 2021, no. 2-1(81), pp. 568–572.
2. Ignat'ev Yu.T., Tarasenko L.L., Tarasenko T.S. *Magnitno-rezonansnaya tomografiya v diagnostike travm pozvonochnika i spinnogo mozga u detei* [Magnetic resonance imaging in the diagnosis of spine and spinal cord injuries in children]. *Vestnik SurGU. Meditsina*, 2009, no. 3, pp. 38–41.
3. Falinskii A.A., Zavorova M.S., Andryushchenko O.M., Arsen'ev A.V. *Kompressionnye perelomy tel pozvonkov u detei i podrostkov* [Compression fractures of vertebral bodies in children and adolescents]. *Doktor.Ru*, 2010, no. 8, pp. 12–15.
4. Merkulov V.N., Bychkova V.S., Mininkov D.S. *Sovremennyyi podkhod k diagnostike kompressionnykh perelomov tel pozvonkov u detei i podrostkov* [The modern approach to diagnosis of compression fractures of vertebral bodies in children and adolescents]. *Detskaya khirurgiya*, 2012, no. 4, pp. 49–51.
5. Khusainov N.O., Vissarionov S.V. *Kompressionnye perelomy pozvonochnika u detei: ne pora li chto-to menyat?* [Compression fractures of the spine in children: is it time to change something?]. *Khirurgiya pozvonochnika*, 2019, no. 4, pp. 6–12. DOI: 10.14531/ss2019.4.6-12.
6. Aapo S., Johanna S., Mikko N. et al. Emergency MRI in Spine Trauma of Children and Adolescents—A Pictorial Review. *Children*, 2023, vol. 10 (7), 1094. DOI: 10.3390/children10071094.
7. Aapo S., Johanna S., Mikko N. et al. Outcomes of Follow-up Imaging After Pediatric Spinal Trauma Confirmed With Magnetic Resonance Imaging. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2024, vol. 44(4), pp. 329–334. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002615.
8. Aapo S., Mikko N., Johanna S. et al. Clinical outcome following magnetic resonance imaging as first-line imaging in low-impact pediatric spine trauma: a single-center retrospective observational study. *Pediatric Radiology*, 2023, vol. 53(11), pp. 2269–2280. DOI: 10.1007/s00247-023-05721-7.
9. Belov S., Grahm P., Kivisaari R. et al. Activity-restriction only as treatment yields positive outcomes in pediatric spinal compression fractures: a prospective study of 47 patients at medium-term follow-up. *Acta Orthopaedica*, 2024, vol. 95, pp. 8–13. DOI: 10.2340/17453674.2024.35161.
10. Chang M.-Y., Lee S.H., Ha J.W. et al. Predicting Bone Marrow Edema and Fracture Age in Vertebral Fragility Fractures Using MDCT. *American Journal of Roentgenology*, 2020, vol. 215(4), pp. 970–977. DOI: 10.2214/AJR.19.22606.
11. Davy S.W., Bergin D. Opportunistic diagnosis of osteoporotic vertebral fractures on standard imaging performed for alternative indications. *BJR|Open*, 2021, vol. 3(1), 20210053. DOI: 10.1259/bjro.20210053.
12. Franklin D.B., Hardaway A.T., Sheffer B.W. et al. The Role of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Pediatric Thoracolumbar Compression Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2019, vol. 39 (7), pp. 520–523. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001316.
13. Jaremko J.L., Firth G.B., Matzinger M.A. et al. Common normal variants of pediatric vertebral development that mimic fractures: a pictorial review from a national longitudinal bone health study. *Pediatric Radiology*, 2015, vol. 45(4), pp. 593–605. DOI: 10.1007/s00247-014-3210-y.
14. Kalanjiam G.P., Kanna R.M., Rajasekaran S. Pediatric spinal injuries—current concepts. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 2023, vol. 38, pp. 102–122. DOI: 10.1016/j.jcot.2023.102122.
15. Kim G.-U., Chang M.C., Kim T.U. et al. Diagnostic Modality in Spine Disease: A Review. *Asian Spine Journal*, 2020, vol. 14(6), pp. 910–920. DOI: 10.31616/asj.2020.0593.
16. Kumar Y., Hayashi D. Role of magnetic resonance imaging in acute spinal trauma: a pictorial review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2016, vol. 17(1), 310. DOI: 10.1186/s12891-016-1169-6.
17. Payr S., Schuller A., Dangi T. et al. Spine Fractures in Children and Adolescents—Frequency, Causes, Diagnostics, Therapy and Outcome—A STROBE-Compliant Retrospective Study at a Level 1 Trauma Centre in Central Europe. *Children*, 2021, vol. 8 (12), 1127. DOI: 10.3390/children8121127.
18. Ruiz S.F., Lainez A.J., Wang Y.X.J. et al. The role of radiography in the study of spinal disorders. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 2020, vol. 10(12), pp. 2322–2355. DOI: 10.21037/qims-20-1014.

19. Saul D., Dresing K. Epidemiology of Vertebral Fractures in Pediatric and Adolescent Patients. *Pediatric Reports*, 2018, vol. 10(1), 7232. DOI: 10.4081/pr.2018.7232.

20. Tristen N.T., Callie S.B., Lauren E.P. et al. Retrospective Review of 181 Patients with Pathologic Vertebral Compression Fractures. *Journal of the Pediatric Orthopaedic Society of North America*, 2023, vol. 5(3), 697. DOI: 10.55275/JPOSNA-2023-697.

DZHEIHUN A. ISMIEV – Post-Graduate Student, Department of Diagnostic Radiology, Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology – Dr. Roshal's Clinic, Russia, Moscow (IsmievDA@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4283-3505>).

TOLIBDZHON A. AKHADOV – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Diagnostic Radiology, Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology – Dr. Roshal's Clinic, Russia, Moscow (AkhadovTA@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>).

ILIA A. MELNIKOV – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Magnetic Resonance and Computed Tomography, Radiologist, Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology – Dr. Roshal's Clinic, Russia, Moscow (MelnikovIA3@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>).

SEMEN V. MESHCHERYAKOV – Candidate of Medical Sciences, Deputy Director for Clinical Affairs – Chief Medical Officer, Neurosurgeon, Pediatric Surgeon, Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology – Dr. Roshal's Clinic, Russia, Moscow (MescheryakovSV@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3001-4628>).

EKATERINA A. POROKHINA – Pediatric Surgeon, Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology – Dr. Roshal's Clinic, Russia, Moscow (PorokhinaEA1@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2396-8992>).

Формат цитирования: Сравнительный анализ диагностической эффективности рентгенографии и магнитно-резонансной томографии при неосложненных компрессионных переломах позвоночника у детей [Электронный ресурс] / Д.А. Исмиев, Т.А. Ахадов, И.А. Мельников и др. // *Acta medica Eurasica*. 2026. № 3. С. 12–22. URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2026/3/2>. DOI: 10.47026/2413-4864-2026-3-12-22.