

CLINICAL CASE

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

УДК 616-073.756.8+616.8-06-092+611.711.7-009-085+303.447.3

ВАЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ КАК МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ КРЕСТЦА НА ПРИМЕРЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

© *Валерий Петрович Куценко, Ангелина Анатольевна Либерт, Светлана Валерьевна Меньшикова, Роман Анатольевич Постаногов, Алексей Владимирович Николаев*

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Минздрава России.
194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2

Контактная информация: Валерий Петрович Куценко — к.м.н., доцент кафедры современных методов диагностики и радиолучевой терапии им. профессора С.А. Рейнберга. E-mail: val9126@mail.ru

Поступила: 03.10.2022

Одобрена: 30.11.2022

Принята к печати: 28.12.2022

РЕЗЮМЕ. Крестец является «осевым центром» механической нагрузки на позвоночный столб. Он равномерно распределяет ее между тазом и нижними конечностями, выполняя, таким образом, роль стабилизирующего «связующего звена» скелета. Переломы крестца представляют собой гетерогенную группу переломов, которые, к тому же, редко встречаются в изолированном виде. Они, как правило, сочетаются с переломами костей таза и тазового кольца. В связи с низкой встречаемостью, гетерогенностью, а также в ряде случаев изолированным характером поражения, данная группа переломов нередко остается недиагностированной своевременно. Дальнейшая терапия, как следствие, оказывается недостаточной, что может повлечь за собой серьезные последствия для здоровья пациента, в первую очередь запущенные неврологические осложнения. На современном этапе наблюдается тенденция к повышению частоты правильной и своевременной диагностики изолированных травматических переломов крестца, что связано с широким применением компьютерной томографии (КТ) как метода выбора для диагностики данной патологии. Сравнение ряда методов биомедицинской визуализации в рамках нашего исследования показывает, что на данном этапе именно КТ наиболее предпочтительна для первичной диагностики травматических переломов крестца. Этот метод обладает высокой чувствительностью и специфичностью, в разы опережая рентгенологическое исследование, а по сравнению с магнитно-резонансной томографией (МРТ) является более доступным и относительно не имеющим противопоказаний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: крестец; изолированные травматические переломы крестца; диагностика; компьютерная томография; двухэнергетическая компьютерная томография.

THE IMPORTANCE OF USING COMPUTED TOMOGRAPHY AS A DIAGNOSING METHOD FOR TRAUMATIC SACRAL FRACTURES ON THE EXAMPLE OF A CASE REPORT

© *Valeriy P. Kutsenko, Angelina A. Libert, Svetlana V. Men'shikova, Roman A. Postanogov, Aleksey V. Nikolayev*

Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. Lithuania 2, Saint-Petersburg, Russian Federation, 194100

Contact information: Valery P. Kutsenko — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Modern Methods of Diagnostics and Radiotherapy named after Professor S.A. Reinberg. E-mail: val9126@mail.ru

Received: 03.10.2022

Revised: 30.11.2022

Accepted: 28.12.2022

ABSTRACT. The sacrum is the “axial center” of the mechanical loading on the spine. It distributes it evenly between the pelvis and the lower limbs, thus fulfilling the role of a stabilizing “link” of the skeleton. Sacral fractures make up a heterogeneous group of fractures, which, moreover, rarely occur as isolated fractures. They are usually associated with fractures of the pelvis and pelvic ring. Due to the low incidence, heterogeneity, and in some cases the isolated nature of the lesion, this group of fractures often remains undiagnosed early enough. The following therapy, as a result, turns out to be insufficient, leading to serious consequences for the patient’s health in the future, primarily neurological complications. Nowadays there is a tendency of an increasing frequency of correctly and early diagnosed isolated traumatic sacral fractures, which happens because of the spread of using computed tomography (CT) as the method of choice for diagnosing this pathology. Our reported case underlined that CT is indeed the preferred method for diagnosing traumatic sacral fractures. This method is of high sensitivity and specificity, much ahead of a plain X-ray, and is also more available than an MRI, which, moreover, has many contraindications.

KEY WORDS: sacrum; isolated traumatic sacral fractures; diagnosis; computed tomography; dual-energy computed tomography.

ВВЕДЕНИЕ

Переломы крестца представляют собой гетерогенную группу переломов, которые редко встречаются в изолированном виде. Они, как правило, являются сопутствующими переломам костей таза и тазового кольца. По мнению одних авторов, изолированные переломы крестца, тем не менее, встречаются в 10–20% случаев [13], другие же утверждают, что эти значения не превышают 5%, тогда как частота их сочетания с травмой тазового кольца достигает 45% [12].

Изолированные переломы крестца по происхождению разделяют на возникшие в результате высокоэнергетической или низкоэнергетической травм. Последняя группа причин встречается у пациентов с метаболическими или неопластическими изменениями, а также у пожилых людей на фоне остеопороза [11, 15]. Отдельно выделяют стресс-переломы у атлетов или рожениц [5]. Высокоэнергетические травмы, в свою очередь, преимущественно обусловлены происшествиями с участием транспортных средств, в первую очередь моторных — на их долю приходится 57% всех случаев, а также ДТП с участием пешеходов (18%) или, например, падением с высоты (9%) [12]. Эти переломы называют также травматическими.

Крестец является «осевым центром» механической нагрузки на позвоночный столб. Он равномерно распределяет ее между костями таза и нижними конечностями, выполняя,

таким образом, роль стабилизирующего «связующего звена» скелета. Несмотря на мощно развитую систему дополнительно фиксирующих и стабилизирующих его связок, окружающие крестец мягкие ткани относительно тонкие. К тому же его окружают множество важных анатомических образований, таких как нервные сплетения и корешки, сосудисто-нервные пучки, а также органы уrogenитальной системы.

Из-за большого количества мягких тканей и костной массы рентгенологические исследования крестца и костей таза представляют значительные трудности как в проведении самих процедур, так и в интерпретации результатов исследований [1, 4, 7, 16]. Терапия, как следствие, в дальнейшем оказывается некорректной или недостаточной, а это может повлечь за собой серьезные последствия для здоровья пациента, в первую очередь запущенные неврологические осложнения, встречающиеся у 50% пациентов [3, 12].

На современном этапе наблюдается определенная тенденция к повышению частоты правильной и своевременной диагностики изолированных травматических переломов крестца, что связано как с повышением осведомленности о них врачей, так и с распространением применения компьютерной томографии (КТ) как метода выбора для диагностики данной патологии [13].

Ряд авторов утверждает, что чувствительность рентгенологического исследования для выявления переломов крестца любой этиоло-

гии, особенно «неостеопорозных», то есть истинно травматических, крайне низкая и колеблется от 10 до 30%. В связи с этим отсутствие рентгенологической картины перелома крестца при сохраняющемся болевом синдроме является показанием к проведению КТ, чувствительность которой достигает 68–88% [6, 8, 14].

Наибольшей чувствительностью обладает метод МРТ, который, к тому же, особенно хорошо выявляет острые состояния за счет возможности оценки реакции окружающих мягких тканей — до 98%. Более того, при помощи МРТ возможно диагностировать перелом без вовлечения кортикального слоя кости, а также отек костного мозга в остром периоде [14]. Этот метод, однако, отличается высокой стоимостью и недостаточной распространенностью, а также имеет ряд противопоказаний к проведению, таких как, в первую очередь, наличие кардиостимулятора, любых металлических элементов (клипсы, протезы, осколки и пр.) или, например, невозможность сохранять неподвижность в течение исследования вследствие сильной боли. Все это обуславливает лишь ограниченное применение данного метода при переломах крестца [7, 10].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

На примере клинического случая доказать преимущества КТ перед другими методами биомедицинской визуализации (БМВ) в проведении дифференциальной диагностики травматических переломов крестца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализирован случай изолированного травматического перелома крестца от 29.01.22 у пациента 26 лет. На основании клинического случая был произведен сравнительный анализ различных методов БМВ в диагностике данного перелома.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

На основании собранного анамнеза, клинической картины и проведенного анализа истории болезни пациента были получены следующие результаты.

Пациент Д., 26 лет, повторно обратился в приемное отделение медицинского учреждения 25.02.22 с жалобами на умеренные боли

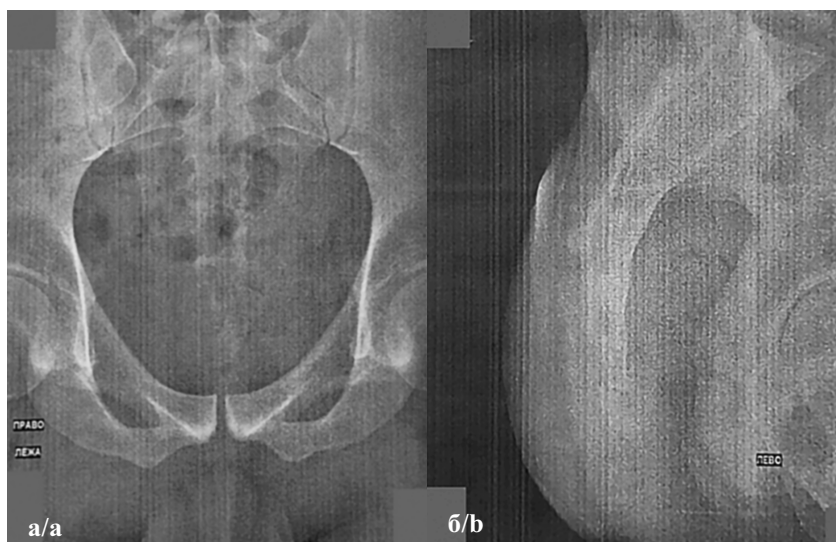


Рис. 1. Рентгенограмма таза пациента Д. в прямой (а) и боковой (б) проекциях, в положении лежа, от 01.02.22. Описание рентгенолога: Костной деформации нет. Линии переломов не выявлено. Отмечается небольшое смещение дистального копчикового позвонка медиально по отношению к нижележащему позвонку. Признаки небольшого подвывиха дистальных позвонков копчика без костной деформации. Для исключения костной компрессии позвонков копчика и по клиническим показаниям рекомендуется КТ копчика (зона интереса — копчиковые позвонки). Заключение: Подвывих дистального позвонка копчика

Fig. 1. Pelvis X-ray of patient D., anterior-posterior (a) and lateral left (b) view, in supine position, dated 01.02.22. Description of the radiologist: No bone deformities. No fracture lines detected. Slight medial displacement of the distal coccygeal vertebra in relation to the inferior vertebra. Signs of a slight subluxation of the distal vertebra of the coccyx without any bone deformity. To exclude bone compression of the coccygeal vertebrae and according to clinical indications, a CT of the coccyx is recommended (the area of interest — coccygeal vertebrae). Conclusion: Subluxation of the distal vertebra of the coccyx

и отек мягких тканей в области копчика. Из анамнеза известно, что 29.01.22 поскользнулся и упал на копчик, в связи с чем 01.02.22 обратился в медпункт, осмотрен врачом, направлен в поликлинику. В тот же день был осмотрен хирургом поликлиники и направлен на рентгенографию копчика, результаты которой представлены на рисунке 1.

Первоначально пациенту была выполнена обзорная рентгенография таза с использованием следующей классической укладки: в положении лежа на спине, с вытянутыми прямыми ногами, при этом межъягодичная складка — она соответствует расположению копчика — находится по средней линии деки стола, а также на спине с согнутыми в тазобедренном и коленных суставах ногами. На полученных рентгенограммах от 01.02.22 убедительных признаков перелома выявлено не было. Согласно рекомендации рентгенолога, с учетом сохраняющихся интенсивных ноющих

болей в области травмы, была также проведена КТ. Результаты исследования отображены на рисунке 2.

Именно на представленных КТ-снимках удалось визуализировать изолированный травматический перелом S_{IV} , что определило дальнейшую тактику лечения. Этот перелом практически невозможно различить на обзорной рентгенограмме, так как на костную ткань накладывается тень содержимого кишечника. И поэтому, учитывая особенность строения крестца как целостной костной структуры (у взрослых людей), необходим его послойный анализ в аксиальной плоскости.

Пациент Д. повторно обратился к хирургу поликлинического отделения 09.02.22 в связи с жалобами на боль в месте травмы. Ему было рекомендовано стационарное лечение в хирургическом отделении. Затем больной Д. не обращался к хирургу по причине перенесения новой коронавирусной инфекции COVID-19, однако

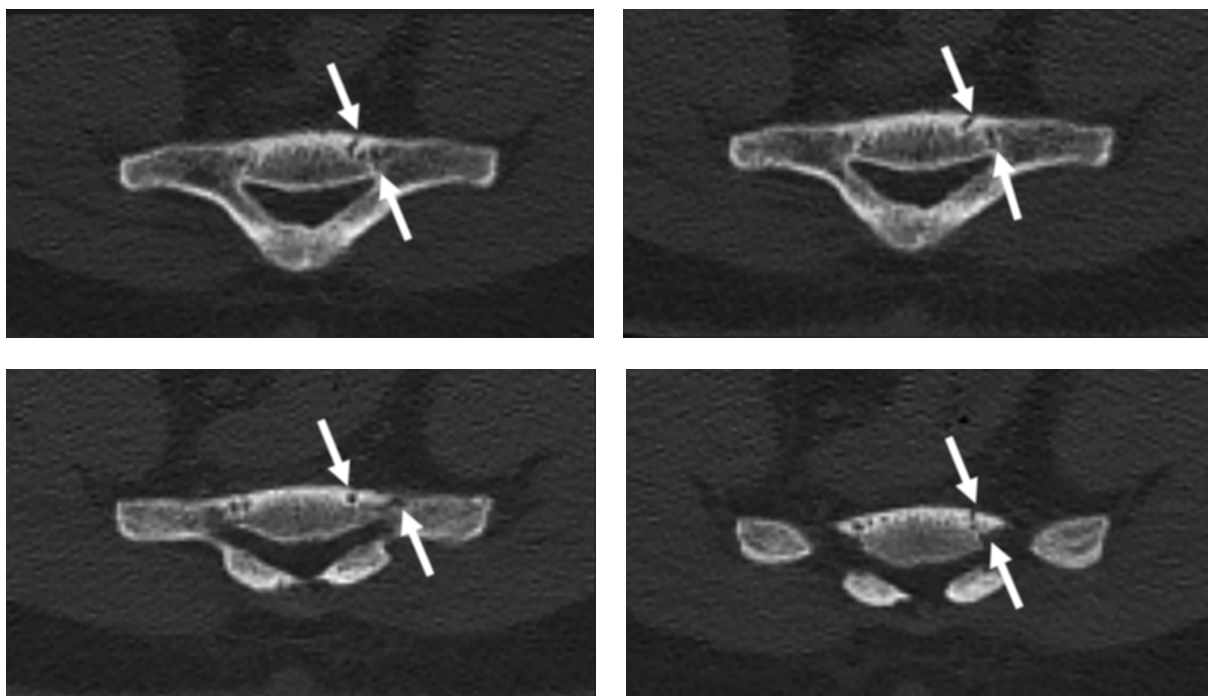


Рис. 2. Компьютерная томограмма S_{IV} в аксиальной проекции, серия послойных снимков, от 06.02.22. Стрелками указаны линии перелома. Описание: Оскольчатый перелом левой половины S_{IV} с незначительным смещением отломка. Отмечается смещение тела Co_2 кпереди по отношению к вышележащему на 2 мм (посттравматический антелистез). Костные структуры и суставы в описываемой зоне без видимой патологии. Рекомендована консультация травматолога. Заключение: Закрытый перелом S_{IV} с незначительным смещением отломков. Смещение тела Co_2 кпереди по отношению к вышележащему на 2 мм

Pic. 2. CT of the S_{IV} in axial projection, a layered series, dated 06.02.22. Arrows show the fracture lines. Description of the radiologist: Comminuted fracture of the left half of S_{IV} with slight displacement of the fragment. There is a displacement of the body of Co_2 anteriorly in relation to the overlying by 2 mm (post-traumatic antelisthesis). Bone structures and joints in the described area without visible pathology. Consultation with a traumatologist is recommended. Conclusion: Closed fracture of S_{IV} with slight displacement of fragments. Displacement of the body of Co_2 anteriorly in relation to the overlying by 2 mm.

25.02.22 он повторно обратился в приемное отделение с теми же жалобами, был осмотрен дежурным хирургом, госпитализирован в хирургическое отделение. Факт травмы подтвержден справкой о травме, выданной в травмпункте лечебно-профилактического учреждения. Представлен на медико-социальную комиссию. Проведено лечение в объеме: диета — 15, режим — III, противовоспалительная терапия (глюконат кальция по 2 таблетки 3 раза в сутки, остеогенон по 2 таблетки 2 раза в сутки), кеторол по 1,0 2 раза в сутки. Достигнуто клиническое улучшение.

09.03.22 было проведено контрольное рентгенологическое исследование. На основании снимков было установлено, что сохраняется антелистез Co_2 на 2 мм, а также незначительная девиация Co_3 , Co_4 влево и кпереди. Информативность проведенного контрольного рентгенологического исследования в определении динамики перелома оставалась такой же низкой, так как только на основании этих снимков однозначных выводов о возможной эффективности терапии сделать нельзя. В связи с этим 29.03.22 было также проведено повторное КТ-исследование, результаты которого представлены на рисунке 3.

Проведенное через неполных 2 месяца повторное КТ-исследование позволило выявить

положительную динамику и признаки консолидации костной структуры травмированного ранее крестцового позвонка S_{IV} , опираясь на визуализируемую на снимке целостность кортикального слоя кости, что свидетельствует о консолидации перелома.

На данный момент больной Д. вернулся к трудовой деятельности, состояние удовлетворительное, болей в области перенесенной травмы не отмечает.

ОБСУЖДЕНИЕ

Описанный в клиническом случае перелом вписывается в представленную выше классификацию и, согласно ей, является, во-первых, изолированным, так как отмечается повреждение только самого крестца, без вовлечения бедренных костей или костей таза, и, во-вторых, травматическим и при этом высокоэнергетическим, поскольку его причиной послужило падение с высоты.

Таким образом, сравнивая два вышеуказанных метода диагностики переломов крестца, более информативной и диагностически ценной оказалась КТ, благодаря которой удалось, во-первых, обнаружить этот перелом и, во-вторых, выставить соответствующий правильный диагноз, отличавшийся от первоначального,

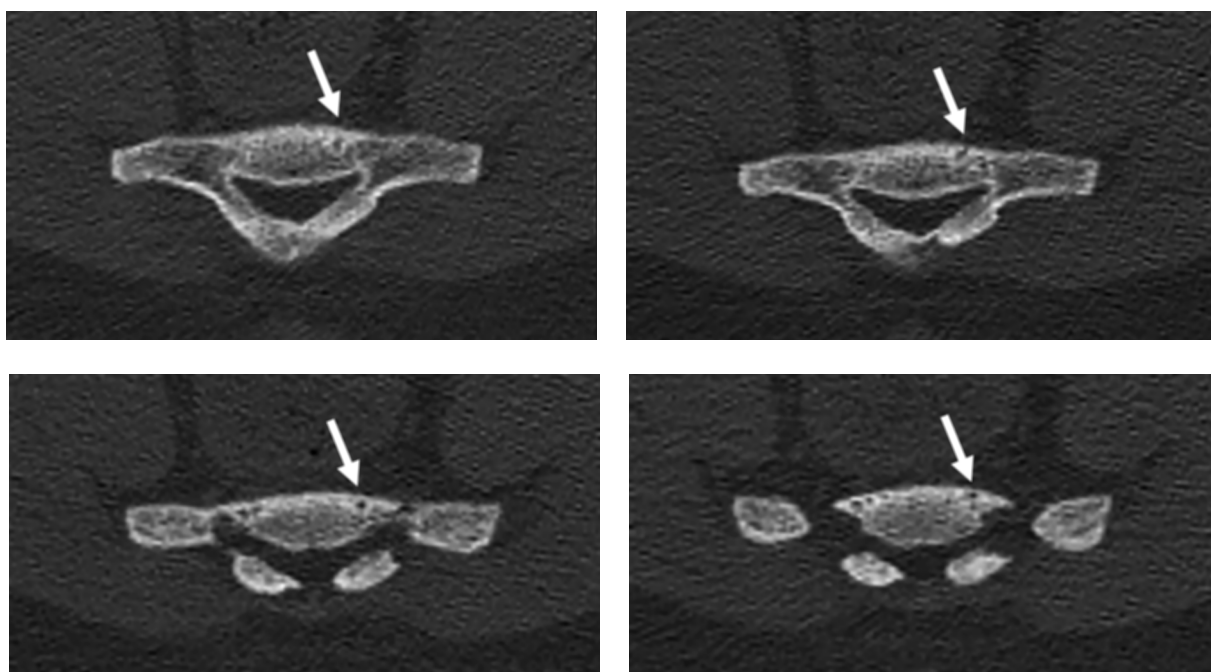


Рис. 3. Компьютерные томограммы S_{IV} пациента Д. в аксиальной проекции, в положении лежа на спине от 29.03.22. Стрелки указывают на целостность кортикального слоя кости

Pic. 3. Control computed tomograms of S_{IV} of patient D., in axial projection, in supine position, dated 29.03.22. The arrows show the continuity of the bone cortical

поставленного на основании рентгеновских снимков.

Учитывая полученные результаты, необходимость проведения рентгеновского исследования при подозрении на данную патологию остается не всегда оправданной. По возможности необходимо направлять таких пациентов на КТ.

Так называемая двухэнергетическая, или дуальная, КТ (ДЭКТ; dual energy CT — DECT) является разновидностью спектральной КТ, которая позволяет определять вещество по индивидуальному спектру. Достигается это в настоящее время следующими вариантами:

- в гентри интегрируются две трубки с разными излучениями;
- устанавливаются детекторы, которые воспринимают отдельные волновые спектры от вещества.

Поскольку по результатам моноэнергетического исследования, то есть «обычной», нативной КТ, два вещества с разным химическим составом могут иметь одно и то же значение коэффициента ослабления сигнала, это означает невозможность дальнейшей дифференцировки этих веществ друг от друга. Суть метода ДЭКТ состоит в воздействии сразу двух лучевых пучков, обладающих разной энергией — низкой и высокой. Поскольку любое вещество при использовании двух разных уровней пиковых киловольт, то есть энергии, имеет отличающиеся друг от друга коэффициенты ослабления сигнала, это дает возможность дифференцировать вещества по химическому составу [2].

ДЭКТ в настоящее время используется в урологии, а именно в диагностике мочекаменной болезни, так как благодаря этому методу удастся визуализировать и отличить друг от друга почечные камни разной плотности. Этот метод, однако, также используется для обнаружения тофусов подагры, в том числе при их атипичном расположении, или, например, силикона имплантатов молочных желез для исключения разрыва последних и миграции силикона. Посредством ДЭКТ возможно также снижение количества металлических артефактов, визуализация кровообращения в легких, ангиография или прицельное выявление патологий почек.

Еще одной перспективной возможностью ДЭКТ является определение отека костного мозга наравне с МРТ, что становится возможным благодаря сочетанию этого метода с техникой virtual non-calcium technique, в результате которой происходит «вычитание» из снимка компактного и губчатого вещества

кости, благодаря чему визуализируется непосредственно костный мозг. При этом важно отметить то, что доза облучения, получаемая в результате такого исследования, идентична дозе при нативном КТ-исследовании. Возможным преимуществом этого метода в отношении диагностики переломов крестца могут стать еще большие показатели чувствительности к отеку костного мозга, а значит, как следствие, к морфологическим изменениям кости, соответствующим острому периоду перелома. Это особенно актуально в случаях, когда клинические проявления выражены минимально, что может быть характерно для нетравматических переломов крестца, в частности [2, 9].

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно прийти к заключению, что изолированные переломы крестца действительно очень сложны для диагностики. На основании рассмотренного клинического случая, а также приведенной статистики можно сделать вывод, что ни клиническая картина, ни обзорная рентгенограмма таза не являются достаточно информативными для диагностики переломов крестца и, следовательно, не могут быть использованы для постановки окончательного диагноза.

Сравнение ряда методов биомедицинской визуализации показывает, что на данном этапе именно КТ наиболее предпочтительна для первичной диагностики травматических переломов крестца. Этот метод обладает высокой чувствительностью и специфичностью, в разы опережая рентгенологическое исследование, а также является более распространенным и быстрым по сравнению с МРТ. Пациентов с травмой таза, в частности ушибом копчика или крестца, целесообразно сразу направлять на КТ с целью исключения или подтверждения перелома. Это приведет к снижению необоснованной дополнительной дозовой нагрузки на органы брюшной полости и малого таза [6, 8, 15].

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов, который необходимо обозначать. Исследование не имело финансовой поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров Л.М., Иванов Д.О., Поздняков А.В. и др. Компьютерная визуализация результатов биомедицинских исследований. Визуализация в медицине. 2020; 2(3): 3–7.

2. Мартов А.Г., Мазуренко Д.А., Климкова М.М. и др. Двухэнергетическая компьютерная томография в диагностике мочекаменной болезни: новый метод определения химического состава мочевых камней. Урология. 2017; 2: 98–103. DOI: <https://dx.doi.org/10.18565/urol.2017.2.98-103>.
3. Романова М.Н., Жила Н.Г., Синельникова Е.В. Сонографическое исследование периферических нервов при травмах верхних конечностей у детей. Педиатр. 2014; 5(3): 64–6. DOI: 10.17816/PED5364-66.
4. Ульрих Э.В. Вертебрология в терминах, цифрах, рисунках. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2002.
5. Andrea Speziali, Matteo Maria Tei, Giacomo Placella et al. Postpartum Sacral Stress Fracture: An Atypical Case Report, Case Reports in Orthopedics. 2015. Article ID 704393, 4 pages, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/704393>.
6. Beckmann N.M., Chinapuvvula N.R. Sacral fractures: classification and management. Emerg Radiol. 2017; 24: 605–17. DOI: 10.1007/s10140-017-1533-3.
7. Blake S.P., Connors A.M. Sacral insufficiency fracture. Br J Radiol. 2004; 77(922): 891–6. DOI: 10.1259/bjr/81974373. PMID: 15483007.
8. Elizabeth R. Benjamin, Dominik A. Jakob, Lee Myers et al. The trauma pelvic X-ray: Not all pelvic fractures are created equally, The American Journal of Surgery. 2022; 224(1, part B): 489–93, ISSN 0002-9610, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2022.01.009>.
9. Hackenbroch C., Riesner H.J., Lang P. et al. AG Becken III der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Dual Energy CT — a Novel Technique for Diagnostic Testing of Fragility Fractures of the Pelvis. Z Orthop Unfall. 2017; 155(1): 27–34. English. DOI: 10.1055/s-0042-110208.
10. Henes F.O., Nüchtern J.V., Groth M. et al. Comparison of diagnostic accuracy of Magnetic Resonance Imaging and Multidetector Computed Tomography in the detection of pelvic fractures. Eur J Radiol. 2012; 81(9): 2337–42. DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.07.012.
11. Josephine Berger-Groch, Darius M. Thiesen, Dimitris Ntalos et al. Determination of bone density in patients with sacral fractures via CT scan, Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research. 2018; 104(7): 1037–41. ISSN 1877-0568. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.07.022>.
12. Rodrigues-Pinto R., Kurd M.F., Schroeder G.D. et al. Sacral Fractures and Associated Injuries. Global Spine Journal. 2017; 7(7): 609–16. DOI: 10.1177/2192568217701097.
13. Santolini E., Kanakaris N.K., Giannoudis P.V. Sacral fractures: issues, challenges, solutions. EFORT Open Rev. 2020; 5(5): 299–311. DOI: 10.1302/2058-5241.5.190064.
14. Schicho A. et al. Pelvic X-ray misses out on detecting sacral fractures in the elderly — Importance of CT imaging in blunt pelvic trauma. Injury. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2016.01.027>.
15. Urits I., Orhurhu V., Callan J. et al. Sacral Insufficiency Fractures: A Review of Risk Factors, Clinical Presentation, and Management. Curr Pain Headache Rep. 2020; 24(10). <https://doi.org/10.1007/s11916-020-0848-z>.
16. Yasuaki Tamaki, Akihiro Nagamachi, Kazumasa Inoue et al. Incidence and clinical features of sacral insufficiency fracture in the emergency department, The American Journal of Emergency Medicine. 2017; 35(9): 1314–6, ISSN 0735-6757, <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2017.03.037>.

REFERENCES

1. Makarov L.M., Ivanov D.O., Pozdnyakov A.V. i dr. Komp'yuternaya vizualizatsiya rezul'tatov biomeditsinskih issledovaniy [Computer visualization of biomedical research results]. Vizualizatsiya v medicine. 2020; 2(3): 3–7. (in Russian).
2. Martov A.G., Mazurenko D.A., Klimkova M.M. i dr. Dvukhenergeticheskaya komp'yuternaya tomografiya v diagnostike mochekamennoy bolezni: novyy metod opredeleniya khimicheskogo sostava mochevykh kamney [Dual-energy computed tomography in the diagnosis of urolithiasis: a new method for determining the chemical composition of urinary stones]. Urologiya. 2017; 2: 98–103. DOI: 10.18565/urol.2017.3.98-103. PMID: 28845947. (in Russian).
3. Romanova M.N., Zhila N.G., Sinel'nikova E.V. Sonograficheskoe issledovanie perifericheskikh nervov pri travmah verkhnih konechnostey u detey [Sonographic study of peripheral nerves in upper limb injuries in children]. Pediater. 2014; 5(3): 64–6. DOI: 10.17816/PED5364-66. (in Russian).
4. Ul'rih E.V. Vertebrologiya v terminah, cifrah, risunkah [Vertebrology in terms, figures, figures]. Sankt-Peterburg: ELBI-SPb Publ., 2002. (in Russian).
5. Andrea Speziali, Matteo Maria Tei, Giacomo Placella et al. Postpartum Sacral Stress Fracture: An Atypical Case Report, Case Reports in Orthopedics. 2015. Article ID 704393, 4 pages, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/704393>.
6. Beckmann N.M., Chinapuvvula N.R. Sacral fractures: classification and management. Emerg Radiol. 2017; 24: 605–17. DOI: 10.1007/s10140-017-1533-3.
7. Blake S.P., Connors A.M. Sacral insufficiency fracture. Br J Radiol. 2004; 77(922): 891–6. DOI: 10.1259/bjr/81974373. PMID: 15483007.
8. Elizabeth R. Benjamin, Dominik A. Jakob, Lee Myers et al. The trauma pelvic X-ray: Not all pelvic fractures are created equally, The American Journal of Surgery. 2022; 224(1, part B): 489–93, ISSN 0002-9610, <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2022.01.009>.
9. Hackenbroch C., Riesner H.J., Lang P. et al. AG Becken III der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Dual Energy CT — a Novel Technique for Diagnostic

- Testing of Fragility Fractures of the Pelvis. *Z Orthop Unfall*. 2017; 155(1): 27–34. English. DOI: 10.1055/s-0042-110208.
10. Henes F.O., Nüchtern J.V., Groth M. et al. Comparison of diagnostic accuracy of Magnetic Resonance Imaging and Multidetector Computed Tomography in the detection of pelvic fractures. *Eur J Radiol*. 2012; 81(9): 2337–42. DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.07.012.
 11. Josephine Berger-Groch, Darius M. Thiesen, Dimitris Ntalos et al. Determination of bone density in patients with sacral fractures via CT scan, *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2018; 104(7): 1037–41. ISSN 1877-0568. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.07.022>.
 12. Rodrigues-Pinto R., Kurd M.F., Schroeder G.D. et al. Sacral Fractures and Associated Injuries. *Global Spine Journal*. 2017; 7(7): 609–16. DOI: 10.1177/2192568217701097.
 13. Santolini E., Kanakaris N.K., Giannoudis P.V. Sacral fractures: issues, challenges, solutions. *EFORT Open Rev*. 2020; 5(5): 299–311. DOI: 10.1302/2058-5241.5.190064.
 14. Schicho A. et al. Pelvic X-ray misses out on detecting sacral fractures in the elderly — Importance of CT imaging in blunt pelvic trauma. *Injury*. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2016.01.027>.
 15. Urits I., Orhurhu V., Callan J. et al. Sacral Insufficiency Fractures: A Review of Risk Factors, Clinical Presentation, and Management. *Curr Pain Headache Rep*. 2020; 24(10). <https://doi.org/10.1007/s11916-020-0848-z>.
 16. Yasuaki Tamaki, Akihiro Nagamachi, Kazumasa Inoue et al. Incidence and clinical features of sacral insufficiency fracture in the emergency department. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2017; 35(9): 1314–6, ISSN 0735-6757, <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2017.03.037>.