



Компьютерная томография при переломах таза у детей

© Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Карасева О.В., Мельников И.А., Божко О.В., Никишов С.О., Дмитренко Д.М., Манжурцев А.В., Ахлебинина М.И., Костикова Т.Д., Сидоров С.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н.

НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы; 119180 Москва, ул. Большая Полянка, д. 22, Российская Федерация

Введение. Переломы костей таза у детей редки и составляют от 0,3 до 4% всей детской травмы, 20% детей с политравмой имеют повреждения тазового кольца. Сравнительные исследования диагностических возможностей МРТ и КТ при переломах крестца и вертлужной впадины показали, что при КТ около 37% были пропущены, поэтому авторы рекомендовали МРТ как лучший метод в визуализации переломов таза.

Цель исследования: показать возможности КТ и МРТ для улучшения распознавания переломов костей таза.

Материал и методы. В период 2010–2019 гг. исследовано 790 детей с переломами таза в составе политравмы. Возраст детей был от 8,5 до 17 лет, средний $10,14 \pm 1,4$ года. КТ с трехфазным контрастированием выполнена у всех 790 пострадавших на томографах Brilliance 16. МРТ выполнена ($n = 63$) на МР-томографе 3 Тл с получением мультипланарных STIR, T1-, T2- и PD взвешенных изображений (ВИ) с фактором подавления сигнала жировой ткани, а также 3D изотропных изображений.

Результаты. По шкале тяжести политравмы (ISS) оценка состояния 790 детей колебалась от 23,54 до 27,5 (средняя 25,77) балла. Основным механизмом травмы таза были ДТП (пешеход+пассажир – 63,54% ($n = 502$)), кататравма была на втором месте – 32,66% ($n = 258$), далее следовало сдавление – 2,15% ($n = 17$), спортивная травма – 0,38% ($n = 3$), прочая травма – 3,43% ($n = 27$). У 73,26% ($n = 578$) переломы костей таза были множественными, у 20,5% ($n = 162$) – осложненными, у 22,3% ($n = 176$) – нестабильными. У 63 пациентов с повреждением переднего тазового кольца по данным КТ/МРТ в 79,36% ($n = 50$) обнаружены переломы заднего кольца таза.

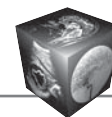
Заключение. Детям с политравмой обязательно необходимо провести КТ, чтобы исключить не только все немышечно-скелетные повреждения, но и сочетанные переломы таза. Мы считаем, что для обнаружения и оценки переломов костей и сопутствующих повреждений других тканей и органов таза в большинстве случаев многофазная КТ с внутривенным контрастированием является достаточным методом. МРТ важна для оценки структур мягких тканей таза, таких как сухожилия, связки, нервы и фасции, а также выявления скрытых/тонких повреждений костей.

Ключевые слова: дети, перелом, таз, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Карасева О.В., Мельников И.А., Божко О.В., Никишов С.О., Дмитренко Д.М., Манжурцев А.В., Ахлебинина М.И., Костикова Т.Д., Сидоров С.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н. Компьютерная томография при переломах таза у детей. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (4): 122–133. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-930>

Поступила в редакцию: 17.07.2020. **Принята к печати:** 08.04.2021. **Опубликована online:** 29.12.2021.



Computer and magnetic resonance imaging for pelvic fractures in children

© Natalya Yu. Serova, Tolibdzhon A. Akhadov, Olga V. Karaseva, Ilya A. Mel'nikov, Ol'ga V. Bozhko, Sergey O. Nikishov, Dmitriy M. Dmitrenko, Andrei V. Manzhurtsev, Maria I. Akhlebinina, Tatyana D. Kostikova, Sergey V. Sidorov, Maxim V. Ublinskiy*, Daria N. Khusainova

Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPST); 22, Bol'shaya Polyanka str., Moscow 119180, Russian Federation

Introduction. Fractures of pelvic bones in children are rare and make up from 0.3 to 4% of all childhood trauma, 20% of children with polytrauma have pelvic ring injuries. Comparative studies of diagnostic capabilities of MRI and CT in sacral and acetabular fractures showed that about 37% of CT were missed, therefore the authors recommended MRI as the best method in visualizing pelvic fractures.

Aim of this study is to show the capabilities of CT and MRI to improve recognition of pelvic fractures.

Material and methods. In the period 2010–2019, 790 children with pelvic fractures as part of polytrauma were studied. The age of children was from 8.5 to 17 years, average 10.14 ± 1.4 . Computed tomography with three-phase contrast was performed in all 790 patients on Brilliance 16 scanners. MRI was performed ($n = 63$) on a 3 T tomograph with obtaining multiplanar STIR, T1-, T2- and PD weighted images (VI) with signal suppression factor of adipose tissue, as well as 3D isotropic images.

Results. On the polytrauma severity scale (ISS), the assessment of the condition of 790 children ranged from 23.54 to 27.5 (mean 25.77) points. The main mechanism of pelvic injury was road traffic accidents (pedestrian + passenger – 63.54% ($n = 502$), catatrauma was in second place – 32.66% ($n = 258$), followed by compression – 2.15% ($n = 17$), sports injury – 0.38% ($n = 3$), other injury – 3.43% ($n = 27$). 73.26% ($n = 578$) had multiple pelvic fractures, 20.5% ($n = 162$) – complicated, – 22.3% ($n = 176$) unstable. In 63 patients with damage to the anterior pelvic ring, according to CT, MRI revealed fractures of the posterior pelvic ring in 79.36% ($n = 50$).

Conclusion. Children with polytrauma must undergo computed tomography to exclude not only all non-muscular-skeletal injuries, but also combined pelvic fractures. We believe that for the detection and assessment of bone fractures and concomitant injuries of other tissues and organs of the pelvis, in most cases, multiphase CT with intravenous contrast is a sufficient method. MRI is important for evaluating pelvic soft tissue structures such as tendons, ligaments, nerves and fascia, as well as detecting hidden / fine bone lesions.

Keywords: children, fracture, pelvis, computed tomography, magnetic resonance imaging

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Serova N.Y., Akhadov T.A., Karaseva O.V., Melnikov I.A., Bozhko O.V., Nikishov S.O., Dmitrenko D.M., Manzhurtsev A.V., Akhlebinina M.I., Kostikova T.D., Sidorov S.V., Ublinskiy M.V., Khusainova D.N. Computer and magnetic resonance imaging for pelvic fractures in children. *Medical Visualization*. 2021; 25 (4): 122–133. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-930>

Received: 17.07.2020.

Accepted for publication: 08.04.2021.

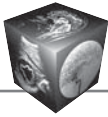
Published online: 29.12.2021.

Введение

Переломы костей таза выявляются у детей редко и составляют от 0,3 до 4% всей детской травмы, 20% детей с политравмой имеют повреждения тазового кольца, а 58 – 87% детей с переломами таза имеют сочетанные повреждения [1–7]. По данным авторов [8], частота переломов таза у детей составляет от 3 до 7%. Преобладают мальчики с приблизительным соотношением 1,4 : 1 [4, 5]. Детский таз обладает большей эластичностью в крестцово-подвздошных суставах и симфизе, что делает переломы зависимыми от сил с высокой энергией [1, 9]. Анализ частоты травм таза показал, что чаще всего это следствие дорожно-транспортных происшествий (ДТП), далее сле-

дуют кататравма и невыясненные обстоятельства, редко спортивная травма [9–13]. Переломы костей и другие повреждения таза до 87% сочетаются с черепно-мозговой, торакоабдоминальной травмой и переломами других костей скелета [9, 14]. 10% переломов таза у детей и подростков нестабильны, а 18% – осложненные, смертность в среднем составляет 6,4% [1, 7, 15, 16].

Рентгенография не диагностирует около 50–70% всех переломов у детей. Рентгенологически выявляются только значительные повреждения таза с расхождением костных и хрящевых фрагментов. В итоге признано, что рентгенография не является надежным способом диагностики переломов таза у детей. Все рентгенологические



данные должны быть оценены с помощью компьютерной томографии (КТ) таза. КТ полностью заменила рентгенографию, потому что может более явно визуализировать имеющиеся переломы, даже которые не удалось выявить при рентгенографии, в частности переломы крестца [17–19]. При КТ исходные аксиальные изображения в сочетании с мультипланарными реконструированными (MPR), проекциями максимальной интенсивности (MIP) и 3D-изображениями оптимально раскрывают все детали и особенности повреждений таза. 3D-изображения особенно информативны в диагностике переломов вертлужной впадины [20]. Изображения с контрастированием позволяют диагностировать гематомы таза и активное кровотечение, так как они являются серьезным осложнением переломов тазового кольца. Внутривенное контрастирование является обязательным для выявления висцеральных повреждений и активного кровотечения. Чувствительность КТ с контрастированием колеблется от 66 до 90%, специфичность и точность – 87–98% [3, 19, 21–24].

Если после проведения КТ остается клиническое подозрение на не выявленные повреждения таза, то следует использовать магнитно-резонансную томографию (МРТ). Это особенно важно у детей младшего возраста и подростков [25–28]. Сравнительные исследования диагностических возможностей МРТ и КТ, скинтиграфии и рентгенографии при переломах крестца и вертлужной впадины показали, что при КТ около 37% были пропущены, поэтому авторы рекомендовали МРТ как лучший метод в визуализации переломов таза [29–32].

Метод ценен в получении информации о неосифицированных участках тазового кольца, вертлужной впадине, связках, мышцах, нервах и сплетениях, осложняющих травму костей таза. МРТ – самый эффективный метод выявления отека, выраженность которого дает дополнительную информацию о степени повреждения и позволяет построить прогностическую модель исходов травмы. Переломы могут быть связаны с повреждением нервного корешка L₄ и/или привести к потере тонуса сфинктера, ишиасу, повреждению и/или дисфункции мочевого пузыря (15–20%). У детей с подозрением осложнений перелома таза следует предпочесть МРТ [24, 30, 33–35].

Для описания стабильности переломов таза и прогнозирования заболеваемости и смертности при множестве систем классификации чаще используются две: M. Torode и D. Zieg (1985) и M. Tile (1988) [19]. Первая [19] делит переломы на стабильные и нестабильные, но не различает его тип и степень нестабильности [19, 36]. Вторая, широко

используемая Ассоциацией ортопедов и травматологов (The Orthopaedic Trauma Association), отражает механизм повреждения и стабильность тазового кольца. В соответствии с этой классификацией повреждения таза делятся на 3 типа:

- переломы типа А – стабильные без смещения и нарушения целостности тазового кольца;
- переломы типа В – ротационно-нестабильные (но вертикально-стабильные) – следствие воздействия боковых компрессионных или ротационных сил;
- переломы типа С – повреждения с ротационной и вертикальной нестабильностью и полным разрывом тазового кольца, включая весь задний комплекс крестцово-подвздошных связок и дна [19, 37].

Переломы костей таза часто сопровождаются гематомами в результате кровотечения из-за переломов, мягких тканей и местного венозного кровотечения, реже артериального [1, 38–40]. Осложнения, связанные с травмами таза приводят к большей заболеваемости и смертности, чем сам перелом [10, 38, 41, 42].

Цель исследования

Определить диагностическую значимость КТ и МРТ для улучшения распознавания переломов костей таза.

Материал и методы

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

В период 2010–2019 гг. исследовано 790 детей с переломами таза в составе политравмы. Возраст детей был от 8,5 до 17 лет, средний $10,14 \pm 1,4$ года, достоверность 0,05. Мальчиков было 467, девочек – 323.

Рентгенография таза не выполнялась из-за тяжести состояния пострадавших с политравмой. Первичным методом диагностики для выявления переломов таза была КТ.

КТ выполнена у всех 790 пострадавших на томографе Philips Brilliance CT 16. Протокол обследования детей с политравмой, принятый в институте, обширен и составляет комплекс, предназначенный для диагностики всех повреждений. Сканирование проводилось с максимально возможным снижением показателей для минимизации дозы облучения: шаг сканирования 0,75 мм

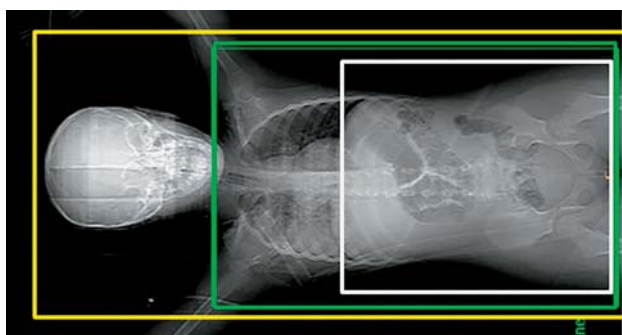
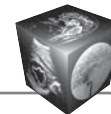


Рис. 1. Алгоритм КТ: I этап – нативное исследование (желтая рамка), II этап – исследование с трехфазным внутривенным болюсным контрастированием (зеленая рамка), завершающий этап – экскреторная фаза на 5 мин от диафрагмы до таза включительно (белая рамка).

Fig. 1. CT algorithm: Stage I – native examination (yellow frame), Stage II – research with three-phase IV bolus contrast (green frame), the final stage – excretory phase for 5 minutes from diaphragm to pelvis inclusively (white frame).

при толщине среза 0,75 мм, интервал реконструкции составлял от 2 до 3 мм. Для получения данных в корональной и сагиттальной проекциях, 3D-реконструкции пограничные участки были включены в поле зрения сканирования. KV и MAS подбирались в зависимости от массы тела и возраста пациента. Трехфазное (артериальная, паренхимазная и венозная фазы) контрастирование выполняется путем болюсного введения контрастного вещества (1,5 мл/кг), при возможности и необходимости выполняется экскреторная фаза через 5 мин от момента введения (рис. 1). Диапазон эффективной дозы для всего сканирования по протоколу политравмы с контрастированием был от 4 до 12 мЗв. Время пребывания больного в кабинете КТ 10–15 мин.

Для оценки мышц и связок необходимым компонентом исследования была МРТ, которая выполнена (n = 63) на МР-томографе 3 Тл с получением мультипланарных STIR, T1-, T2- и PD взвешенных

изображений (ВИ) с фактором подавления сигнала жировой ткани при толщине среза 4 мм, а также 2D- и 3D- изотропных изображений. У 28 из 63 пострадавших МРТ проведена с внутривенным контрастным усилением.

Результаты

Всего исследовано 790 детей с переломами таза. Данные о поле и возрасте, соотношении сочетанных травм к травме таза, балльной оценке представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, преобладали мальчики (n = 467). Гендерное соотношение составило 1,44. По шкале тяжести политравмы (ISS) оценка состояния пациентов колебалась от 23,54 до 27,5 (средняя $25,77 \pm 1,4$, $p = 0,05$) балла, соответственно все пациенты были в категории тяжелые и крайне тяжелые.

В табл. 2 представлены механизмы получения травмы.

Как видно из табл. 2, основным механизмом травмы таза были ДТП (пешеход+пассажир – 63,54% (n = 502)), кататравма была на втором месте – 32,66% (n=258), далее следовало сдавление – 2,15% (n = 17), спортивная травма – 0,38% (n = 3), прочая травма – 3,43% (n = 27).

Данные по переломам костей таза и осложнениям представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, переломы костей таза в 73,26% (n = 578) были множественными, когда был перелом не одной кости или было несколько переломов одной кости; 20,5% (n = 162) были осложненными, 22,3% (n = 176) нестабильными. 25,44% (n = 201) травмированных по тяжести состояния госпитализированы в реанимационное отделение, из них 57,2% (n = 115) оперированы. Общая летальность среди 790 пациентов за 10 лет составила 8,14%.

В соответствии с классификацией переломов костей таза тип A2 был наиболее частым (58,04),

Таблица 1. Данные по переломам костей таза за период 2010–2019 гг.

Table 1. Data of pelvic fractures for period 2010–2019

Показатель	Годы										Всего
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Травма таза в составе сочетанной травмы	59	67	89	81	101	85	83	74	94	57	790
Средний возраст, годы	8,48	10,28	10,38	10	9,74	11,4	10,69	9,64	9,85	10,76	$10,14 \pm 1,4$
Мальчики/ девочки	27/23	36/22	54/38	60/34	63/38	58/28	49/35	44/31	55/39	22/35	467/323
Соотношение скелетной и травмы таза при политравме	30/12	38/16	44/19	39/19	58/30	51/19	50/20	44/26	52/21	34/19	440/201
Баллы по ISS в структуре сочетанной политравмы	27,6	26,89	26,14	23,54	24,67	25,58	25,4	26,35	24,03	27,5	$25,77 \pm 1,4$

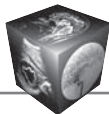


Таблица 2. Данные о причинах травмы таза
Table 2. Data on causes of pelvic injury

Причина травмы	Годы										Всего, абс. (%)
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
ДТП: пешеход	10	25	19	34	34	45	33	34	40	26	300 (37,97)
ДТП: пассажир	19	17	37	25	26	22	29	16	0	11	202 (25,56)
Кататравма	30	21	23	22	34	18	21	22	49	18	258 (32,66)
Спорт	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	3 (0,38)
Прочее	0	4	9	0	7	0	0	2	5	0	27 (3,43)
Всего пациентов с травмой таза	59	67	89	81	101	85	83	74	94	57	790 (100)

Таблица 3. Данные о переломах костей таза и их осложнениях
Table 3. Data on pelvic fractures and their complications

Повреждения органов, травмированные кости и осложнения	Годы										Всего
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Множественные повреждения костей таза	35	35	55	24	64	54	108	75	54	74	578
Разрыв симфиза	0	2	4	2	0	4	5	0	0	3	20
Лонная кость	4	10	11	9	11	11	15	19	15	13	118
Седалишная кость	3	7	7	5	9	7	11	10	8	9	76
Подвздошная кость	2	1	6	6	8	6	2	7	6	10	54
Крестец	7	7	9	6	9	9	5	13	9	14	88
ПКС*	5	4	5	3	5	5	4	1	4	7	43
Вертлужная впадина	1	0	0	0	2	0	4	6	2	0	15
Тазовые гематомы	2	3	3	3	8	6	5	12	8	8	58
Забрюшинные гематомы	1	6	8	6	7	6	6	7	2	6	55
Тромбозы	0	0	2	4	2	0	2	2	1	2	15
Повреждения кишечника	2	0	0	0	1	0	1	0	1	1	6
Неврологические осложнения	1	0	1	1	3	0	2	2	0	1	11
Повреждение или дисфункция мочевого пузыря	0	0	3	2	3	0	2	1	2	4	17

* ПКС – подвздошно-крестцовое сочленение.

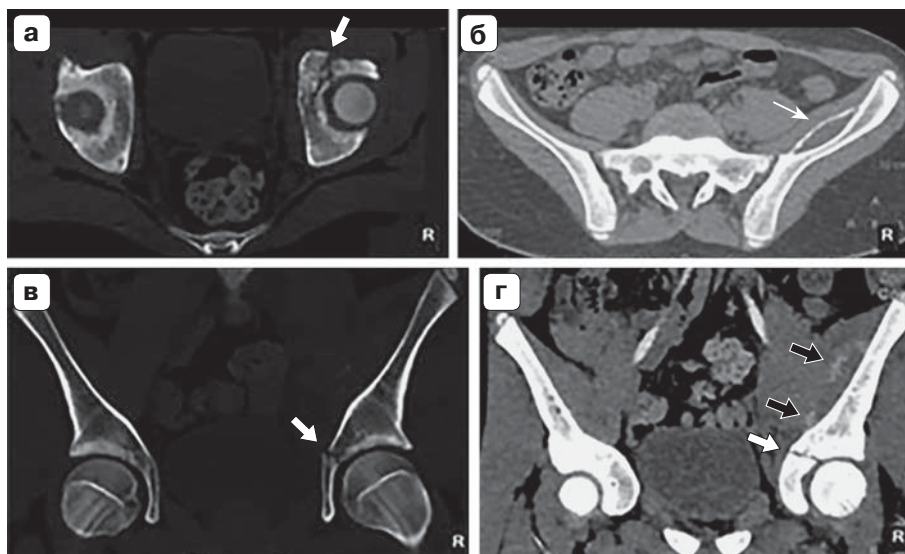
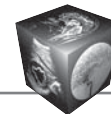


Рис. 2. КТ с контрастированием. Перелом левой вертлужной впадины (а, в, г – белая стрелка), тазовая гематома (б – тонкая белая стрелка) с активным кровотечением – экстравазация контрастного препарата (г – черные стрелки).
Fig. 2. CT with contrast enhancement. Fracture of left acetabulum (а, в, г – white arrow), pelvic hematoma (б – thin white arrow) with active bleeding – extravasation of a contrast agent (г – black arrows).



а по классификации Torode и Zieg тип IIIA (45,68%). Перелом вертлужной впадины (рис. 2) имел место у 1,9 % пострадавших. Помимо переломов таза были и другие скелетные повреждения. Наиболее частыми сопутствующими повреждениями были: черепно-мозговая травма ($n = 327$), повреждения грудной клетки ($n = 264$) и конечностей ($n = 242$).

При дополнительном исследовании 63 пациентов, у которых КТ обнаружила повреждение переднего тазового кольца, МРТ позволила выявить у 50 (79,36%) еще и переломы заднего кольца таза.

Обсуждение

Рентгенография таза является “золотым стандартом” для оценки травмы таза и должна выполняться во время оценки всей травмы, но мы ее не выполняли из-за тяжести состояния детей с политравмой, тем более что рентгенография не диагностирует около 50–70% всех переломов таза у детей [14, 17–19, 42, 43].

В институте вся визуальная диагностика повреждений таза основывалась на данных КТ, информативность которой по всем видам тазовых переломов составила 93,7%, были не диагностированы только переломы заднего кольца таза в 6,3% случаев.

Изображения анализировались по исходным аксиальным срезам, мультипланарным реконструкциям (MPR) в плоскостях, которые оптимально раскрывали все детали и особенности анатомии таза и переломов, и проекции максимальной интенсивности (MIP) и 3D-реконструкции. Внутри-

венное контрастирование является обязательным компонентом нашего алгоритма КТ, так как позволяло выявлять висцеральные повреждения и активные кровотечения (рис. 3). Чувствительность, специфичность и точность КТ с контрастированием при диагностике переломов костей таза возрастает до 93,7%, а для гематом таза, повреждений, включая дисфункцию мочевого пузыря, – до 97,8%.

Визуальная картина различных травм таза при КТ имела свои отличительные признаки. Переднезадние (AP) компрессионные повреждения характеризовались поворотом половины таза: наружу – переднезаднее, внутрь – заднее. Даже небольшое смещение крестцово-подвздошного сустава свидетельствует о разрыве связок (рис. 4). Наличие вакуум-эффекта в хряще лобкового симфиза свидетельствовало о повреждении его, а диастаз лобкового симфиза является признаком переднезадней компрессионной травмы (рис. 5). Для боковой компрессии таза было характерно внутреннее смещение одной половины и внешнее другой половины таза, диастаз в одном крестцово-подвздошном суставе вызывал нарушения в контралатеральном (см. рис. 5). Нестабильное по вертикали и по вращательной траектории тазовое полукольцо свидетельствовало о смещенном переломе лонного симфиза или подвздошной кости (рис. 6), который распространяется на крестцово-подвздошный сустав. При разрывах симфиза визуализировались мелкие костно-хрящевые отломки (рис. 7). Изолированные отрывные и авульсионные переломы подвздошных костей не влияли на целостность тазового кольца (рис. 8).

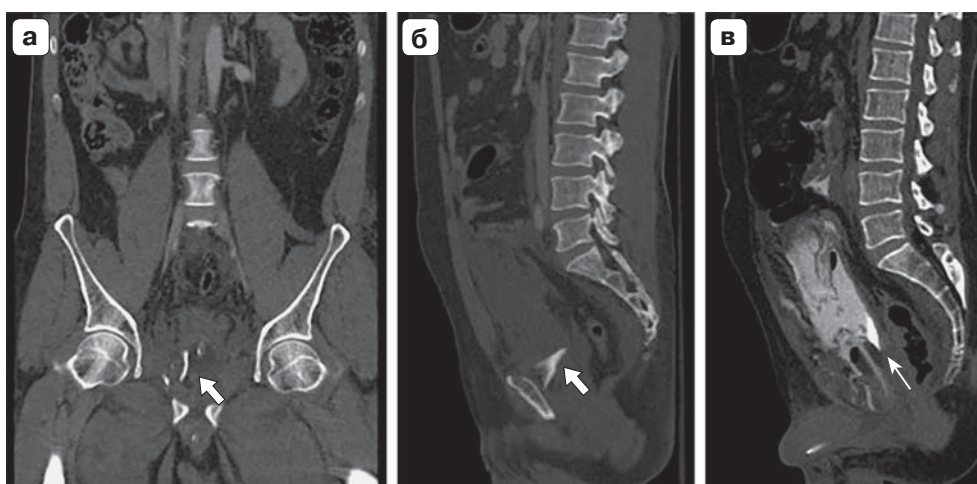


Рис. 3. Кататравма. Перелом лонной кости. КТ с контрастированием, коронарная (а) и сагиттальная проекции (б): фрагмент кости (белая стрелка), сагиттальная проекции (в): экстрavasация контрастного вещества (тонкая стрелка).

Fig. 3. Cata trauma. Fracture of pubic bone. Contrast-enhanced CT (a) coronary and (b) sagittal projections: bone fragment (white arrow), sagittal projections (в): contrast agent extravasation (thin arrow).

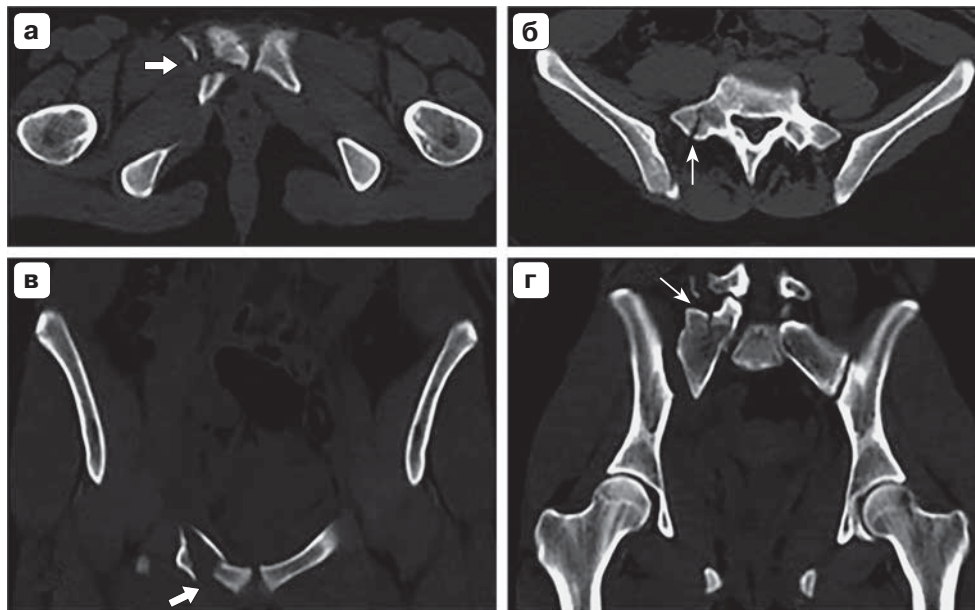


Рис. 4. Травма при ДТП, пассажир. КТ таза, аксиальная проекция (а, б) и реконструированная корональная проекция (в, г). Оскольчатый перелом лобковой кости справа со смещением (стрелка), правосторонний перелом боковых масс крестца верхней и задней ости подвздошной кости справа со смещением (тонкая стрелка), разрыв крестцово-подвздошного сочленения.

Fig. 4. Traffic accident, passenger. CT of the pelvis, axial projection (a, б) and reconstructed coronal projection (в, г). A comminuted fracture of the pubic bone on the right with displacement (arrow), right-sided fracture of the lateral masses of the sacrum of the superior and posterior iliac spine on the right with displacement (thin arrow), rupture of the sacroiliac joint.

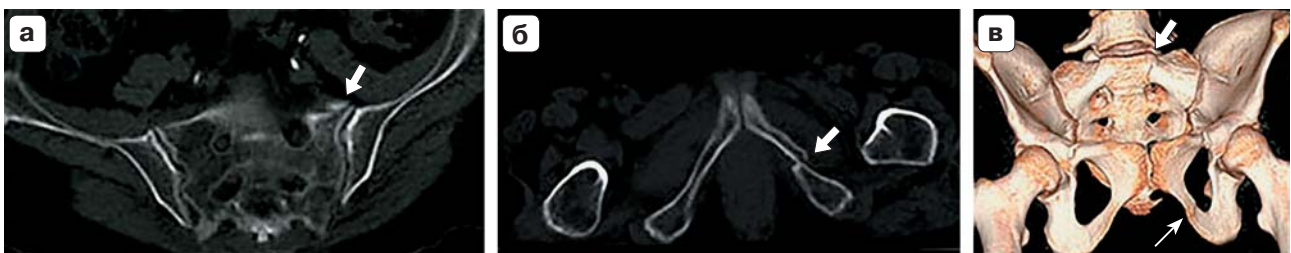


Рис. 5. Травма получена при ДТП, пассажир. КТ, аксиальный срез на уровне S₁-позвонка (а): отрывной перелом крестца слева с костным отломком (стрелка) без расширения сустава; аксиальный срез на уровне нижней ветви лонной кости (б): перелом со смещением (стрелка); 3D-реконструкция (в): белая стрелка указывает на перелом крестца, тонкая стрелка – перелом лобковой кости.

Fig. 5. Injury received in an accident – passenger. CT, axial section at the level of S₁ vertebra (a): avulsion fracture of the sacrum on the left with a bone fragment (arrow) without joint expansion; axial section at the level of the lower branch of the pubic bone (б): fracture with displacement (arrow); 3D reconstruction (в): white arrow indicates sacrum fracture, thin arrow indicates pubic bone fracture.

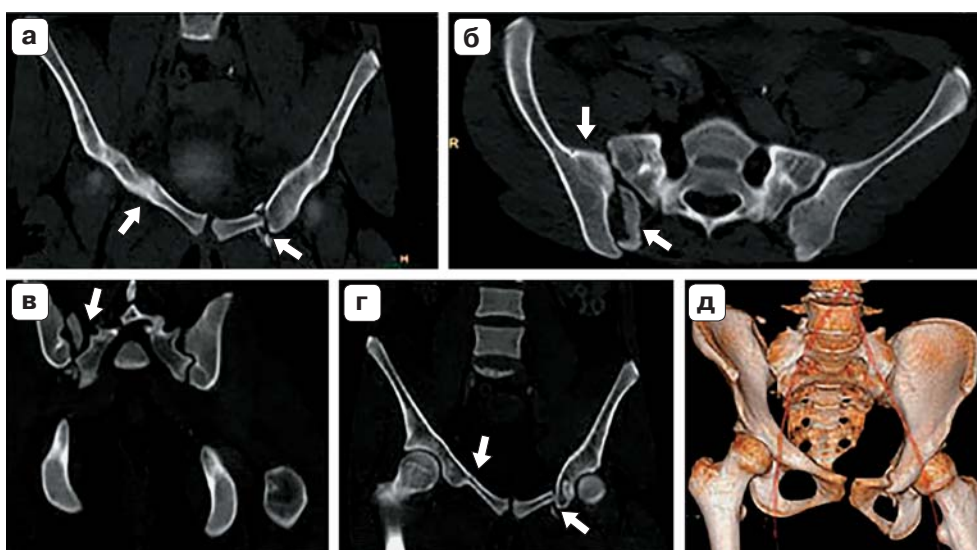
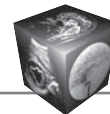


Рис. 6. КТ таза. **а** – реконструированное корональное изображения; **б** – аксиальный срез; **в, г** – реконструированные передняя и задняя косая проекции; **д** – 3D-изображение. Множественные переломы костей таза: перелом боковых масс крестца, оскольчатый перелом крыла подвздошной кости, разрыв крестцово-подвздошного сочленения, перелом верхней ветви лонной кости справа; перелом верхней и нижней ветвей лонной кости слева (стрелки указывают на переломы).

Fig. 6. CT scan of the pelvis. **a** – reconstructed coronal image; **б** – axial section; **в, г** – reconstructed anterior and posterior oblique projections; **д** – 3D image. Multiple fractures of the pelvic bones: fracture of the lateral masses of the sacrum, comminuted fracture of the wing of the ilium, rupture of the sacroiliac joint, fracture of the superior branch of the pubic bone on the right; fracture of the upper and lower branches of the pubic bone on the left (arrows indicate fractures).

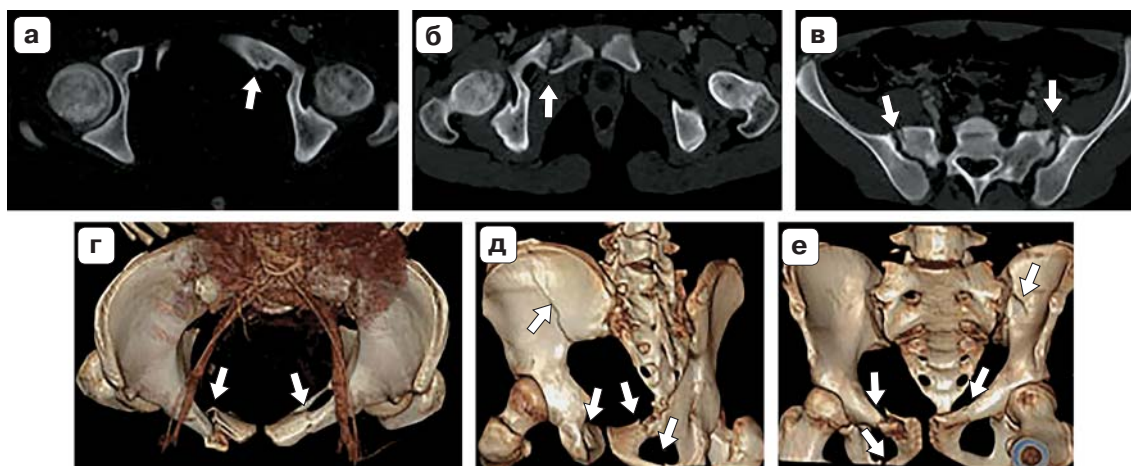


Рис. 7. Катаклизм. КТ таза. **а, б** – аксиальная проекция; **в** – реконструированная корональная проекция; **г** – 3D-изображение. Множественные переломы костей таза с нестабильностью тазового кольца: переломы боковых масс крестца с двух сторон, разрывы обоих крестцово-подвздошных сочленений, перелом крыла левой подвздошной кости, переломы верхних ветвей обеих лонных костей, справа со смещением, перелом ветви правой седалищной кости со смещением.

Fig. 7. Cataclysm. CT of the pelvis. **а, б** – axial projection; **в** – reconstructed coronal projection; **г** – 3D-image. Multiple fractures of the pelvic bones with instability of the pelvic ring: fractures of the lateral masses of the sacrum on both sides, ruptures of both sacroiliac joints, fracture of the wing of the left iliac bone, fractures of the upper branches of both pubic bones, on the right with displacement, fracture of the branch of the right ischial bone with displacement.

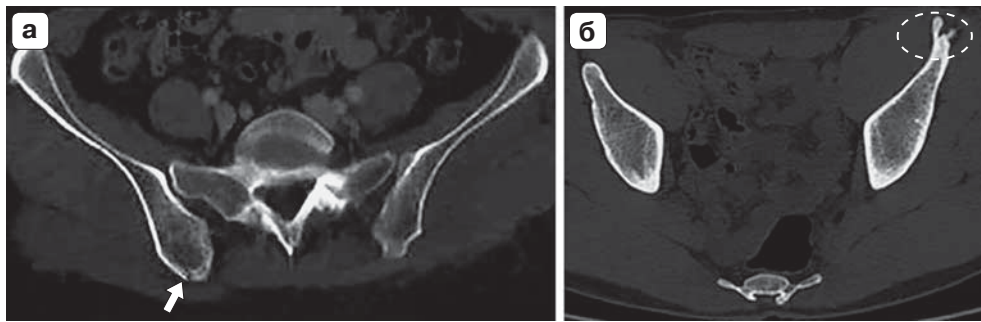


Рис. 8. КТ, аксиальные срезы. Авульсионный перелом задневерхней ости правой подвздошной кости (**а**, стрелка) и отрывной перелом гребня левой подвздошной кости (**б**, пунктирный эллипс).

Fig. 8. CT, axial slices. Avulsion fracture of the posterior superior spine of the right iliac spine (**a**, arrow) and avulsion fracture of the left iliac crest (**b**, dotted ellipse).

Линия перелома визуализируется как линейная структура. Оптимальная визуализация достигается на STIR, T1- и/или T2ВИ SE с подавлением сигнала жировой ткани (рис. 9). МРТ при переломах таза – оптимальный метод выявления отека. Чаще всего отек мягких тканей бывает при переломах лобка и вертлужной впадины, реже – при переломах крестца. Выраженность отека мягких тканей дает дополнительную информацию о степени повреждения и может иметь прогностическое значение для исхода перелома. Если на STIR или T2ВИ FS интенсивность сигнала вокруг линии перелома была идентична сигналу спинномозговой жидкости или моче и распространялась на расстояние

более 10 мм, отек считали тяжелым, средним – более 5 мм, умеренным – в пределах 5 мм или только непосредственно вдоль линии. Выраженность отека мягких тканей давала дополнительную информацию о степени повреждения и имела прогностическое значение для исхода перелома.

Сравнение диагностических возможностей МРТ и КТ при переломах крестца и вертлужной впадины показало, что при КТ около 37% были пропущены, поэтому мы рекомендуем МРТ, как более эффективный метод в визуализации переломов таза.

МРТ, хотя и редко, показана у пациентов с острой травмой таза, но она ценна в предоставлении информации о повреждении связок, мышц и сосудов, кровотечениях / образовании гематом, число которых увеличивается с ростом тяжести травмы [24, 30, 34, 35]. Несмотря на то что все пострадавшие были в категории тяжелые или крайне тяжелые, у 63 из 225 пациентов, имевших травму таза за последние три года (см. табл. 1), была выполнена МРТ в первые 2 сут от момента травмы и поступления в институт. Это было необходимо для детализации повреждений заднего полукольца, что важно при переломах крестца, осложненных травмой нервов и сплетений, а также дисфункцией мочевого пузыря и потерей тонуса сфинктера прямой кишки. При этих исследованиях были лучше оценены неоссифицированные участки тазового кольца и вертлужной впадины, выявлены недиагностированные с помощью КТ апофизеальные отрывные повреждения.

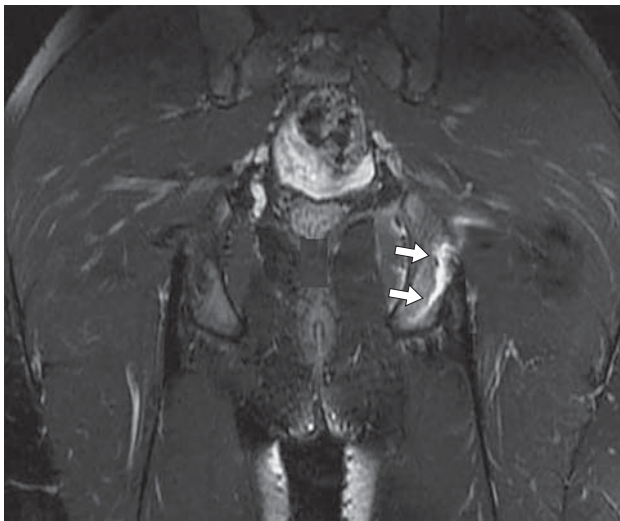
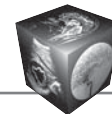


Рис. 9. Корональное изображение STIR FS визуализирует линейный гиперинтенсивный сигнал (стрелки) вдоль нижнелатерального отдела левой бугристости седалищного кости.

Fig. 9. Coronal STIR FS image visualizes a linear hyperintense signal (arrows) along the inferolateral left ischial tuberosity.

Заключение

Детям с политравмой обязательно необходимо выполнить КТ, чтобы исключить не только все не мышечно-скелетные повреждения, но и сочетанные переломы таза. Мы считаем, что для обнаружения и оценки переломов костей таза и сопутствующих повреждений других тканей и органов



в большинстве случаев многофазная КТ с внутривенным контрастированием является достаточным методом. Если после КТ остается клиническое подозрение на не раскрытые особенности или осложнения травмы таза, то следует использовать МРТ. Это особенно важно у детей младшего возраста и подростков, потому что она более чувствительна для оценки неоссифицированных участков тазового кольца, отрывных апофизеальных повреждений.

Участие авторов

Концепция и дизайн исследования – Ахадов Т.А., Карасева О.В., Никишов С.О.

Проведение исследования – Серова Н.Ю., Сидоров С.В., Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Дмитренко Д.М.

Сбор и обработка данных – Божко О.В., Костикова Т.Д., Ахлебникова М.И.

Статистическая обработка данных – Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н.

Анализ и интерпретация полученных данных – Ахадов Т.А., Карасева О.В., Серова Н.Ю.

Написание текста – Ахадов Т.А., Серова Н.Ю.

Подготовка и редактирование текста – Ахадов Т.А., Серова Н.Ю., Карасева О.В., Ублинский М.В.

Участие в научном дизайне – Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Дмитренко Д.М.

Подготовка, создание опубликованной работы – Ахадов Т.А., Карасева О.В., Серова Н.Ю.

Ответственность за целостность всех частей статьи – Ахадов Т.А.

Утверждение окончательного варианта статьи – Ахадов Т.А., Карасева О.В., Никишов С.О.

Author's participation

Concept and design of the study – Akhadov T.A., Karaseva O.V., Nikishov S.O.

Conducting research – Serova N.Yu., Sidorov S.V., Melnikov I.A., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Dmitrenko D.M.

Collection and analysis of data – Bozhko O.V., Kostikova T.D., Akhlebinina M.I.

Statistical analysis – Manzhurtsev A.V., Ublinskiy M.V., Khusainova D.N.

Analysis and interpretation of the obtained data – Akhadov T.A., Karaseva O.V., Serova N.Yu.

Writing text – Akhadov T.A., Serova N.Yu.

Text preparation and editing – Akhadov T.A., Serova N.Yu., Karaseva O.V., Ublinskiy M.V.

Participation in scientific design – Melnikov I.A., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Dmitrenko D.M.

Preparation and creation of the published work – Akhadov T.A., Karaseva O.V., Serova N.Yu.

Responsibility for the integrity of all parts of the article – Akhadov T.A.

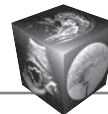
Approval of the final version of the article – Akhadov T.A., Karaseva O.V., Nikishov S.O.

Список литературы [References]

- Schlickewei W., Keck T. Pelvic and acetabular fractures in childhood. *Injury*. 2005; 36: A57. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2004.12.014>
- Ismail N., Bellemare J.F., Mollitt D.L., DiScala C., Koeppel B., Tepas J.J. 3rd. Death from pelvic fracture: children are different. *J. Pediatr. Surg.* 1996; 31 (1): 82–85. [https://doi.org/10.1016/s0022-3468\(96\)90324-3](https://doi.org/10.1016/s0022-3468(96)90324-3)
- Demetriades D., Karaiskakis M., Velmahos G.C., Alo K., Murray J., Chan L. Pelvic fractures in pediatric and adult trauma patients: are they different injuries? *J. Trauma*. 2003; 54 (6): 1146–1151. <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000044352.00377.8f>
- Gansslen A., Hildebrand F., Heidari N., Weinberg A.M. Pelvic ring injuries in children. Part I: epidemiology and primary evaluation. A review of the literature. *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech.* 2012; 79 (6): 493–498. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1102-0>
- Holden C.P., Holman J., Herman M.J. Pediatric pelvic fractures. *JAAOS J. Am. Acad. Orthopaed. Surg.* 2007; 15 (3): 172–177. <https://doi.org/10.5435/00124635-200703000-00007>
- Banerjee S., Barry M.J., Paterson J.M.H. Paediatric pelvic fractures: 10 years experience in a trauma centre. *Injury*. 2009; 40 (4): 410–413. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2008.10.019>
- Silber J.S., Flynn J.M., Koffler K.M., Dormans J.P., Drummond D.S. Analysis of the cause, classification, and associated injuries of 166 consecutive pediatric pelvic fractures. *J. Pediatr. Orthopaed.* 2001; 21 (4): 446–450. <https://doi.org/10.1097/01241398-200107000-00006>
- Любошиц Н.А. Закрытые переломы костей таза у детей. М.: Медицина, 1968.
- Lyuboshits N.A. Closed fractures of the pelvic bones in children. Moscow: Medicine, 1968. (In Russian)
- Widmann R. Fractures of the Pelvis Rockwood CA WK. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- Giannoudis P.V., Grotz M.R.W., Tzioupis C., Dinopoulos H., Wells G.E., Bouamra O., Lecky F. Prevalence of pelvic fractures, associated injuries, and mortality: the United Kingdom perspective. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2007; 63 (4): 875–883. <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000242259.67486.15>
- Flint L., Cryer H. G. Pelvic fracture: the last 50 years. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2010; 69 (3): 483–488. <https://doi.org/10.1097/ta.0b013e3181ef9ce1>
- Marmor M., Elson J., Mikhail C., Morshed S., Matityahu A. Short-term pelvic fracture outcomes in adolescents differ from children and adults in the National Trauma Data Bank. *J. Child. Orthopaedics.* 2015; 9 (1): 65–75. <https://doi.org/10.1007/s11832-015-0634-3>
- Stahel P.F., Hammerberg E.M. History of pelvic fracture management: a review. *Wld J. Emerg. Surg.* 2016; 11 (1): 18. <https://doi.org/10.1186/s13017-016-0075-4>
- Mosheiff R., Suchar A., Porat S., Shmushkevich A., Segal D., Liebergall M. The "crushed open pelvis" in children. *Injury*. 1999; 30: 14–18. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(99\)90003-7](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(99)90003-7)
- Smith W., Shurnas P., Morgan S., Agudelo J., Luszko G., Knox E.C., Georgopoulos G. Clinical outcomes of unstable pelvic fractures in skeletally immature patients. *JBJS*. 2005; 87 (11): 2423–2431. <https://doi.org/10.2106/00004623-200511000-00008>



16. Junkins Jr. E.P., Nelson D.S., Carroll K.L., Hansen K., Furnival R.A. A prospective evaluation of the clinical presentation of pediatric pelvic fractures. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2001; 51 (1): 64–68. <https://doi.org/10.1097/00005373-200107000-00010>
17. Кузнецов Л. Е. Переломы таза у детей (морфология, биомеханика, диагностика). М.: Фолиум, 1994. Kuznetsov L.E. Pelvic fractures in children (morphology, biomechanics, diagnostics). Moscow: Folium, 1994. (In Russian)
18. Coccolini F., Stahel P.F., Montori G., Biffl W., Horer T.M., Catena F., Kluger Y., Moore E.E., Peitzman A.B., Ivatury R., Coimbra R., Fraga G.P., Pereira B., Rizoli S., Kirkpatrick A., Leppaniemi A., Manfredi R., Magnone S., Chiara O., Solaini L., Ceresoli M., Allievi N., Arvieux C., Velmahos G., Balogh Z., Naidoo N., Weber D., Abu-Zidan F., Sartelli M., Ansaloni Luca. Pelvic trauma: WSES classification and guidelines. *Wld J. Emerg. Surg.* 2017; 12 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1186/s13017-017-0117-6>
19. Hermans E., Cornelisse S.T., Biert J., Tan E.C.T.H., Edwards M.J.R. Paediatric pelvic fractures: how do they differ from adults? *J. Child. Orthopaed.* 2017; 11 (1): 49–56. <https://doi.org/10.1302/1863-2548-11-160138>
20. Шейх Ж.В., Араблинский А.В., Кармазановский Г.Г., Донченко С.В., Алексеев Д.В., Клишко С.В. Рентгенография и мультиспиральная компьютерная томография в диагностике травмы вертлужной впадины. *Медицинская визуализация.* 2016; 1: 113–122. Sheikh Z.V., Arablinskyi A.V., Karmazanovsky G.G., Donchenko S.V., Alekseev D.V., Klimko S.V. Radiography and MSCT in the Diagnostic of Acetabular Fractures. *Medical Visualization.* 2016; 1: 113–122. (In Russian)
21. Cerva Jr. D.S., Mirvis S.E., Shanmuganathan K., Kelly I.M., Pais S.O. Detection of bleeding in patients with major pelvic fractures: value of contrast-enhanced CT. *Am. J. Roentgenol.* 1996; 166(1): 131–135. <https://doi.org/10.2214/ajr.166.1.8571861>
22. Genin G., Rode A. Imagerie du polytraumatisé. Masson, 1992.
23. Hunter J.C., Brandser E.A., Tran K.A. Pelvic and acetabular. *Radiol. Clin. N. Am.* 1997; 35 (3): 559–590.
24. Gänsslen A., Heidari N., Weinberg A.M. Fractures of the pelvis in children: a review of the literature. *Eur. J. Orthopaed. Surg. & Traumatol.* 2013; 23 (8): 847–861. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1102-0>
25. Amorosa L.F., Kloen P., Helfet D.L. High-energy pediatric pelvic and acetabular fractures. *Orthoped. Clin.* 2014; 45 (4): 483–500. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2014.06.009>
26. Foex B.A., Russell A. BET 2: CT versus MRI for occult hip fractures. *Emerg. Med. J.* 2018; 35 (10): 645. <https://doi.org/10.1136/emermed-2018-208093.3>
27. Rehman H., Clement R.G.E., Perks F., White T.O. Imaging of occult hip fractures: CT or MRI? *Injury.* 2016; 47 (6): 1297–1301. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.02.020>
28. Eggenberger E., Hildebrand G., Vang S., Ly A., Ward C. Use of CT vs. MRI for Diagnosis of Hip or Pelvic Fractures in Elderly Patients After Low Energy Trauma. *Iowa Orthop. J.* 2019; 39 (1): 179.
29. Gaeta M., Minutoli F., Scribano E., Ascenti G., Vinci S., Bruschetta D., Magaouda L., Blandino A. CT and MR imaging findings in athletes with early tibial stress injuries: comparison with bone scintigraphy findings and emphasis on cortical abnormalities. *Radiology.* 2005; 235 (2): 553–561. <https://doi.org/10.1148/radiol.2352040406>
30. Nüchtern J.V., Hartel M.J., Henes F.O., Groth M., Jauch S.Y., Haegle J., Briem D., Hoffmann M., Lehmann W., Rueger J.M., Großterlinden L.G. Significance of clinical examination, CT and MRI scan in the diagnosis of posterior pelvic ring fractures. *Injury.* 2015; 46 (2): 315–319. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.10.050>
31. Vaccaro A.R., Kim D.H., Brodke D.S., Harris M., Chapman J.R., Schildhauer T., Routt M.L., Sasso R.C. Diagnosis and management of sacral spine fractures. *Instr. Course Lect.* 2004; 86 (1): 166–175. <https://doi.org/10.2106/00004623-200401000-00027>
32. Schicho A., Schmidt S.A., Seeber K., Olivier A., Richter P.H., Gebhard F. Pelvic X-ray misses out on detecting sacral fractures in the elderly—Importance of CT imaging in blunt pelvic trauma. *Injury.* 2016; 47 (3): 707–710. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.01.027>
33. Durkin A., Sagi H.C., Durham R., Flint L. Contemporary management of pelvic fractures. *Am. J. Surg.* 2006; 192 (2): 211–223. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2006.05.001>
34. Kos S., Gutzeit A., Hoppe H., Liu D.M., Jacob A.L. Diagnosis and therapy of acute hemorrhage in patients with pelvic fractures. *Seminars in musculoskeletal radiology.* – Thieme Medical Publishers. 2013; 17 (4): 396–406. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1356469>
35. Cabarrus M.C., Ambekar A., Lu Y., Link T.M. MRI and CT of insufficiency fractures of the pelvis and the proximal femur. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 191 (4): 995–1001. <https://doi.org/10.2214/ajr.07.3714>
36. Torode I., Zieg D. Pelvic fractures in children. *J. Pediatr. Orthopaed.* 1985; 5 (1): 76–84. <https://doi.org/10.1097/01241398-198501000-00014>
37. Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? The Journal of bone and joint surgery. *Br. Vol.* 1988; 70 (1): 1–12. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.70b1.3276697>
38. Chia J.P.Y., Holland A.J.A., Little D., Cass D.T. Pelvic fractures and associated injuries in children. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2004; 56 (1): 83–88. <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000084518.09928.ca>
39. Moore N., Mills T.J. Pelvic Fracture in Emergency Medicine. Medscape, 2017.
40. Burlew C.C., Moore E.E., Stahel P.F., Geddes A.E., Wagenaar A.E., Pieracci F.M., Fox C.J., Campion E.M., Johnson J.L., Mauffrey C. Preperitoneal pelvic packing reduces mortality in patients with life-threatening hemorrhage due to unstable pelvic fractures. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2017; 82 (2): 233. <https://doi.org/10.1097/ta.0000000000001324>
41. Caillot M., Hammad E., Le Baron M., Villes V., Leone M., Flecher X. Pelvic fracture in multiple trauma: a 67-case series. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2016; 102 (8): 1013–1016.
42. Andrich S., Haastert B., Neuhaus E., Neidert K., Arend W., Ohmann C., Grebe J., Vogt A., Jungbluth P., Thelen S., Windolf J., Icks A. Excess mortality after pelvic fractures among older people. *J. Bone Mineral Res.* 2017; 32 (9): 1789–1801. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3116>
43. Scott S.T., Watt I. Gas at the symphysis pubis: a sign of occult pelvic trauma. *Br. J. Radiol.* 1984; 57 (674): 173–176. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-57-674-173>



Для корреспонденции*: Ублинский Максим Вадимович – 119180 Москва, ул. Большая Полянка, д. 22. НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ города Москвы. Тел.: +7-929-620-21-77. E-mail: maxublinsk@mail.ru

Серова Наталья Юрьевна – канд. мед. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2527-2956>

Ахадов Толибджон Абдуллаевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела лучевых методов диагностики НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Карасева Ольга Витальевна – доктор мед. наук, заместитель директора по научной работе, руководитель отдела сочетанной травмы, анестезиологии-реанимации НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-9418-4418>

Мельников Илья Андреевич – канд. мед. наук, врач-рентгенолог НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

Божко Ольга Васильевна – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

Никишов Сергей Олегович – канд. мед. наук, заведующий отделением травматологии НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7407-2515>

Дмитренко Дмитрий Михайлович – заведующий отделением рентгенодиагностики НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1260-4509>

Манжурцев Андрей Валерьевич – канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5022-9952>

Ахлебинина Мария Игоревна – врач-рентгенолог НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-9862-3609>

Костикова Татьяна Дмитриевна – врач-рентгенолог НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9103-9191>

Сидоров Сергей Владимирович – врач-травматолог НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3304-8049>

Ублинский Максим Вадимович – канд. биол. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4627-9874>

Хусаинова Дарья Николаевна – младший научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0387-7046>

Contact*: Maxim V. Ublinskiy – 22, Bolshaya Polyanka str., Moscow, 119180, Russian Federation. Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma. Phone: + 7-929-620-21-77. E-mail: maxublinsk@mail.ru

Natalya Yu. Serova – Cand. of Sci. (Med.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2527-2956>

Tolibdzhon A. Akhadov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of radiology department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Olga V. Karaseva – Doct. of Sci. (Med.), deputy director for research, Head of the Department of Combined Trauma, Anesthesiology and Resuscitation, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-9418-4418>

Ilya A. Mel'nikov – Cand. of Sci. (Med.), radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

Ol'ga V. Bozhko – Cand. of Sci. (Med.), radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

Sergey O. Nikishov – Cand. of Sci. (Med.), Head of Traumatology Department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7407-2515>

Dmitriy M. Dmitrenko – Head of X-ray Department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1260-4509>

Andrei V. Manzhurtsev – Cand. of Sci. (Phys.-Math.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5022-9952>

Maria I. Akhlebinina – radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-9862-3609>

Tatyana D. Kostikova – radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9103-9191>

Sergey V. Sidorov – traumatologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3304-8049>

Maxim V. Ublinskiy – Cand. of Sci. (Biol.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

Daria N. Khusainova – junior researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0387-7046>