

ДИСМОРФИЗМ КРЕСТЦА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Е.Г. Скрябин^{1,2,3}, А.Ю. Кривцов²

¹ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень, Россия

²ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница №2», г. Тюмень, Россия

³ООО «Тюменский реабилитационный центр», г. Тюмень, Россия

SACRAL DYSMORPHISM IN CHILDREN AND ADOLESCENTS

E.G. Skryabin^{1,2,3}, A.Yu. Krivtsov²

¹Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

²Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia

³Tyumen Rehabilitation Center, Tyumen, Russia

Сведения об авторах:

Скрябин Евгений Геннадьевич – д.м.н. (SPIN-код: 4125-9422; Researcher ID: J-1627-2018; ORCID iD: 0000-0002-4128-6127). Место работы и должность: профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России. Адрес: Россия, 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54; врач травматолого-ортопедического отделения детского стационара ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2». Адрес: Россия, 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 75; специалист ООО «Тюменский реабилитационный центр». Адрес: Россия, 625023, г. Тюмень, ул. Республики, 148. Электронная почта: skryabineg@mail.ru

Кривцов Алексей Юрьевич (ORCID iD: 0009-0007-2343-4791). Место работы и должность: врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница №2». Адрес: Россия, 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 75. Электронная почта: krivtsov444@gmail.com

В современных научных публикациях отсутствует информация о симптомах дисморфизма крестца у детей и подростков. Парадокс ситуации заключается в том, что эта патология формируется внутриутробно, следовательно, её симптомы могут быть достоверно установлены в ходе лучевого исследования костей таза и/или пояснично-крестцового отдела позвоночника у пациентов уже в детском возрасте. *Цель.* Установить частоту и характер симптомов дисморфизма крестца у детей и подростков с заболеваниями и травмами нижнего поясничного отдела позвоночника, костей таза и тазобедренных суставов. *Материал и методы.* Клиническим материалом для исследования послужили результаты компьютерной томографии нижнего поясничного отдела позвоночника и таза, проведённые 56 детям и подросткам в возрасте от 6 до 18 лет. Средний возраст пациентов составил 12,6±3,8 года. Компьютерную диагностику осуществляли на 128-срезовом аппарате «General Electric». При анализе томограмм целенаправленно изучали крестец с целью установления симптомов, характерных для сакрального дисморфизма в соответствии с рекомендациями M.L. Jr Roultt и соавт. (1996). *Результаты.* В ходе проведённого исследования установлена частота лучевых симптомов сакрального дисморфизма среди детского контингента. Дисморфичная картина крестца была установлена в 39,3% клинических наблюдений и представлена следующими симптомами: острый наклон крыльев – 25,0%, мамиллярные (сосцевидные) отростки позвонка S₁ – 35,7%, деформированные отверстия позвонка S₁ – 37,5%, «язык в борозде» краниальных отделов крестцово-подвздошных сочленений – 21,4%, «крестец не утоплен в таз» – 19,6% клинических наблюдений. *Заключение.* Наличие симптомов сакрального дисморфизма является фактором высокой степени риска получения ятрогенных осложнений в ходе оперативного лечения нестабильных повреждений заднего полукольца таза с помощью канюлированных винтов. К числу этих осложнений относят, прежде всего, нейровазальные расстройства со стороны крупных нервных стволов, артерий и вен.

Ключевые слова: дети и подростки, симптомы дисморфизма крестца, лучевая диагностика

Парадоксально, но факт: в современных научных публикациях отсутствует информация о симптомах дисморфизма крестца у детей и подростков. При этом в педиатрической популяции пациентов изменения в анатомии крестца диагностируют часто и обозначают такими терминами, как агенезия [1], каудальная регрессия [2], дизрафизм [3], дефект задней стенки [4], spina bifida posterior [5], переходные пояснично-крестцовые позвонки III и IV типов [6] и ряд других.

Применительно к взрослым пациентам, информация о сакральном дисморфизме опубликована в значительно большем количестве,

при этом основной акцент в публикациях сделан на интраоперационных осложнениях, которые могут возникнуть при введении канюлированных винтов в краниальные крестцовые позвонки в ходе оперативных вмешательств на заднем полукольце таза [7, 8]. Парадокс состоит в том, что термином «дисморфизм» обозначают внутриутробно сформированную патологию, в данном случае крестца, под воздействием на беременную различных неблагоприятных факторов на 4-6 неделях гестации [9], следовательно, его симптомы могут быть диагностированы в ходе обследования детей и подростков.



Рис. / Fig. 1.

Компьютерная томограмма крестца 11-летнего пациента. Деформация крестца. Незаращение крестцового канала. Вывих копчика
Computer tomography of the sacrum of an 11-year-old patient. Deformity of the sacrum. Non-closure of the sacral canal. Dislocation of the coccyx.

Но, как уже указывалось выше по тексту, симптомы детского и подросткового сакрального дисморфизма остаются вне фокуса внимания исследователей.

Цель – установить частоту и характер симптомов дисморфизма крестца у детей и подростков с заболеваниями и травмами нижнего поясничного отдела позвоночника, костей таза и тазобедренных суставов.

Материал и методы исследования

Клиническим материалом для исследования послужили результаты компьютерной томографии (КТ) нижнего поясничного отдела позвоночника и таза, проведённые 56 детям и подросткам в возрасте от 6 до 18 лет. Лиц мужского пола в исследуемой когорте было 36 (64,3%), лиц женского пола – 20 (35,7%). Средний возраст составил $12,6 \pm 3,8$ года.

КТ-исследование осуществляли на 128-срезовом аппарате «General Electric». При анализе КТ-грамм исследовали крестец с целью установления симптомов, характерных для сакрального дисморфизма в соответствии с рекомендациями M.L. Jr Roult и соавт. [10].

Статистическая обработка клинического материала состояла в определении относительной величины показателя в процентах (P) и ошибки репрезентативности полученной относительной величины ($\pm m$).

Результаты

При оценке результатов КТ оценивали известные лучевые симптомы сакрального дисморфизма. К этим симптомам, как обозначено терминами в первоисточниках, относят ([10]:

- «острый» наклон крыльев крестца (acute tilt of the sacral wings);
- мамиллярные (сосцевидные) отростки позвонка S_1 (mammillary processes vertebrae S_1);
- деформированные отверстия позвонка S_1 (deformed vertebral hole);
- «язык в борозде» верхнего этажа крестцово-подвздошных сочленений (“tongue-in-groove” of the cranial sections of the sacroiliac joints);

– «крестец не утоплен в таз» (an upper sacral segment not recessed in the pelvis);

– остаточный диск S_1-S_{II} (residual disk S_1-S_{II});

В общей сложности перечисленные симптомы были диагностированы у 22 ($39,3 \pm 6,5\%$) из 56 пациентов исследуемой педиатрической группы. Ниже представляем результаты КТ обследованных детей и подростков, у кого были установлены перечисленные выше лучевые симптомы сакрального дисморфизма.

А. «Острый» наклон крыльев крестца (Рис. 1). Симптом «наклона крыльев крестца» наиболее отчётливо визуализируется на КТ-граммах sacrum в сагиттальной плоскости и характеризуется не плавной дугообразной его формой, а искривлённой, при этом величина деформации может достигать угла в 90° [8]. В проведенном нами исследовании острый наклон крыльев крестца был диагностирован у 14 из 56 пациентов ($25,0 \pm 2,6\%$).

Б. Мамиллярные (сосцевидные) отростки позвонка S_1 (Рис. 2).



Рис. / Fig. 2. Результаты компьютерной томографии поясничного отдела позвоночника и костей таза 14-летнего пациента. Мамиллярные отростки позвонка S_1 / Results of computed tomography of the lumbar spine and pelvic bones of a 14-year-old patient. Mammillary processes of the S_1 vertebra

В. Деформированные отверстия позвонка S₁ (Рис. 3).



Рис. / Fig. 3. Компьютерные томограммы крестца 12-летней пациентки. Деформированные крестцовые отверстия позвонка S₁. / Computer tomograms of the sacrum of a 12-year-old patient. Deformed sacral openings of the S₁ vertebra.

Представленная на Рис. 3 пара крестцовых отверстий позвонка S₁ деформирована за счёт имеющихся в них, косо расположенных перемычек, что позволяет констатировать факт сакрального дисморфизма [12]. Известно, что через эти крестцовые отверстия выходят корешок S₁, верхняя ягодичная артерия и верхняя ягодичная вена. Изменённую форму пары верхних крестцовых отверстий, как передних, так и задних, следует рассматривать как фактор высокой степени риска невровазальных нарушений [13].

При анализе собственного клинического материала деформированные отверстия позвонка S₁ были диагностированы у 21 из 56 (37,5±6,4%) пациентов.

Г. «Язык в борозде» краниальных отделов крестцово-подвздошных сочленений (Рис. 4).

Симптом «языка в борозде», судя по литературным источникам, является одним из постоянных и часто регистрируемых проявлений сакрального дисморфизма [14]. Характеризуя этот симптом, S. Kaiser с коллегами поясняют, что термин позаимствован из столярного производства, в котором является частью крепления, когда паз одной доски «встаёт» в соответствующий паз соседней доски [15]. Такой своеобразный «замок», как и сращение крестцовых позвонков, по мнению A.N. Miller и соавт, укрепляет тазовый пояс [16].

Наш собственный опыт оценки результатов лучевой визуализации крестца и крестцово-подвздошных сочленений исследуемой когорты

позволил запротоколировать симптом «языка в борозде» у 12 из 56 (21,4±5,2%) больных.



Рис. / Fig. 4. Компьютерная томография крестца 14-летнего пациента. «Язык в борозде» крестцово-подвздошных сочленений / Computed tomography of the sacrum of a 14-year-old patient. "Tongue in the groove" of the sacroiliac joints.

Д. «Крестец не утоплен в таз» (Рис. 5).

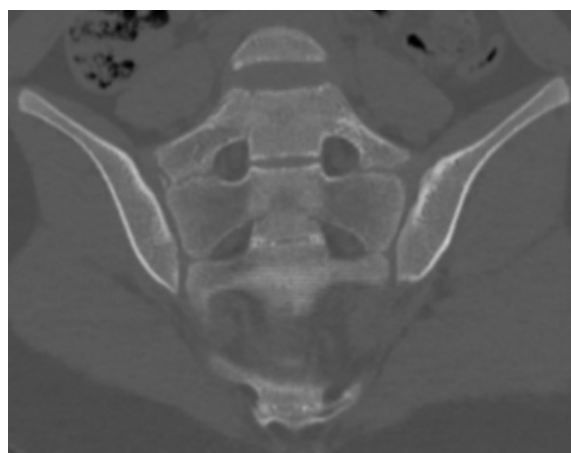


Рис. / Fig. 5. Компьютерная томограмма крестца 17-летней пациентки. «Крестец не утоплен в таз» / CT scan of the sacrum of a 17-year-old female patient. "The sacrum is not recessed into the pelvis"

Суть представленного симптома дисморфизма состоит в том, что краниальные отделы позвонка S₁ расположены на одном уровне или выше относительно гребней подвздошных костей, в то время как в «недисморфичных крестцах» (этот термин в статье A.N. Miller et al. [16] представлен так: «nondysmorphic sacra») верхний крестцовый сегмент расположен каудально относительно crista iliaca.

По нашим данным, симптом «крестец не утоплен в таз» диагностирован в 11 из 56 (19,6±5,2%) клинических наблюдений.

Обсуждение

Таким образом, на основании проведенного исследования установлена частота и проиллюстрированы 5 известных лучевых симптомов, характерных для сакрального дисморфизма [10].

В представленном материале отсутствует упоминание ещё об одном симптоме, который диагностируют у взрослых, а именно о наличии у пациентов остаточного диска S_1-S_{II} . Известно, что у современных людей полноценное слияние крестцовых позвонков происходит к 22-24-летнему возрасту [17], поэтому в исследуемой когорте обнаружение на КТ-граммах диска S_1-S_{II} не считали проявлением дисморфизма.

Наличие симптомов сакрального дисморфизма, в случае получения нестабильных переломов задних отделов крестца, является фактором высокой степени риска интраоперационных осложнений при использовании в хирургической стабилизации костных фрагментов канюлированных винтов. Особенно остро эта проблема стоит для взрослых пациентов, травмирующих кости таза значительно чаще и тяжелее, чем дети [18].

В структуре травм таза у детей переломы крестца и повреждения крестцово-подвздошных сочленений занимают не первые ранговые места [19, 20]. Изолированные переломы костей таза также диагностируют нечасто [21]. Причём в случае изолированных педиатрических сакральных фрактур нередко случае диагностики «спонтанных» переломов, то есть повреждений без указания на факт какой-либо травмы, в анамнезе у таких подростков лишь регулярные и интенсивные спортивные нагрузки [22]. Так, Y. Hirayaka с коллегами описывают клинические наблюдения за 34 пациентами среднего возраста 15 лет, которые тренировались по 5 раз в неделю, занимаясь, преимущественно, беговыми видами спорта, в том числе являлись стайерами. Клинически у детей присутствовали боли в костях таза. Посредством магнитно-резонансной томографии у 18 (52,9%) человек диагностированы импрессионные переломы правого крыла крестца, у 12 (35,3%) – левого крыла крестца, у 4 (11,8%) подростков запротоколировано двухстороннее поражение сакральных крыльев. Интересный факт: у 11 (32,5%) пострадавших исследуемой когорты в ходе обследования выявлены лучевые симптомы *spina bifida posterior* позвонка S_1 , у 8 (23,5%) человек – спондилолиз межсуставной части дуги позвонка L_V [23]. По данным D.J. Hart и соавт. частота изолированных сакральных фрактур в педиатрической популяции составляет 0,16% случаев [24]. В подавляющем

большинстве клинических наблюдений у педиатрических больных с переломами крестца используют консервативный метод лечения [19]. Показания к хирургической стабилизации сакральных фрактур выставляют не часто [25]. Оперируют сломанные крестцы у детей в тех ситуациях, если имеется сопутствующие нестабильные повреждения других костей таза и нижних поясничных позвонков [26], а также в случаях грубых деформаций, близких по лучевой картине к II и III типам повреждений классификации R. Roy-Camille и соавт. [27]. Клинические примеры подобных повреждений и использованные при этом оперативные методики приводят в своих научных публикациях как зарубежные [20, 22], так и отечественные авторы [26, 28].

При нестабильных переломах крестца и разрывах крестцово-подвздошных сочленений у педиатрических пациентов, после проведения репозиции, нередко используют канюлированные винты. Предварительно, посредством компьютерной томографии, изучают доступность безопасного коридора в S_1 , реже в S_{II} позвонках [29]. В своей научной статье F.V. Montovani с коллегами дают определение термина «безопасный коридор»: «... это «путь» винта от подвздошной кости к крестцу или к контрлатеральной подвздошной кости без нарушения их кортикального слоя, с исключением потенциального риска повреждения близлежащих нейроваскулярных структур» [30].

Непосредственно оперативные вмешательства осуществляют под рентгенологическим (флюороскопическим) контролем с использованием С-дуги [31, 32]. Ряд авторов введение винтов осуществляют в кабинете компьютерной томографии с целью свести к минимуму вероятность интраоперационных осложнений [33]. Наиболее грозными ятрогенными осложнениями являются повреждение винтами корешка L_5 и сосудисто-нервных пучков, проходящих через пару сакральных отверстий позвонка S_1 [34], а также перфорация кортикальных пластин этого позвонка [35]. Так, например, J.V. Andres-Peiro с соавт. информируют читателей о том, что у оперированных ими больных частота перфорации костного коридора при чрезмерном наклоне крыльев крестца составила 18,2% клинических наблюдений [33]. По мнению M. Gaume и коллег случаи мальпозиции винтов и перфорация ими кортикальных пластин позвонка S_1 являются «страшным осложнением» (в статье использована терминология: «dreaded complication») оперативного лечения [36].

Размеры «безопасного коридора» позвонка S_1 являются определяющими величинами, учёт которых с большой долей вероятности способен снижать вероятность получения интраоперационных осложнений. F.B. Mantovani с коллегами посредством компьютерной томографии исследовали краниальные отделы крестца у 138 детей, «разбив» их предварительно на 3 возрастные группы: 1-6 лет, 7-11 лет, 12-16 лет [30]. В таблице 1 представлены средние величины проведенных измерений, а именно высота, ширина и длина «безопасного коридора» позвонка S_1 в зависимости от возраста.

Таблица / Table 1

Размеры «безопасного коридора» позвонка S_1 у детей и подростков / Dimensions of the “safe corridor” of the S_1 vertebra in children and adolescents (по данным / according to F.B. Mantovani et al., 2024)

Исследуемые параметры (мм)	Возрастные группы пациентов (кол-во лет)		
	1-6	7-11	12-16
Высота	9,1	13,5	15,7
Ширина	13,9	15,7	16,8
Длина	47	55	72

По данным F.B. Mantovani и соавт., распространённость сакрального дисморфизма в исследуемой педиатрической когорте составила 44,2% [30]. Других научных публикаций, в которых бы была представлена частота диагностики симптомов дисморфизма крестца у детей и подростков, нам обнаружить не удалось.

У взрослых пациентов частота выявления лучевых симптомов, характерных для дисморфизма, характеризуется большим диапазоном полученных результатов. Так, по литературным источникам, наименьшая частота встречаемости крестцового дисморфизма соответствует 12% [37], наибольшая – 85% [38]. Такой значительный разброс между минимальным и максимальным показателями обусловлен различными подходами авторских коллективов к используемым методам лучевой визуализации (рентгенография или КТ) и интерпретации полученных результатов. Так, например, A. Alejandrez и соавт. считают, что крестец следует относить к категории дисморфичных при наличии лишь 1 из 6 известных симптомов [11], а J.M. Redley с коллегами утверждают, что для

этого необходимо как минимум 4 этих же ключевых качественных признака [39].

Применительно к педиатрической популяции травмированных крестец пациентов, даже при наличии симптомов дисморфизма, «безопасный коридор» для имплантации винтов в позвонки S_1 и S_{II} присутствует у 90% больных и наличие признаков дисплазии и асимметрии половин таза не являются противопоказанием к илео-сакральному остеосинтезу [40].

Заключение

В ходе проведённого исследования достигнута поставленная цель: установлена частота лучевых симптомов сакрального дисморфизма среди пациентов детского и подросткового возраста. Патология крестца диагностирована в 39,3% клинических наблюдений и представлена следующими симптомами: острый наклон крыльев крестца – 25,0% случаев, мамиллярные (сосцевидные) отростки позвонка S_1 – 35,7%, деформированные отверстия позвонка S_1 – 37,5%, «язык в борозде» краниальных отделов крестцово-подвздошных сочленений – 21,4%, «крестец не утоплен в таз» – 19,6% клинических наблюдений. Такой общеизвестный симптом сакрального дисморфизма, как «остаточный диск S_1 - S_{II} » не следует считать качественным признаком патологии, вследствие анатомо-физиологических особенностей оксификации детского крестца, как анатомически целостного костного образования.

Известно, что при оказании медицинской помощи пострадавшим с травмами таза, в том числе и педиатрическим больным, крайне важен индивидуальный подход. Таз ребёнка не является уменьшенной версией таза взрослого человека. Даже среди детей разного пола и возраста существуют многоплановые различия в анатомо-физиологических характеристиках таза, как целостного образования. В полной мере данный факт относится и к крестцу, как к важнейшей составляющей опорно-двигательного аппарата человека. Учёт симптомов сакрального дисморфизма является важнейшим условием при оказании медицинской помощи травмированным детям, позволяющим минимизировать вероятность получения ятрогенных осложнений в ходе хирургического лечения нестабильных повреждений заднего полукольца таза.

Литература / References:

1. Thomson C, Mahmood A, Yun SM, Hartley L, Botchu R, Mohmoud K, Sewell M, Mehta J. Long-term outcomes in sacral agenesis. *Child Nerv Syst.* 2024; 40 (6): 1791-1797. DOI: 10.1007/s00381-024-06326-7
2. Аксельров М.А., Емельянова В.А., Разин М.П., Вешкурцева И.М., Скрыбин Е.Г. Каудальная регрессия и VACTERL-

ассоциация у ребенка от многоплодной беременности (двойня), наступившей после применения вспомогательных репродуктивных технологий. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского.* 2021; 100 (1): 229-233. [Akselrov M.A., Yemelyanova V.A., Razin M.P., Veshkurtseva I.M., Scriabin E.G. Clinical regression and VACTERL association in a child from multiple pregnancies (twins) that occurred after the use of assisted reproductive technologies. *Pediatrics. The G.N. Speransky Journal.*

- 2021; 100 (1): 229-233.] (In Russ) DOI: 10.24110/0031-403X-2021-100-1-229-233
3. Bedei I, Krispin E, Sanz Cortes M, Lombaard H, Zemet R, Whitehead WE, Belfort MA, Huisman TAGM. Prenatal diagnosis and postnatal outcome of closed spinal dysraphism. *Prenat Diagn.* 2024; 44 (4): 499-510. DOI: 10.1002/pd.6454
 4. Yonguc G, Sayhan S, Cirpan S, Bulut B, Guvencer M, Naderi S. Posterior Wall Defect of Sacrum: An Anatomical Study of Sacral Spina Bifida. *Turk Neurosurg.* 2021; 31 (3): 339-347. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.2918020.3
 5. Bothara SS, Parihar P. A Case of type 2 diastematomyelia with spina bifida in a pediatric female patient. *Cureus.* 2024; 16 (2): 55197. DOI: 10.7759/cureus.55197
 6. Скрябин Е.Г., Кривцов А.Ю., Кичерова О.А., Клоков И.Н., Зотов П.Б., Аксельров М.А. Переходные пояснично-крестцовые позвонки у детей и подростков (обзор литературы, иллюстрированный собственными клиническими наблюдениями). *Гений ортопедии.* 2024; 30 (2): 282-291. [Scriabin E.G., Krivtsov A.Yu., Kicherova O.A., Klovok I.N., Zotov P.B., Akselrov M.A. Transitional lumbosacral vertebrae in children and adolescents (literature review, illustrated by own clinical observations). *Genius of orthopedics.* 2024; 30 (2): 282-291.] (In Russ) DOI: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-282-291
 7. Заднепровский Н.Н., Шарифуллин Ф.А., Жуков А.И., Бармина Т.Г., Иванов П.А. Корреляционная связь между возрастом и рентгенологическими проекциями входа и выхода из таза. *Травматология и ортопедия России.* 2024; 30 (2): 72-81. [Zadneprovsky N.N., Sharifullin F.A., Zhukov A.I., Barmina T.G., Ivanov P.A. Correlation between age and radiological projections of entrance and exit from the pelvis. *Traumatology and orthopedics of Russia.* 2024; 30 (2): 72-81.] (In Russ) DOI: 10.17816/2311-2905-17514
 8. Shan T, Hanging L, Quichi A, Junchao X, Meitao X, Shichang G, Tianyong H. Guidance for dysmorphic sacrum fixation with upper sacroiliac screw based on imaging anatomy study: techniques and indications. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2023; 24 (1): 536. DOI: 10.1186/s212891-023-06655-9
 9. Husband Z, Kromberg E, Lange A, Manfre C, Weinstein D, Constantinides CM, George I. Strategies and safety in iliosacral screw placement. *J Am Osteopath Acad Orthop. Fall-Winter 2024; VIII* (3).
 10. Routt ML Jr, Simonian PT, Agnew SG, Mann FA. Radiographic recognition of the sacral alar slope for optimal placement of iliosacral screws: a cadaveric and clinical study. *J Orthop Trauma.* 1996; 10 (3): 171-177. DOI: 10.1097/00005131-199604000-00005
 11. Alejandro A, Refaat M, Vue Y. Operative outcomes and fracture patterns in dysmorphic sacrum. *Injury.* 2024; 55 (2): 111170. DOI: 10.1016/j.injury.2023.111170
 12. Keeratitechakorn P, Cherdchukiatsakul S, Bupparenoo P, Srisuwanporn P, Ngamkitdechakul S. Prevalence of sacral dysmorphism of patients in rajavithi hospital. A Retrospective Study. *J DMS.* 2024; 49 (2): 100-106.
 13. Jäckle K, Paulisch M, Blüchel T, Meier MP, Seitz MT, Acharya MR, Lehmann W, Spering C. Analysis of trans-sacral corridors in stabilization of fractures of the pelvic ring. *J Orthop Res.* 2022; 40 (5): 1194-1202. DOI: 10.1002/jor.25144
 14. Laux CJ, Weigelt L, Osterhoff G, Slankamenac K, Werner CML. Feasibility of iliosacral screw placement in patients with superior sacral dysplasia. *J Orthop Surg Res.* 2019; 14: 418. DOI: 10.1186/s13018-019-1472-7
 15. Kaizer S, Gardner M, Liu J, Routt MLC Jr, Saam M. Anatomic of Sacral Dysmorphism and Implications for Safe Iliosacral Screw Placement. *J Bone Joint Surg Am.* 2014; 96 (14): 120. DOI: 10.2106/JBJS.M.00895
 16. Miller AN, Routt MLC Jr. Variations in sacral morphology and implications for iliosacral screw fixation. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012; 20 (1): 8-16. DOI: 10.5435/JAAOS-20-01-008
 17. Садофьева В.И. Рентгено-функциональная диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата у детей. Ленинград: Медицина, Ленинградское отделение, 1986. 238 с. [Sadofieva V.I. X-ray and functional diagnostics of diseases of the musculoskeletal system in children. Leningrad: Medicine, Leningrad Department, 1986. 238 p.] (In Russ)
 18. De la Silva C, Jover N, Alonso J, Salom M. Pediatric pelvic fractures and differences compared with the adult population. *Pediatr Emerg Care.* 2020; 36 (1): 519-522. DOI: 10.1097/PES.0000000000001411
 19. Holden CP, Holman J, Herman MJ. Pediatric pelvis fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007; 15 (3): 172-177. DOI: 10.5435/00124635-200703000-00007
 20. Baba-Rasul I, Hama Amin HM, Khazendar A, Hasan AO. a rare case of isolated lower segment transverse sacral fracture in a 12-year-old girl and its management by fixation with k-wire. *World Neurosurg.* 2017; 97: 758.e1-758.e5. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.10.014
 21. Song BJ, Wang Q, Feng W, Zhu DJ, Zhang XJ. Comparison of pediatric fractures and associated injuries caused by different types of road traffic accidents. *Chin J Traumatol.* 2024; 27 (6): 372-379. DOI: 10.1016/j.cjte.2024.01.005
 22. Nomura H, Nomura S. Sacral fatigue fracture in a young girl with no history of trauma or reported athletic activity: a case report. *AME Case Rep.* 2020; 4: 27. DOI: 10.210037/acr-20-41
 23. Hiranaka Y, Miyazaki S, Inoue S, Ryu M, Kuroshima K, Yurube T, Kakutani K, Tadokoro K. Clinical Features and Therapeutic Process of Sacral Fractures in Adolescents. *Am J Sport Med.* 2024; 52 (8): 2046-2054. DOI: 10.1177/03635465241251848
 24. Hart DJ, Wabg MY, Griffith P, McComb JG. Pediatric sacral fractures. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004; 29 (6): 667-670. DOI: 10.1097/01.brs.0000115128.36225.e8
 25. Ferraro SL, Batty M, Heyworth BE, Cook DL, Miller PE, Novais EN. Acute pelvic and hip apophyseal avulsion fractures in adolescents: a summary of 719 cases. *J Pediatr Orthop.* 2023; 43 (4): 204-210. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002355
 26. Белокрылов Н.М., Штадлер Д.И., Белокрылов А.Н., Денисов А.С., Ладейщиков В.М., Щеголова Н.Б. Опыт лечения сочетанной травмы головы, груди, опорно-двигательного аппарата, таза с нарушением тазового кольца и продольным переломом крестца. *Международный научно-исследовательский журнал.* 2021; 113 (11): 125-131. [Belokrylov N.M., Stadler D.I., Belokrylov A.N., Denisov A.S., Ladeishchikov V.M., Shchekolova N.B. Experience in the treatment of combined trauma to the head, chest, musculoskeletal system, pelvis with pelvic ring injury and longitudinal fracture of the sacrum. *International Scientific Research Journal.* 2021; 113 (11): 125-131.] (In Russ) DOI: 10.23670/IRJ.2021.113.11.058
 27. Roy-Camille R, Saillant G, Gagna G, Mazel C. Transverse fracture of the upper part of the sacrum. Suicidal jumper's fracture. *Spine (Phila Pa 1976).* 1985; 10(9):838-845. DOI: 10.1097/00007632-198511000-00011
 28. Скрябин Е.Г., Зотов П.Б. Суицидальные переломы крестца. *Девиятология.* 2024; 8 (2): 49-57. [Skryabin EG, Zotov PB. Suicidal sacral fractures. *Deviant Behavior (Russia).* 2024; 8 (2): 49-57.] (In Russ) DOI: 10.32878/devi.24-8-02(15)-49-57
 29. Scolaro JA, Firoozabadi R, Routt ML Jr. Treatment of pediatric and adolescent pelvic ring injuries with percutaneous screw placement. *J Pediatr Orthop.* 2018; 38 (3): 133-137. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000790
 30. Montovani FB, Faggion HZ, Soni JF, Valenza WR, Klipp MUS, Uliana CS. Safe corridors for sacroiliac fixation in pediatric patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2024; 35 (1): 37.
 31. Khan JM, Lara DL, Marquez-Lara A, Rosas S, Hasty E, Pilson HT. Intraoperative CT and surgical navigation for iliosacral screw: technique for patients with sacral dysmorphism. *J Orthop Trauma.* 2018; 32 (Suppl.1): 24-25. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001213
 32. Araiza ET, Medda S, Plate JF, Marquez-Lara A, Trammell AP, Aran FS, Lara D, Danelson K, Halvorson JJ, Carroll EA, Pilson HT. Comparing the efficiency, radiation exposure, and accuracy using c-arm versus o-arm with 3D navigation of transiliac-transsacral screws: a cadaveric study evaluating and early career surgeon. *J Orthop Trauma.* 2020; 34 (6): 302-306. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001724
 33. Andrés-Peirão JV, Piedra-Calle CA, Blasco-Casado F, García-Albó E, Tomás-Hernández J, Selga-Marsà J, García-Sánchez Y, de Albert de Delás-Vigo M, Teixidor-Serra J. Insertion of SI iliosacral screw in the computed tomography room: An alternative to improve safety in the percutaneous management of posterior pelvic ring injuries. *Rev Esp Cir Orthop Traumatol.* 2024; 68 (3): 253-261. DOI: 10.1016/j.recot.2023.10.002
 34. Касымов К.Т., Тлемисов А.С., Жунусов Е.Т., Акимжанов К.Д., Пивина Л.М. Проблема дисморфизма крестца в ортопедической хирургии и травматологии: обзор литературы. *Наука и здравоохранение.* 2023; 25 (4): 224-230. DOI: 10.34689/SH.2023.25.4.027
 35. Teo AQA, Yik JH, Keat SNGJ, Murphy DP, O'Neil GK. Accuracy of sacroiliac screw placement with and without intraoperative

- navigation and clinical application of the sacral dysmorphism score. *Injury*. 2018; 49 (7): 1302-130. DOI: 10.1016/j.injury.2018.06.027
36. Gaume M, Triki MA, Glorion C, Breton C, Maladi L. Optimal ilio-sacral screw trajectory in pediatrics patients: a computed tomography study. *Acta Orthop Belg*. 2021; 87: 285-291.
37. Obey MR, Barnwell J, Roult MLC Jr, Miller AN. Is a sacral dysmorphism protective against spinopelvic dissociation? Multicenter case series. *J Orthop Trauma*. 2021; 35: 366-370. DOI: 10.1097/BOT.0000000000002009
38. Weigelt L, Laux CJ, Slankamenac K, Ngyuen TDL, Osterhof G., Werner CML. Sacral dysmorphism and its implication on the size of the sacroiliac joint surface. *Clin Spine Surg*. 2019; 32 (3): 140-144. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000749
39. Radley JM, Hill BM, Nicolaou DA, Huebner SB, Napier KB, Salazar DH. Bone density of first and second segments of normal and dysmorphic sacra. *J Orthop Traumatol*. 2020; 21 (9): 6. DOI: 10.1186/s10195-020-00545-9
40. Kassab Hassan S, Simon L, Campana M, Julien-Marsollier F, Simon AL, Ilharreborde B. S2-Alar-iliac screw fixation for pediatric neuromuscular scoliosis: Preliminary results after two years. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2022; 108 (6): 103234. DOI: 10.1016/j.otsr.2022.103234

SACRAL DYSMORPHISM IN CHILDREN AND ADOLESCENTS

E.G. Skryabin^{1,2,3}, A.Yu. Krivzov²

¹Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

²Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia

³Tyumen Rehabilitation Center, Tyumen, Russia

Abstract:

Introduction. There is no information about the symptoms of sacral dysmorphism in children and adolescents in modern scientific publications. The paradox of the situation is that this pathology is formed in utero, therefore its symptoms can be reliably established during radiological examination of the pelvic bones and/or lumbosacral spine in pediatric patients. **Aim.** To establish the frequency and nature of the symptoms of sacral dysmorphism in children and adolescents with diseases and injuries of the lower lumbar spine, pelvic bones and hip joints. **Material and methods.** The clinical material for the study was the results of computed tomography of the lower lumbar spine and pelvis, conducted on 56 children and adolescents aged 6 to 18. The mean age of patients was 12.6±3.8. Computer diagnostics was performed on a 128-slice General Electric device. When analyzing the tomograms, the sacrum was specifically studied in order to establish symptoms characteristic of sacral dysmorphism in accordance with the recommendations of M.L. Jr Routt et al. (1996). **Results.** The study achieved the set goal: the frequency of radial symptoms of sacral dysmorphism among the pediatric population was determined. The dysmorphic picture of the sacrum was established in 39.3% of clinical observations and was represented by the following symptoms: acute tilt of the wings – 25.0% of cases, mammillary (mastoid) processes of the S₁ vertebra – 35.7%, deformed openings of the S₁ vertebra – 37.5%, "tongue in the groove" of the cranial parts of the sacroiliac joints – 21.4%, "the sacrum is not recessed into the pelvis" – 19.6% of clinical observations. **Conclusion.** The presence of sacral dysmorphism symptoms is a high-risk factor for iatrogenic complications during surgical treatment of unstable posterior pelvic ring injuries using cannulated screws. These complications primarily include neurovascular disorders of large nerve trunks, arteries, and veins.

Keywords: children and adolescents, symptoms sacral dysmorphism, radiological diagnostics

Information about the authors

Skryabin Evgeny G. – DM, PhD (Researcher ID: J-1627-2018; ORCID iD: 0000-0002-4128-6127), Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Tyumen State Medical University. Address: 54 Odesskaya St., Tyumen, 625023, Russia; the doctor of the traumatological and orthopedic department of the children's hospital "Regional clinical hospital No. 2". Address: 75 Melnikaite St., Tyumen, 625039, Russia; specialist, Tyumen Rehabilitation Center. Address: 148 Republic St., Tyumen, 625023, Russia. E-mail: skryabineg@mail.ru

Krivtsov Aleksey Y. (ORCID iD: 0009-0007-2343-4791), Radiologist of the Department of Radiation Diagnostics of the State Budgetary Healthcare Institution of the Tyumen Region "Regional Clinical Hospital No. 2". Address: 75 Melnikaite St., Tyumen, 625039, Russia. E-mail: krivtsov444@gmail.com

Вклад авторов:

E.G. Skryabin: создание концепции и дизайна исследования, набор и анализ клинического материала, написание текста статьи;

A.Yu. Krivzov: поиск литературных источников, набор и анализ клинического материала.

Authors' contributions:

E.G. Skryabin: creation of the concept and design of the study, recruitment and analysis of clinical material, writing the text of the article;

A.Yu. Krivzov: search for literary sources, recruitment and analysis of clinical material.

Финансирование: Данное исследование не имело финансовой поддержки.

Financing: The study was performed without external funding.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила / Article received: 28.07.2025. Принята к публикации / Accepted for publication: 29.08.2025.

Для цитирования: Skryabin E.G., Krivzov A.Yu. Дисморфизм крестца у детей и подростков. *Академический журнал Западной Сибири*. 2025; 21 (3): 10-16. DOI: 10.32878/sibir.25-21-03(108)-10-16

For citation: Skryabin E.G., Krivzov A.Yu. Sacral dysmorphism in children and adolescents. *Academic Journal of West Siberia*. 2025; 21 (3): 10-16. (In Russ) DOI: 10.32878/sibir.25-21-03(108)-10-16