

Получена: 29 Июня 2023 / Принята: 03 Августа 2023 / Опубликовано online: 31 Августа 2023

DOI 10.34689/SH.2023.25.4.027

УДК 616-001.514. - 617-089.844

ПРОБЛЕМА ДИСМОРФИЗМА КРЕСТЦА В ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ И ТРАВМАТОЛОГИИ: ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Куаныш Т. Касымов¹, <http://orcid.org/0000-0002-7292-4304>

Айдос С. Тлемисов¹, <http://orcid.org/0000-0002-4239-6627>

Ерсин Т. Жунусов², <https://orcid.org/0000-0002-1182-5257>

Куат Д. Акимжанов¹, <https://orcid.org/0000-0002-8608-0771>

Людмила М. Пивина¹, <https://orcid.org/0000-0002-8035-4866>

¹ НАО «Медицинский университет Семей», г. Семей, Республика Казахстан;

² Международный научный центр травматологии и ортопедии, г. Алматы. Республика Казахстан.

Резюме

Введение. Анатомические различия во взаимоотношениях поясничного отдела позвоночника и крестца продолжают играть важную роль в лечении переломов таза, формировании деформаций позвоночника и болей в пояснице.

Целью настоящего исследования является анализ литературных источников по различным типам дисморфизма крестца, ассоциированным патологическим состояниям, их диагностике и хирургической коррекции.

Стратегия поиска. Проведен поиск литературных источников, опубликованных на английском языке в базе данных PubMed, Scopus, Web of Science, Embase за последние 10 лет, с использованием ключевых слов: "sacral dysmorphism", "lumbosacral transitional vertebrae", "LSTV", "transitional lumbosacral vertebrae". Всего в соответствии с критериями отбора было найдено 131 соответствующая публикация, из которых в анализ было взято 32 соответствующих научных публикации.

Результаты. Различные типы дисморфизма крестца описаны в нескольких классификациях, самой известной из которых является классификация Кастельви-Чана (1984). Авторы различных исследований установили статистически значимую связь между дисморфизмом крестца и крестцово-подвздошной дисфункцией, а также между болью в нижней части спины. Чрескожная крестцово-подвздошная фиксация винтами под рентгеноскопическим контролем является эффективным методом стабилизации таза. Однако из-за дисморфизма крестца размещение крестцовых винтов становится невозможным или сильно затрудненным.

Заключение. При предоперационном планировании фиксации заднего полукольца таза нужно учитывать необходимость выявления дисморфических характеристик, а при их наличии – выбрать наиболее безопасный костный коридор на основе анализа компьютерных томограмм и подготовить соответствующий инструментарий для оперативного вмешательства. Кроме того, необходимо провести анализ минеральной плотности костной ткани между S1 и S2 в нормальных и в дисморфических крестцах.

Ключевые слова: дисморфизм крестца, пояснично-крестцовые переходные позвонки, ПКПП, люмбализация, сакрализация, фиксация

Summary

THE PROBLEM OF SACRAL DISMORPHISM IN ORTHOPEDIC SURGERY AND TRAUMATOLOGY: LITERATURE REVIEW

Kuanysh T. Kassymov¹, <http://orcid.org/0000-0002-7292-4304>

Aidos S. Tlemisov¹, <http://orcid.org/0000-0002-4239-6627>

Ersin T. Zhunussov², <https://orcid.org/0000-0002-1182-5257>

Kuat D. Akimzhanov¹, <https://orcid.org/0000-0002-8608-0771>

Lyudmila M. Pivina¹, <https://orcid.org/0000-0002-8035-4866>

¹ Semey Medical University, Semey, Republic of Kazakhstan;

² International Scientific Center of Traumatology and Orthopedics, Almaty, Republic of Kazakhstan.

Introduction. Anatomical differences in the relationship between the lumbar spine and the sacrum continue to play an important role in the formation of spinal deformities, low back pain, and pelvic injuries.

The aim of the study is analysis of literary sources on various types of sacral dysmorphism, associated pathological conditions, their diagnosis and surgical correction

Search strategy. A search was conducted for literature sources published in English in the PubMed, Scopus, Web of Science, Embase database over the past 10 years, using the keywords: "sacral dysmorphism", "lumbosacral transitional vertebrae", "LSTV", "transitional lumbosacral vertebrae". A total of 131 relevant publications were found according to the selection criteria, of which 32 relevant scientific publications were taken into the analysis.

Results. Various types of sacral dysmorphism are described in several classifications, the most famous of which is the Castellvi-Chan classification (1984). Authors of various studies have established a statistically significant association between sacral dysmorphism and sacroiliac dysfunction, as well as between low back pains. Percutaneous sacroiliac screw fixation under fluoroscopic guidance is an effective method for stabilizing the pelvis. However, due to sacral dysmorphic disorder, the placement of sacral screws becomes impossible or very difficult.

Conclusion. When preoperatively planning surgical fixation of the posterior ring of the pelvis, it is necessary to take into account the need to identify dysmorphic characteristics, and if they are present, to select the safest bone corridor based on the analysis of computed tomograms and prepare the appropriate tools for surgical techniques. In addition, it is necessary to analyze the bone mineral density between S1 and S2 in normal and dysmorphic sacrum.

Keywords: sacral dysmorphism, lumbosacral transitional vertebrae, LSTV, transitional lumbosacral vertebrae, fixation.

Түйіндеме

ОРТОПЕДИЯЛЫҚ ХИРУРГИЯ МЕН ТРАВМАТОЛОГИЯДАҒЫ СЕГІЗКӨЗ ДИСМОРФИЗМІ МӘСЕЛЕСІ: ӘДЕБИ ШОЛУ

Куаныш Т. Касымов¹, <http://orcid.org/0000-0002-7292-4304>

Айдос С. Тлемисов¹, <http://orcid.org/0000-0002-4239-6627>

Ерсин Т. Жунусов², <https://orcid.org/0000-0002-1182-5257>

Куат Д. Акимжанов¹, <https://orcid.org/0000-0002-8608-0771>

Людмила М. Пивина¹, <https://orcid.org/0000-0002-8035-4866>

¹ «Семей Медицина университеті» КЕАҚ, Семей қ., Қазақстан Республикасы;

² Халықаралық травматология және ортопедия ғылыми орталығы, Алматы қ., Қазақстан Республикасы.

Кіріспе. Бел омыртқасының сегізкөзге қосылуының анатомиялық ерекшеліктері жамбас сынықтарын, омыртқа деформацияларын және бел ауырсынуларын емдеуде маңызды рөл атқарады.

Зерттеу мақсаты. Сакральды дисморфизмнің әртүрлі түрлері бойынша әдеби дереккөздерді талдау, олармен байланысты патологиялық жағдайлар, оларды диагностикалау және хирургиялық түзету

Іздеу стратегиясы. Соңғы 10 жылда PubMed, Scopus, Web of Science, Embase дерекқорында ағылшын тілінде жарияланған әдеби дереккөздерді "sacral dysmorphism", "lumbosacral transitional vertebrae", "LSTV", "transitional lumbosacral vertebrae" кілт сөздерін пайдалана отырып іздеу жүргізілді. Іріктеу критерийлеріне сәйкес барлығы 131 басылым табылды, оның ішінде 32-і талдауға алынды.

Нәтижелер. Сегізкөз дисморфизмнің түрлері бірнеше классификацияда сипатталған, олардың ішіндегі ең танымалы-Кастельви-Чан классификациясы (1984). Әртүрлі зерттеулердің авторлары сегізкөз дисморфизмі мен мықын-сегізкөз дисфункциясы және бел ауырсынуы арасында статистикалық маңызды байланыс бар екенін көрсетті. Рентгеноскопиялық бақылау арқылы тері арқылы илиосакральды бұрандамен бекіту жамбасты тұрақтандырудың тиімді әдісі болып табылады. Алайда, сегізкөз дисморфизмі кезінде бұрандаларды орналастыру мүмкін емес немесе өте қиын болады.

Қорытынды. Жамбастың артқы жарты сақинасын бекітуге операция алдындағы жоспарлау кезінде дисморфты сипаттамаларды анықтау қажеттілігін ескеру керек, ал егер ондай бар болса, компьютерлік томографияны талдау арқылы ең қауіпсіз сүйек дәлізін тандап, хирургиялық емге қажет құралдар жинағын дайындау керек. Сонымен қатар, қалыпты және дисморфты сегізкөзде сүйектің минералды тығыздығын S1 және S2 арасында талдау қажет.

Түйінді сөздер: сакральды дисморфизм, люмбакаральды өтпелі омыртқалар, лумбализация, сакрализация, бекіту.

Библиографическая ссылка:

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. 4(Т.25). С. 224-230. doi 10.34689/SH.2023.25.4.027

Kassymov K.T., Tlemissov A.S., Zhunussov E.T., Akimzhanov K.D., Pivina L.M. The problem of sacral dysmorphism in orthopedic surgery and traumatology: literature review // Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]. 2023, (Vol.25) 4, pp. 224-230. doi 10.34689/SH.2023.25.4.027

Касымов К.Т., Тлемисов А.С., Жунусов Е.Т., Акимжанов К.Д., Пивина Л.М. Ортопедиялық хирургия мен травматологиядағы сегізкөз дисморфизмі мәселесі: әдеби шолу // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2023. 4 (Т.25). Б.224-230. doi 10.34689/SH.2023.25.4.027

Введение. Анатомические различия во взаимоотношениях поясничного отдела позвоночника и крестца были впервые описаны в литературе почти столетие назад; до настоящего времени они продолжают играть важную роль в формировании деформаций позвоночника, более в пояснице и травм таза [5, 11].

Установление роли крестцового дисморфизма как важного фактора развития данной патологии привело к расширению показаний к фиксации задних тазовых винтов. Кроме того, улучшилось понимание важности пояснично-крестцовых переходных позвонков (ПКПП) в механике позвоночника и хирургической фиксации.

Пояснично-крестцовые переходные позвонки — это врожденная аномалия и распространенный анатомический вариант, который возникает при частичном или полном сращении последнего поясничного позвонка и первого крестцового сегмента. Люмбализация первого крестцового сегмента происходит с частичным или полным отделением S1 от остальной части крестца, образуя шестой поясничный позвонок. Сакрализация последнего поясничного позвонка происходит, когда последний поясничный позвонок инкорпорируется в крестец, в результате чего образуются четыре поясничных позвонка [19]. Сакрализация L5 (7,5%) несколько чаще встречается в общей популяции по сравнению с люмбализацией S1 (7,5 vs 5,5% соответственно) [6].

Генетические факторы могут играть определенную роль в развитии дисморфизма крестца. Было обнаружено, что наличие Нох-генов (Нох-10, Нох-11) имеет важное значение в процессе сегментации и развития тел позвонков [7]. Развитие тел позвонков и формирование дисков происходит на четвертой неделе эмбрионального развития; однако процесс, посредством которого позвонки консолидируются и сливаются во взрослую пояснично-крестцовую анатомию, наблюдается в течение четвертого десятилетия жизни [22]. На относительное количество поясничных и крестцовых сегментов влияет передача нагрузки через пояснично-крестцовую область во время развития; этот процесс связан с эволюцией хождения человека на двух конечностях [19, 1].

В многофакторном анализе многоплодная беременность, ранее существовавший диабет 1 типа и ранее существовавший диабет 2 типа были положительно и значимо связаны с дисморфизмом крестца. Ранее существовавший диабет 1 типа был самым сильным фактором риска (скорректированное отношение шансов = 96,6, 95% доверительный интервал = 43,5-214,7). Среди женщин без диабета курение в период беременности было положительно и значимо связано с данной патологией [23].

Целью настоящего исследования является анализ литературных источников по различным типам дисморфизма крестца, ассоциированным патологическим состояниям, их диагностике и хирургической коррекции.

Стратегия поиска. Проведен поиск литературных источников, опубликованных на английском языке в базе данных PubMed, Scopus, Web of Science, Embase, с использованием ключевых слов: "sacral dysmorphism", "lumbosacral transitional vertebrae", "LSTV", "transitional lumbosacral vertebrae", "fixation".

Всего в соответствии с критериями отбора было найдено 131 соответствующая публикация, из которых в анализ было взято 32 соответствующих научных публикации. Выбор данных источников был обусловлен недостаточным количеством релевантных публикаций.

Результаты и обсуждение

Классификация и распространенность дисморфизма крестца

Спектр анатомических вариаций ПКПП был описан *Castellvi A.E. и соавт.* [8] в 1984 году. Используя рентгенограммы, авторы классифицировали 7 различных моделей переходных позвонков на 4 типа в зависимости от морфологии (типы I–IV) и 2 варианта в зависимости от латеральности (для типов I–III A = односторонний и B = двусторонний):

- тип I, также известный как диспластический поперечный отросток, представляет собой крупный поперечный отросток треугольной формы с размерами не менее 19 мм в ростокаудальной ширине;

- тип II, или неполная люмбализация/сакрализация, представляет собой крупный поперечный отросток, который повторяет контур и сочленяется с крестцом, но не срастается, образуя диартроидный сустав между последним поясничным позвонком и первым крестцовым сегментом;

- тип III, или полная люмбализация/сакрализация, представляет собой крупный поперечный отросток со сращением костей с крестцом;

- тип IV характеризуется люмбаризацией / сакрализацией, которая является неполной (тип II) с одной стороны и полной (тип III) с контралатеральной стороны.

O'Driscoll C.M. и соавт. [9] разработали в 1996 году систему классификации, основанную на T1- и T2-взвешенной магнитно-резонансной томографии (МРТ) и морфологии диска между самым верхним крестцовым сегментом и остальной частью крестца:

- тип 1 означает отсутствие материала на диске;

- тип 2 имеет небольшой остаточный диск, который не простирается на весь диаметр от передней части к задней;

- тип 3 имеет хорошо сформированный диск, простирающийся на весь переднезадний (АП) диаметр крестца;

- тип 4 имеет хорошо сформированный диск, простирающийся на весь передне-задне-крестцовый диаметр крестца, и связанный с ним аномальный верхний крестцовый сегмент. Авторы обнаружили хорошую связь между типом 4 на МРТ и слитым ПКПП на рентгенограммах.

Крестцовый дисморфизм хорошо описан в литературе по ортопедическим травмам. *Miller A.N., Routt M.L.* [22] описали несколько важных результатов рентгенограмм таза при сакральном дисморфизме. Семь характеристик могут присутствовать на рентгенограммах в различной степени, включая:

- коллинеарность верхней части крестца и гребней подвздошных костей на рентгенограмме в проекции выход (outlet),

- наличие мамиллярных тел в области крестцового крыла на рентгенограмме в проекции выход (outlet),

- некруглую переднюю часть крестцовые отверстия на рентгенограмме в проекции выход (outlet),

- остаточные верхние крестцовые диски на боковой рентгенограмме,

- поверхность крестцово-подвздошного сустава в виде язычка и канавки на аксиальной компьютерной томографии (КТ),

- кортикальное углубление крыла на рентгенограмме в проекции вход (inlet),

- острый наклон крыльев на боковой рентгенограмме [7]. Более тонкие изменения можно лучше оценить при КТ таза.

Распространенность ПКПП в общей популяции значительно варьируется, в соответствии с данными различных литературных источников: от 4% до 35,6% в статьях, описывающих патологию позвоночника (2,4,8,10–16). Так, *Nardo L. и соавт.* [24] оценили рентгенограммы

4636 пациентов с патологией позвоночника и определили общую распространенность ПКПП, которая составила 18,1%, при этом типы I и II составили почти 80% всех случаев. Авторы также обнаружили значительно более высокий показатель у мужчин по сравнению с женщинами (28,1% против 11,1% соответственно). *Apazidas A. u соавт.* [3] сообщили о самой высокой частоте ПКПП в популяции лиц, имеющих патологию позвоночника - 35,6% и определили распространенность каждой из групп классификации Кастельви-Чан; при этом тип IA был наиболее распространенным - 14,7%.

Распространенность сакрального дисморфизма, описанного в публикациях по травмам, оценивается более чем в 50% [13, 31]. Так, по данным *Castellvi A.E. et al* [8] и *Luoma K. et al.* [18], этот показатель составил 30%, по данным *Wu L.P. et al* [31] – 16,7%, по данным *Nardo L. et al* [24] – 18,1%, из них 41,72 % пришлось на тип I, 41,4% - на тип II, 11,5% - на тип III, 5,2% - на тип IV. Максимальный показатель распространенности крестцового дисморфизма был установлен в исследованиях *Apazidas A. et al.* [3] – 35,6% и *Gardner M.J. et al.* [13] – 44%.

В исследовании по оценке распространенности крестцового дисморфизма и его корреляции с размером поверхности крестцово-подвздошного сустава на основе 269 компьютерных томограмм было найдено, что распространенность дисморфических признаков колебалась от 5% (колинеарность) до 70% (остаточное пространство крестцового диска). Только у 15% не было обнаружено никаких признаков сакрального дисморфизма. Средний размер поверхности крестцово-подвздошного сустава составил 7,36 см; он был значительно больше у мужчин (8,46 см), чем у женщин (6,11 см) ($P < 0,001$). Наличие морфологии «язычок в пазухе» ассоциировалось со значительно большей поверхностью крестцово-подвздошного сустава ($P < 0,001$), наличием остаточного верхнекрестцового дискового пространства со значительно меньшей суставной поверхностью ($P = 0,006$). Результаты позволили авторам сделать вывод о том, что распространенность сакрального дисморфизма чрезвычайно высока среди нормальной популяции. При планировании установки подвздошно-крестцовых винтов следует учитывать возможность меньшей суставной поверхности у пациенток женского пола и пациентов с остаточным пространством верхнего крестцового диска [28].

Клиническое значение дисморфизма крестца

ПКПП и крестцовый дисморфизм приводят к отчетливым анатомическим изменениям в пояснично-крестцовом переходе и в окружающих структурах. *Mahato N.K.* [20] обнаружил, что сочленения ПКПП на уровне L5-S1 были связаны с увеличением лордотической кривизны, высоты L5 позвонков, а также размеров ножки и углов. Кроме того, слияния L5-S1 были связаны с меньшей высотой дисков, более широкими и короткими ножками L5, более узкими и высокими поперечными отростками, и более прямыми шипами в целом. Согласно результатам другого исследования, *Mahato N.K.* [21], сакрализация уменьшает высоту ножки S1 и сагиттальный угол ножек, одновременно увеличивая наклон вниз. Люмбализация была связана с более тупыми ножками в сагиттальной плоскости и меньшей длиной между фасетками и сакральным мысом. Анатомические вариации могут влиять на инструментарий для оперативного

вмешательства на позвоночнике на этом уровне и должны быть приняты во внимание при предоперационном планировании.

Механическая боль в нижнем отделе спины является одной из наиболее распространенных проблем опорно-двигательного аппарата. Эта боль связана с крестцово-подвздошной дисфункцией, а также с ПКПП. Связь между ПКПП и болью в спине была впервые установлена в 1917 году *Mario Bertolotti* [4] и известна как синдром Бертолотти. *Tang M. u соавт.* [27] обнаружили значительную связь между ПКПП и болью в пояснице и ягодичной области. Авторы продемонстрировали отношение шансов 2,56 и 4,28 для боли в нижнем отделе спины и 5,38 и 6,82 для ягодичной боли при типах II и IV ПКПП по классификации Кастельви-Чан соответственно.

Хотя точный механизм до сих пор не ясен, многие исследователи предполагают, что боль может быть связана с дегенерацией соседних сегментов диска и фасеточных суставов из-за гипермобильности и увеличения сил на уровне, расположенном краниальнее переходного сегмента [15, 18, 25, 2]. В предыдущем исследовании *Махато N.K.* [20] продемонстрировал многочисленные способы, которыми ПКПП влияет на механику нагрузки пояснично-крестцового отдела позвоночника и способствует возникновению механической боли в нижнем отделе спины, включая гиполордоз, связанный со слиянием L5-S1, и гиперлордоз, связанный с сочленением L5-S1.

Farshad-Amacker N.A. u соавт [10] продемонстрировали защитный эффект диска в переходном сегменте и усиление дегенеративных изменений в прилегающем головном диске, особенно при типах III и IV ПКПП по Кастельви-Чану. Взаимосвязь между ПКПП и дегенерацией диска была дополнительно оценена Аном и соавторами [2], которые определили, что пациенты с ПКПП, перенесшие микродискэктомию, имеют клинически худшие результаты по сравнению с пациентами с «нормальной» пояснично-крестцовой анатомией.

Illeez O.G. u соавт. [15] оценили связь между ПКПП, дисфункцией крестцово-подвздошного сустава и болью в нижнем отделе спины у 700 пациентов. Авторы обнаружили статистически значимую связь между ПКПП и крестцово-подвздошной дисфункцией (28,5%), а также между ПКПП и болью в спине (26%). Хотя диск, прилегающий к ПКПП, может испытывать повышенную нагрузку, приводящую к дегенеративным изменениям, относительная сегментарная иннервация не изменяется у пациентов с крестцовой люмбализацией по сравнению с пациентами с телами 5 поясничных позвонков, согласно данным электромиографии [12].

Хирургические аспекты, связанные с дисморфизмом крестца

ПКПП имеет значение при предоперационном планировании хирургической коррекции в случаях деформации позвоночника. Крестцово-подвздошная винтовая фиксация является широко распространенным методом стабилизации травм заднего отдела тазового кольца. Из-за дисморфизма крестца размещение сакральных винтов становится невозможным или сильно затрудненным.

Чрескожная фиксация заднего полукольца таза после закрытой или открытой репозиции является популярной процедурой. Знание анатомии заднего полукольца таза, ее разновидностей имеет решающее значение для

безопасного выполнения операции. Дисторфический крестец имеет несколько ключевых характеристик. Верхний край крестца находится на одной линии (коллинеарность) относительно с гребнями подвздошных костей на рентгенографии в проекции «выход». Другие характеристики включают наличие мамиллярных тел (т.е. недоразвитых поперечных отростков) в крестцово-среднекрыловой области, передних верхних крестцовых отверстий, которые не имеют круглой формы, остаточных верхних крестцовых дисков, острого наклона крыла, ориентированного от краниально-заднецентрального к каудальному направлению, передне-боковая поверхность крестца на боковом проекции и проекции «выход», поверхность крестцово-подвздошного сустава в виде шпунта в пазухе, визуализируемая на КТ, и корковое углубление передней крыла на входном рентгенологическом снимке. Хирург должен хорошо знать анатомию конкретного пациента, чтобы обеспечить безопасное размещение подвздошно-крестцовых винтов [22].

Операция по коррекции позвоночника зависит от точных измерений позвоночно-тазовых и глобальных параметров позвоночника. Ряд этих параметров зависит от точной идентификации крестцовой замыкательной пластинки и может зависеть от относительной высоты и перемещения крестцовой замыкательной пластинки. У пациентов с ПКПП идентификация замыкательной пластинки крестца вокруг переходного сегмента может быть не совсем четкой.

Zhou P.L. и соавт. [32] измерили эти параметры позвоночника у пациентов с III и IV типами ПКПП по Кастельви-Чан, используя как крантальный, так и каудальный сегменты в качестве замыкательной пластинки крестца. Авторы обнаружили, что наклон таза различался на $\sim 20^\circ$ между краниальным и каудальным расположением. Большинство измеренных параметров, включая наклон таза, поясничный лордоз, несоответствие этих двух показателей, наклон крестца, сагиттальную вертикальную ось и угол T1-таза, продемонстрировали значительные различия между краниальными и каудальными измерениями. На грудной кифоз и наклон позвоночника (T1SPi) не влияли краниальное и каудальное расположение замыкательной пластинки крестца.

Значительные различия в измерениях могут отрицательно сказаться на предоперационном планировании хирургического вмешательства при деформациях позвоночника. Более того, *Khalsa A.S. и соавт.* [16] обнаружили значительные различия между хирургами в оценке параметров позвоночника и таза у пациентов с ПКПП. Хотя еще не существует стандартизированных мер для пациентов с ПКПП, изменения, вызванные деформацией, должны быть приняты во внимание и играть важную роль в предоперационном планировании.

Травмы тазового кольца могут вызвать разрыв крестцово-подвздошного сустава или перелом крестца, при этом лечение обычно включает методы чрескожной репозиции и фиксации. Лечащий хирург должен понимать безопасные зоны для установки винтов в нормальной анатомии, чтобы избежать риска ятрогенного повреждения нервов, проходящих через сакральные нервные туннели. Нормальная анатомия демонстрирует двусторонние эллипсоидные костные области, ограниченные краниально-спереди крестцовой крыловой кортикальной

костью и каудально-сзади первым крестцовым нервным туннелем. Наиболее ограниченная область находится между крестцовым крылом и первым крестцовым нервным туннелем. На боковой рентгенограмме траектория винта каудально и сзади относительно крыла крестца должна быть обязательно учтена, чтобы избежать повреждения нервного корешка L5 [22].

Дисторфический крестец имеет искаженный, деформированный и эллипсоидный верхний крестцовый сегмент, что ограничивает область, доступную для установки винтов. Косая дисторфическая остеология крыльев делает невозможным трансподвздошную трансакральную винтовую фиксацию в S1. Предпочтительная безопасная зона для крестцово-подвздошного винта в S1 — наклонная от каудальной к краниальной и от задней к передней части, при этом не существует безопасного коридора для горизонтального размещения винтов в аксиальной плоскости. Предоперационная оценка КТ таза важна для планирования соответствующих крестцовых сегментов и траекторий для безопасного чрескожного введения инструментов. Кроме того, интраоперационная КТ-навигация может быть полезна для предотвращения потенциальных осложнений у пациентов с крестцовым дисторфизмом, требующих спондилодеза КПС или фиксации заднего полукольца таза [17].

В клиническое исследование по чрескожной фиксации заднего полукольца таза, проведенное в США, было включено двести девяносто пациентов с травмами тазового кольца, прошедших предоперационную компьютерную томографию. Ширина коридора S1-TS измерялась на аксиальных (проекция вход) и коронарных (проекция выход) переформатированных КТ-изображениях. Были выявлены пациенты с винтовой фиксацией S1-TS и послеоперационными КТ. Были задокументированы размер коридора, пол, этническая принадлежность и нарушение винтов. Винты S1-TS были установлены 55 из 290 пациентов. В коридорах менее 8 мм винты S1-TS не устанавливались. Коридоры размером менее 8 мм присутствовали у 114 (39%) из 290 пациентов и не были связаны с полом или этнической принадлежностью. Винты S1-TS, установленные в маленьких (<10 мм) и больших (≥ 10 мм) коридорах, не имели заметной разницы в нарушениях винтов (5 из 8, 62% против 19 из 47, 40%; разница 22%, 95% доверительный интервал от -14% до 52%) или медиана (интерквартильный диапазон) расстояния прорыва винта [3 мм (2,5-4,8) против 3 мм (1,2-4,8); разница 0,9 мм; доверительный интервал от -1,6 до 2,2]. Изменение направления винтов были обычным явлением, независимо от размера коридора TS, что подчеркивает небольшую степень ошибки, допускаемую этой процедурой [30].

В рекомендациях Общества ортопедических исследований, опубликованных в 2019 году и основанных на оценке 594 мультисрезовых компьютерных томограмм на предмет сакрального дисторфизма, были указаны следующие положения:

- распространенность трансакральных костных коридоров диаметром $<7,5$ мм на аксиальных КТ-изображениях коррелирует с качественными и количественными критериями сакрального дисторфизма;
- увеличение диаметра костного коридора за счет проникновения в заднюю подвздошно-крестцовую выемку

увеличивает безопасные диаметры коридора у женщин на 26% по сравнению с 15% мужчин на уровне S1-позвонка и на 50% против 48% соответственно на уровне S2-позвонка;

- половые различия для обоих коридоров (костного и входного-наружного) были обнаружены только для диаметров костных коридоров на уровне S1 позвонка, которые были меньше у женщин (женщины по сравнению с мужчинами: $13,3 \pm 3,6$ мм против $15,5 \pm 3,8$ мм, $p = 0,04$); дисморфизм крестцов можно надежно обнаружить на стандартных аксиальных срезах КТ;

- модифицированные коридоры «вход-выход-вход» на уровне S1-позвонка позволяют устанавливать винты всем пациентам, но по-прежнему требуют дополнительных усилий по сравнению с недисморфичным крестцом из-за наклонной оси коридора;

- определены рекомендации по интраоперационной ориентации при косой установке винтов;

- ПКПП (типы Castelli IIIb и IV) были обнаружены в 3 из 55 таза, и поэтому эти пояснично-крестцовые вариации не являются анатомической основой крестцового дисморфизма [29].

Известно, что чрескожная крестцово-подвздошная фиксация винтами под рентгеноскопическим контролем является эффективным методом стабилизации заднего тазового кольца. Однако сакральный дисморфизм имеет высокий риск повреждения нерва L5. В исследовании *Goetzen M. с соавт.* [14] на основе анализа компьютерных томограмм 1000 пациентов были получены входные, выходные и боковые проекции крестца с использованием инструмента двумерной реконструкции для воспроизводимого выравнивания крестца. Морфология коридора на входе была измерена для расчета различных морфологических типов: восходящего типа, горизонтального типа и нисходящего типа. На втором этапе коридор был проанализирован на наличие переднего углубления крестца между суставом S1 и среднесагиттальной плоскостью с близостью к нервному корешку L5, который, следовательно, может быть поврежден при смещении винта. В большинстве случаев был обнаружен провал с относительными частотами в диапазоне от 69 % (верхний квартиль S1) до 95 % (верхний квартиль S2). Нисходящий тип коридора был, безусловно, наиболее частым типом коридора. Горизонтальные типы встречались реже с относительной частотой от 2 до 14% [14].

Фиксация подвздошно-крестцовыми винтами может оказаться непрочной у пациентов с остеопенией. Морфология крестца определяет, где можно устанавливать подвздошно-крестцовые винты при стабилизации поврежденных тазового кольца. При дисморфическом крестце безопасный костный коридор верхнего крестцового сегмента (S1) меньше и не имеет трансакрального коридора, что увеличивает необходимость фиксации во втором крестцовом сегменте (S2). Многочисленные данные свидетельствуют о том, что S2 менее плотный, чем S1. Оценка минеральной плотности костной ткани подвздошно-крестцовых костных путей S1 и S2 путем морфологического расслоения на нормальные и дисморфические крестцы показала, что пять рентгенографических признаков (верхний крестцовый сегмент, не утопленный в таз, мамиллярные тела, острый наклон крыльев, остаточный диск S1 и деформированное крестцовое

отверстие) наиболее эффективно используются для выявления дисморфических характеристик, при этом крестцы с четырьмя или пятью признаками классифицируются как дисморфические. Найдена статистическая разница в минеральной плотности костной ткани между S1 и S2 в нормальных и в дисморфических крестцах ($p < 0,0001$), при этом плотность в S2 на 28,4% ниже, чем в S1. Кроме того, S1 в дисморфических крестцах имеет тенденцию быть на 4% менее плотным, чем S1 в нормальных крестцах ($p = 0,047$). Данные результаты показывают, что, основываясь только на минеральной плотности костной ткани, фиксация должна быть максимальной в S1, прежде чем фиксироваться в S2. В случаях, когда требуется фиксация S2, рекомендуется рассмотреть вопрос о трансакральной фиксации, если это возможно, чтобы обойти тело S2 и добиться фиксации в кортикальной кости подвздошной кости и крестца [26].

Заключение. Дисморфизм крестца является врожденной аномалией крестцового отдела позвоночника, в развитии которой важную роль играют такие факторы риска, как генетические аномалии Нох-генов, сахарный диабет как I, так и II типа у матери, воздействие ксенобиотиков, ионизирующей радиации на организм беременной женщины, а также фактор курения матери. Различные типы дисморфизма крестца описаны в нескольких классификациях, самой известной из которых является классификация Кастельви-Чана (1984). Авторы различных исследований установили статистически значимую связь между дисморфизмом крестца и крестцово-подвздошной дисфункцией, а также между болью в нижней части спины. При предоперационном планировании фиксации заднего полукольца таза нужно учитывать необходимость выявления дисморфических характеристик, а при их наличии – выбрать наиболее безопасный костный коридор на основе анализа компьютерных томограмм. Кроме того, необходимо провести анализ минеральной плотности костной ткани между S1 и S2 в нормальных и в дисморфических крестцах. Чрескожная крестцово-подвздошная фиксация винтами под рентгеноскопическим контролем является эффективным методом стабилизации таза. Однако, из-за дисморфизма крестца размещение крестцовых винтов становится невозможным или сильно затрудненным.

Конфликт интересов – отсутствует.

Вклад авторов в исследование - поскольку статья является обзорной, поиск материалов выполнялся всеми авторами по отдельным алгоритмам, а решение о не включении отдельных материалов принималось коллегиально.

Финансирование. Работа не получала финансирования. Авторы заверяют редакцию в том, что материалы, представляемые в данной статье, не были опубликованы и не подавались в редакции других печатных изданий.

Литература:

1. *Abitbol M.M.* Evolution of the sacrum in hominoids // *Am J Phys Anthropol.* 1987. Vol.74(1). P. 65–81.
2. *Ahn S.S., Chin D.K. et al.* The clinical significance of lumbosacral transitional vertebrae on the surgical outcomes of lumbar discectomy: a retrospective cohort study of young adults // *World Neurosurg.* 2017. Vol.99. P.745–750.

3. *Apazidis A., Ricart P.A., Diefenbach C.M., Spivak J.M.* The prevalence of transitional vertebrae in the lumbar spine // *Spine J.* 2011. Vol.11(9). P.858–862.
4. *Bertolotti M.* Contributo alla conoscenza dei vizi di differenziazione regionale del rachide con speciale riguardo all'assimilazione sacrale della v. lombare [Contribution to the knowledge of the vices of regional differentiation of the spine with special regard to the sacral assimilation of the lumbar] // *Radiol Med.* 2017. Vol.4. P.113–144.
5. *Brailsford J.F.* Deformities of the lumbosacral region of the spine // *Br J Surg.* 1929. Vol.16(64). P.562–627.
6. *Bron J.L., van Royen B.J., Wuisman P.I.* The clinical significance of lumbosacral transitional anomalies // *Acta Orthop Belg.* 2007. Vol.73(6). P.687–695.
7. *Carapuco M.N., Lovoa A., Bobola N., Mallo M.* Hox genes' specify vertebral types in the presomitic mesoderm // *Genes Dev.* 2005. Vol.19(18). P. 2116–2121.
8. *Castelli A.E., Goldstein L.A., Chan D.P.* Lumbosacral transitional vertebrae and their relationship with lumbar extradural defects // *Spine.* 1984. Vol.9(5). P. 493–495.
9. *O'Driscoll C.M., Irwin A., Saifuddin A.* Variations in morphology of the lumbosacral junction on sagittal MRI: correlation with plain radiography // *Skeletal Radiol.* 1996. Vol.25(3). P.225–230.
10. *Farshad-Amacker N.A., Herzog R.J. et al.* Associations between lumbosacral transitional anatomy types and degeneration at the transitional and adjacent segments // *Spine J.* 2015. Vol.15(6). P. 1210–1216.
11. *Hasner E., Jacobsen H.H., Schalimtzek M., Snorrason E.* Lumbosacral transitional vertebrae: a clinical and roentgenologic study of 400 cases of low back pain // *Acta Radiol.* 1953. Vol.39(3). P.225–230.
12. *Hinterdorfer P., Parsaei B., Stieglbauer K., Sonnberger M., Fischer J., Wurm G.* Segmental innervation in lumbosacral transitional vertebrae (LSTV): a comparative clinical and intraoperative EMG study // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2010. Vol.81(7). P. 734–741.
13. *Gardner M.J., Morshed S., Nork S.E., Ricci W.M., Chip Routt M.L.* Quantification of the upper and second sacral segment safe zones in normal and dysmorphic sacra // *J Orthop Trauma.* 2010. Vol.24(10). P. 622–629.
14. *Goetzen M., Ortner K., Lindtner R.A., Schmid R., Blauth M., Krappinger D.* A simple approach for the preoperative assessment of sacral morphology for percutaneous SI screw fixation // *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016. Vol.136(9). P.1251–1257.
15. *Illeez O.G., Atici A. et al.* The transitional vertebra and sacroiliac joint dysfunction association // *Eur Spine J.* 2018. Vol.27(1). P.187–193.
16. *Khalsa A.S., Mundis G.M. Jr., Yagi M.* Variability in assessing spinopelvic parameters with lumbosacral transitional vertebrae: inter- and intraobserver reliability among spine surgeons // *Spine.* 2018. Vol.43(12). P.813–816.
17. *Khan J.M., Lara D.L. et al.* Intraoperative CT and surgical navigation for iliosacral screws: technique for patients with sacral dysmorphism // *J Orthop Trauma.* 2018. Vol.32 Suppl 1:S24–S25.
18. *Luoma K., Vehmas T., Raininko R., Luukkonen R., Riihimäki H.* Lumbosacral transitional vertebra: relation to disc degeneration and low back pain // *Spine.* 2004. Vol.29(2). P.200–205.
19. *Mahato N.K.* Morphological traits in sacra associated with complete and partial lumbarization of first sacral segment // *Spine J.* 2010. Vol.10(10). P. 910–915
20. *Mahato N.K.* Disc spaces, vertebral dimensions, and angle values at the lumbar region: a radioanatomical perspective in spines with L5-S1 transitions. Clinical article // *J Neurosurg Spine.* 2011. Vol.15(4). P.371–379.
21. *Mahato N.K.* Pedicular anatomy of the first sacral segment in transitional variations of the lumbo-sacral junction // *Spine.* 2011. Vol.36(18). E1187–E1192.
22. *Miller A.N., Routt M.L.* Variations in sacral morphology and implications for iliosacral screw fixation // *J Am Acad Orthop Surg.* 2012. Vol.20(1). P. 8–16.
23. *Nalbandyan M., Howley M.M., Cunniff C.M., Romitti P.A., Browne M.L.* National Birth Defects Prevention Study. Descriptive and risk factor analysis of nonsyndromic sacral agenesis: National Birth Defects Prevention Study, 1997–2011 // *Am J Med Genet A.* 2019. Vol.179(9). P.1799–1814.
24. *Nardo L., Alizai H., Virayavanich W.* Lumbosacral transitional vertebrae: association with low back pain // *Radiology.* 2012. Vol.265(2). P. 497–503.
25. *Quinlan J.F., Duke D., Eustace S.* Bertolotti's syndrome. A cause of back pain in young people // *J Bone Joint Surg Br.* 2006. Vol.88(9). P.1183–1186.
26. *Radley J.M., Hill B.W., Nicolaou D.A., Huebner S.B., Napier K.B., Salazar D.H.* Bone density of first and second segments of normal and dysmorphic sacra // *J Orthop Traumatol.* 2020. Vol.21(1). P. 6.
27. *Tang M., Yang X.F., Yang S.W.* Lumbosacral transitional vertebra in a population-based study of 5860 individuals: prevalence and relationship to low back pain // *Eur J Radiol.* 2014. Vol.83(9). P. 1679–1682.
28. *Weigelt L., Laux C.J., Slankamenac K., Ngyuen T.D.L., Osterhoff G., Werner C.M.L.* Sacral Dysmorphism and its Implication on the Size of the Sacroiliac Joint Surface // *Clin Spine Surg.* 2019. Vol.32(3). E140–E144.
29. *Wendt H., Gottschling H., Schröder M. et al.* Recommendations for iliosacral screw placement in dysmorphic sacrum based on modified in-out-in corridors // *J Orthop Res.* 2019. Vol.37(3). P. 689–696.
30. *Woods D., Koerner J., Strage K., Chu X., et al.* Defining Sacral Dysmorphism: What Size Corridor Precludes Transsacral Screw Placement // *J Orthop Trauma.* 2022. Vol.36(10). P. 498–502.
31. *Wu L.P., Li Y.K., Li Y.M., Zhang Y.Q., Zhong S.Z.* Variable morphology of the sacrum in a Chinese population // *Clin Anat.* 2009. Vol.22(5). P. 619–626.
32. *Zhou P.L. et al.* Interpretation of spinal radiographic parameters in patients with transitional lumbosacral vertebrae // *Spine Deform.* 2018. Vol.6(5). P. 587–592.

Корреспондирующий автор:

Пивина Людмила Михайловна - к.м.н, профессор кафедры неотложной медицины, НАО «Медицинский университет Семей», г. Семей, Республика Казахстан.

Почтовый адрес: Республика Казахстан, 071400, г. Семей, ул. Абая 103.

E-mail: semskluda@rambler.ru

Телефон: +7 705 522 7300