

ЛЕКЦИЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2024

АНАТОМИЧЕСКИЙ АКЦЕНТ НА ЗНАЧИМОСТЬ КРЕСТЦОВО-КОПЧИКОВОЙ ОБЛАСТИ В НЕВРОЛОГИИ

М.В. Санькова¹, В.Н. Николенко^{1,2}, М.В. Оганесян^{1,2}, А.В. Саньков¹¹Первый МГМУ имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Резюме

Цель: проанализировать морфофункциональные особенности структур крестцово-копчиковой области, их синтопии к соседним анатомическим образованиям и внутренним органам, а также связанные с ними патологические процессы и аномалии их развития для совершенствования поиска причин сакралгии и кокцигодии.

Материал и методы: использовались данные электронных ресурсов e-Library.ru, КиберЛенинка, Cochrane Library, Академия Google, Global Health, Medline, Elsevier, Scopus, Web of Science и PubMed.

Результаты. Крестцово-копчиковая область является местом концентрации многочисленных нервных ветвей и сплетений, иннервирующих органы малого таза и нижние конечности. Даже небольшое изменение формы и функции любого из составляющих крестцово-копчиковой области нарушает их правильную синтопию и приводит к запуску патогенетических механизмов, ведущим проявлением которых является боль. Основу большей части случаев болевого синдрома составляет скелетно-мышечная неспецифическая боль, при которой в качестве анатомических источников болевой импульсации определяются фасеточные суставы, крестцово-подвздошные сочленения, мышцы позвоночника, грушевидная мышца и связки. Серьезным фактором риска несостоятельности связок опорно-двигательного аппарата, возникновения нестабильности соединительной и хронизации болевого синдрома в трудоспособном возрасте является синдром дисплазии соединительной ткани. Существенно реже выявляется боль, вызванная сдавлением спинномозговых корешков грыжей межпозвоночного диска или спондилолистезом. Реже всего встречается боль в крестцово-копчиковой области, обусловленная специфическими причинами, к которым относятся аномалии развития, травмы, заболевания внутренних органов, новообразования, инфекционные и аутоиммунные процессы.

Ключевые слова: крестцово-копчиковая область, сакралгия, кокцигодия, скелетно-мышечная боль, радикулопатия, аномалии развития, травмы, опухоли крестца, дисплазия соединительной ткани

Для цитирования: Санькова М.В., Николенко В.Н., Оганесян М.В., Саньков А.В. Анатомический акцент на значимость крестцово-копчиковой области в неврологии. *Российский неврологический журнал*. 2024;29(1):67–76. DOI 10.30629/2658-7947-2024-29-1-67-76

Для корреспонденции: Санькова М.В., e-mail: sankov@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Информация об авторах

Санькова М.В., <https://orcid.org/0000-0003-3164-9737>; e-mail: sankov@yandex.ru

Николенко В.Н., <https://orcid.org/0000-0001-9532-9957>; e-mail: vn.nikolenko@yandex.ru

Оганесян М.В., <https://orcid.org/0000-0001-6432-5179>; e-mail: marine-oganesyan@mail.ru

Саньков А.В., <https://orcid.org/0000-0003-0658-0520>; e-mail: A.V.Sankov@yandex.ru

ANATOMICAL FOCUS ON THE SACROCOCCYGEAL REGION IMPORTANCE IN NEUROLOGY

M.V. Sankova¹, V.N. Nikolenko^{1,2}, M.V. Oganesyanyan^{1,2}, A.V. Sankov¹¹I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia**Abstract**

Objective: to study morphofunctional features of the sacrococcygeal region structures, their syntopy to neighboring anatomical formations and internal organs, as well as associated pathological processes and anomalies of their development to improve the search for the sacralgia and coccygodynia causes.

Material and methods: data from electronic resources e-Library.ru, CyberLeninck, Cochrane Library, Google Academy, Global Health, Medline, Elsevier, Scopus, Web of Science and PubMed were used.

Results. The sacrococcygeal region is a place of concentration of numerous nerve branches and plexuses innervating not only the pelvic organs but also the lower extremities. Even a small change in the form and function of any sacrococcygeal region components violates their correct syntopy and leads to the pathogenetic mechanisms, the leading manifestation of which is pain. The basis of the most pain syndrome cases is skeletal-muscular or nonspecific pain, in which the facet joints, sacroiliac joints, spinal muscles, piriformis muscle and ligaments are identified as anatomical

pain impulsation sources. Connective tissue dysplasia syndrome is a serious risk factor for musculoskeletal ligament failure, joint instability, and pain syndrome chronification at working age. Neuropathic pain caused by compression of the spinal root or “cauda equina” by disc herniation or spondylolisthesis is much less common. The least common pain in the sacroiliac region is caused by specific causes, including developmental abnormalities, injuries, internal organ diseases, tumors, infectious and autoimmune processes.

Key words: sacrococcygeal region, unpaired ganglion, sacralgia, coccygodynia, musculoskeletal pain, radiculopathy, spondylolisthesis, developmental anomalies, injury, sacral tumors, connective tissue dysplasia

For citation: Sankova M.V., Nikolenko V.N., Oganessian M.V., Sankov A.V. Anatomical focus on the sacrococcygeal region importance in neurology. *Russian Neurological Journal (Rossijskij Nevrologicheskij Zhurnal)*. 2024;29(1):67–76. (In Russian). DOI 10.30629/2658-7947-2024-29-1-67-76

For correspondence: Sankova M.V., e-mail: cankov@yandex.ru

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

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Information about authors

Sankova M.V., <https://orcid.org/0000-0003-3164-9737>; e-mail: cankov@yandex.ru

Nikolenko V.N., <https://orcid.org/0000-0001-9532-9957>; e-mail: vn.nikolenko@yandex.ru

Oganessian M.V., <https://orcid.org/0000-0001-6432-5179>; e-mail: marine-oganesyan@mail.ru

Sankov A.V., <https://orcid.org/0000-0003-0658-0520>; e-mail: A.V.Sankov@yandex.ru

Received 08.08.2023

Accepted 05.02.2024

Сокращения: ККО — крестцово-копчиковая область.

Введение. Боль в крестцово-копчиковой области (ККО) относится к распространенным жалобам, имеющим место в практике невролога. Сакралгия и кокцигодия занимают значимое место среди причин временной нетрудоспособности [1–3]. Постановка правильного диагноза и выбор тактики ведения таких пациентов нередко требует взаимодействия невролога с другими специалистами, включая гинеколога, онколога, хирурга, проктолога, ревматолога, уролога и терапевта [4]. Знание морфофункциональных особенностей структур ККО и их синтопии к соседним анатомическим образованиям и внутренним органам необходимо для понимания генеза возникающих здесь патологических процессов. Основу ККО составляет крестец, представляющий собой единую клиновидной формы кость, образованную пятью сросшимися в молодом возрасте крестцовыми позвонками. Эта неподвижная часть позвоночника считается уникальной составной частью аксиального скелета, в функции которого, помимо создания поддержки, устойчивого равновесия и высокой стабильности всего опорно-двигательного аппарата, входит перераспределение нагрузки с подвижных элементов позвоночника на неподвижные кости тазового пояса и нижние конечности. Вместе с копчиком крестец образует нижнюю кифотическую кривизну позвоночника, которая является одним из его физиологических изгибов, формирующихся в связи с вертикальным положением тела человека и обеспечивающих позвоночнику дополнительную упругость и демпфирование ударных нагрузок при движениях. Любые изменения морфологии крестца и его соединений приводят к деформациям позвоночного столба и перекоосу таза [5–7]. Обилие в ККО соматических и автономных нервных

волокон, ганглиев и сплетений, их непосредственная близость к костным структурам, суставам и внутренним органам обуславливает высокую распространенность болевого синдрома при появлении здесь даже небольших патологических процессов травматического, дегенеративного, воспалительного или онкологического генеза [8–10].

Анатомические особенности крестцово-копчиковой области как фактор риска возникновения болевого синдрома. ККО является ключевым местом конвергенции замыкающих частей осевого скелета, центральной нервной системы и висцерального аппарата. Являясь продолжением поясничного отдела позвоночника, крестец и копчик представляют собой заключительное звено остова тела. Вместе с тазовыми костями они образуют вместилище для ряда жизненно важных органов. Крестцовый канал содержит каудальный сегмент спинного мозга — терминальную нить, способствующую его фиксации; и, наконец, находясь в ККО значительное по размеру крестцовое сплетение регулирует работу тазовых органов и участвует в иннервации нижних конечностей. Уникальные анатомические особенности ККО и ее многофункциональная значимость во многом определяют клинические проявления возникающих здесь патологических процессов.

Крестец представляет собой единую массивную кость, которая обеспечивает устойчивость и стабильность всего опорно-двигательного аппарата и перераспределяет тяжесть головы, туловища и верхних конечностей на кости тазового пояса и нижних конечностей. Так как максимальные нагрузки приходятся на тела верхних крестцовых позвонков, именно они имеют наибольший передне-задний размер, который постепенно уменьшается в каудальном направлении. Существенную роль в предотвращении излишней подвижности, защите от повреждений и снижении нагрузки на мышцы играет связочный

аппарат этой области. Это прежде всего передняя продольная связка, простирающаяся по передней поверхности тел позвонков до тазовой поверхности крестца, и задняя продольная связка, располагающаяся вдоль задних поверхностей позвонков и заканчивающаяся около верхнего края крестцового канала. Дуги позвонков, остистые и поперечные отростки прилежащего поясничного позвонка соединены с крестцом и между собой с помощью комплекса коротких связок, к которым относятся желтые, межостистые и межпоперечные связки соответственно. Надостистая связка покрывает остистые отростки всех позвонков и прикрепляется к срединному крестцовому гребню. Особую значимость в фиксации крестцово-подвздошного сустава имеют внутрикостные крестцово-подвздошные связки. Стабилизации всего тазового кольца способствуют крестцово-остистая, крестцово-бугорная, передняя и задняя (короткая и длинная) крестцово-подвздошные связки. Крестцово-копчиковый сустав укреплен парными латеральными, передней и задней (поверхностной и глубокой) крестцово-копчиковыми связками. Любые изменения морфологии крестца и его соединений могут приводить к деформациям позвоночного столба, перекосу таза и возникновению выраженного болевого синдрома [6, 7].

По всему длиннику крестца проходит сужающийся книзу крестцовый канал, который является продолжением позвоночного канала и открывается крестцовой щелью. Так как в процессе онтогенеза спинной мозг отстает от роста позвоночного столба, он перемещается в позвоночном канале вверх и заканчивается мозговым конусом на уровне I–II поясничного позвонка [6, 11, 12]. В крестцовом канале спинной мозг продолжается в виде тонкой терминальной нити, которая внизу прикрепляется к телу II копчикового позвонка, срастаясь с его надкостницей. Это место предложено назвать «терминальным мысом центральной нервной системы» [13]. Верхний отдел терминальной нити, внутренняя ее часть, представляет собой рудимент каудального конца спинного мозга, который еще содержит нервную ткань. Он окружен передними и задними корешками поясничных и крестцовых нервов (сегментов LIII–SV и CI–II), которые тянутся в направлении соответствующих межпозвоночных отверстий, формируя «конский хвост», и находятся в слепо заканчивающемся мешке, образованном твердой мозговой оболочкой спинного мозга и оканчивающимся на уровне II–III крестцовых позвонков [6, 11]. В зависимости от периметра этого фиброзного мешка существуют разные варианты его окончания в виде заостренного или тупого конуса, что имеет важное значение при различных оперативных и диагностических манипуляциях на пояснично-крестцовом отделе позвоночного столба. Субарахноидальное пространство в этой области образует конечную поясничную цистерну, в которой сосредоточено максимальное количество цереброспинальной жидкости, в связи с чем оно представляет наибольший интерес в аспекте проведения спинальной анестезии [12].

Согласно последним исследованиям, длина внутренней части терминальной нити у взрослого человека в среднем составляет $156,7 \pm 2,9$ мм. Максимальная ее толщина ($0,65 \pm 0,02$ мм) приходится на ее начало, к середине она истончается на 20%, а к своему выходу из мешка — на 28%. Ниже уровня II–III крестцового позвонка она продолжается в наружную часть, представляющую собой соединительнотканное образование, сформированное из всех трех оболочек спинного мозга. Здесь она становится еще тоньше и составляет 40% от первоначальной толщины. Длина наружной части терминальной нити варьирует от 32,0 до 91,8 мм, составляя в среднем $64,4 \pm 1,8$ мм [13].

На уровне межпозвоночных отверстий крестца передние и задние крестцовые корешки сливаются и образуют крестцовые спинномозговые нервы. Эти нервы, в свою очередь, делятся на передние и задние ветви, которые выходят из крестцового канала на тазовую и дорсальную поверхности крестца через соответствующие отверстия. Ветви пятого крестцового спинномозгового нерва выходят из крестцового канала через крестцовую щель. Задние ветви крестцовых спинномозговых нервов дают начало внутренним веточкам, иннервирующим глубокие мышцы спины и кожу в области крестца, и наружным веточкам, направляющимся книзу и иннервирующим кожу средних отделов ягодичной области. Передние ветви крестцовых SI–SIV спинномозговых нервов, выйдя на тазовую поверхность крестцовой кости, совместно с передними ветвями LIV–LV поясничных нервов образуют самое значительное по размеру крестцовое сплетение. В состав крестцового сплетения входят преганглионарные, парасимпатические волокна, которые иннервируют мочевой пузырь, внутренние половые органы, сигмовидную и прямую кишку. Конечные нервы этого сплетения, объединяясь, формируют ствол седалищного нерва, который покидает тазовую полость и иннервирует мышцы нижней конечности. Небольших размеров копчиковое сплетение составляется передними ветвями пятого крестцового и копчиковых нервов и дает начало тонким веточкам, которые направляются к коже верхушки копчика [5–7, 11].

Тазовый отдел симпатических стволов представлен четырьмя узлами, которые находятся на внутренней поверхности крестца медиальнее крестцовых отверстий и связаны между собой как продольными, так и поперечными стволками. От них отходит ряд ветвей, формирующих верхнее и нижнее подчревные автономные сплетения, которые участвуют в иннервации мочевого пузыря, внутренних половых органов и прямой кишки, и ряд соединительных ветвей, которые, присоединяясь к спинномозговым нервам, иннервируют нижнюю конечность [11]. Особое значение имеет непарный ганглий, названный в честь немецкого анатома Вальтера Августа и представляющий собой самую нижнюю симпатическую ганглионарную структуру, образованную слиянием тазовых частей симпатических стволов на уровне крестцово-копчикового сочленения. Он относится

к значимым коллекторам-распределителям висцеральной информации, воздействие на которые корректирует автономный тонус обширных регионов. Так, зона иннервации непарного ганглия включает в себя области промежности, дистальной части прямой кишки, ануса, дистальной части уретры и влагалища. В этом нервном узле происходит и обратная конвергенция сенсорной информации от этих органов, поэтому он является оптимальной мишенью для лечебной блокады или невролиза при локализации патологического процесса в тазовой и перинеальной области [14–16].

ККО является местом концентрации многочисленных нервных ветвей и сплетений, иннервирующих не только органы малого таза, но и нижние конечности, что играет важную роль в клинической практике и может быть предрасполагающим звеном в развитии ряда синдромов и заболеваний, ведущим проявлением которых является боль. В зависимости от того, какие структуры ККО вовлекаются в патологический процесс, различают скелетно-мышечную, или неспецифическую, боль, составляющую около 75–90% всех случаев, при которой в качестве наиболее частых анатомических источников болевой импульсации определяются фасеточные суставы, крестцово-подвздошные сочленения, мышцы позвоночника, грушевидная мышца и связки ККО; невропатическую боль, выявляемую приблизительно у 4–15% пациентов, при которой обнаруживается сдавление спинномозгового корешка (радикулопатия) или «конского хвоста» грыжей межпозвоночного диска или смещением поясничного позвонка; и, наконец, специфическую боль, имеющую место в 2–5% случаях, при которой боль в ККО связана с определенными причинами, а именно с аномалиями развития, травмами, заболеваниями внутренних органов, дисплазией соединительной ткани, новообразованиями, инфекционными и аутоиммунными процессами. Особое место занимают боли психогенного характера, их диагностика возможна лишь на основании исключения иных причин формирования болевого синдрома [3, 17]. Рассмотрим анатомические и клинические особенности наиболее частых источников болевой импульсации.

Синдром фасеточных суставов и дисфункция крестцово-подвздошных сочленений. Одной из наиболее частых причин неспецифической боли в ККО являются фасеточные (апофизеальные, или дугоотростчатые) суставы, которые образованы верхними суставными отростками первого крестцового позвонка, расположенными на заднем отделе основания крестца, и нижними суставными отростками пятого поясничного позвонка. В их структуры входят хрящ, фиброзная капсула, синовиальная мембрана и связки. Нейроанатомические исследования показали, что дисфункция фасеточных суставов может являться самостоятельным источником болевого синдрома, так как структуры этих соединений хорошо иннервируются и в них присутствуют инкапсулированные (тельца Фатера–Пачини) и свободные нервные окончания. Боль возникает в результате

воздействия длительной микротравматизации, связанной с ротаторными перегрузками, повышенной нагрузкой, постепенно приводящей к растягиванию капсулы суставов, подвывихам в них, эрозиям и деструкции хряща. По характеру боль монотонная, тупая, обычно двусторонняя, более выраженная утром и к вечеру, после нагрузки. Болевой синдром склонен к рецидивированию и проецированию в пах, область тазобедренного сустава, ягодиц и бедра, что имитирует иррадиирующую боль при корешковом синдроме [18].

В 30% случаях причиной появления латерализованной неспецифической боли в ККО является дисфункция крестцово-подвздошного сустава — плоского амфиартроза, образованного ушковидной поверхностью тазовой кости и одноименной поверхностью латеральной части крестца, сформировавшейся в результате срастания поперечных отростков и рудиментов ребер крестцовых позвонков. Это соединение представляет собой комбинацию типичного синовиального сочленения и неподвижного хрящевого синостоза, которое прочно укреплено крестцово-подвздошными связками, ограничивающими движение таза вокруг различных осей крестца. Дисфункция крестцово-подвздошного сустава характеризуется болевым синдромом и изменением биомеханики этого сустава, проявляющимся либо резким ограничением его подвижности, либо его гипермобильностью и нестабильностью, создающей неадекватную нагрузку на окружающие ткани (капсулу, связочный аппарат, мышцы и кости). В большинстве случаев эта патология обусловлена травматическим повреждением, доля которого среди всех травм таза достигает 18%. Достаточно часто дестабилизация этого сустава формируется у женщин во время беременности, что ряд авторов связывают с расслаблением связочного аппарата перед родами и смещением центра тяжести тела вперед. Кроме того, среди частых причин возникновения дисфункции крестцово-подвздошного сустава выделяют длительные перенапряжения этой зоны (длительные статические нагрузки, бег, прыжки), дегенеративно-дистрофические заболевания поясничной зоны позвоночника и хирургические операции на позвоночнике [5, 6, 11, 19, 20]. Ученые Сеченовского Университета показали, что серьезным фактором риска несостоятельности связок опорно-двигательного аппарата, возникновения нестабильности соединений и хронизации болевого синдрома в трудоспособном возрасте является синдром дисплазии соединительной ткани. При этом патогномичными маркерами нарушения метаболизма коллагеновых и эластичных волокон у этих пациентов являются кифоз, измененные формы ног, готическое небо, «хруст» в области височно-нижнечелюстного сустава, гипермобильность суставов, варикозное расширение вен нижних конечностей, гиперэластичность ушных раковин и миопия умеренной и высокой степени [21]. Помимо связок, крестцово-подвздошный сустав стабилизируется мышцами, в первую очередь большой ягодичной и грушевидной мышцами, снижение тонуса

которых считается в настоящее время одной из причин его функциональной нестабильности.

Блокирование крестцово-подвздошного сочленения может иметь место при скрученном асимметричном тазе, конституциональной асимметрии длины ног и изменениях конфигурации поясничного отдела позвоночника. Боль, обусловленная дисфункцией крестцово-подвздошных сочленений, провоцируется статическими нагрузками, локализуется в крестцовой области, иррадирует в пах и бедро, обычно бывает более интенсивной в первой половине дня и уменьшается к вечеру. Доказано, что в самом суставе присутствуют как ноци-, так и механорецепторы, поэтому он может быть источником не только болевой, но и проприоцептивной афферентации. Иннервация околосуставной части происходит в основном из дорсальных и вентральных ветвей корешков LV, SI–IV, а также из вентральных ветвей ягодичного и запирающего нервов [22–26]. Близость крестцово-подвздошного сочленения к нервным структурам и сплетениям обуславливает возникновение разного рода иррадирующих и отраженных болей при дисфункции этого сустава. Так, показано, что внутрисуставное содержимое крестцово-подвздошного сочленения может воздействовать на поясничное эпидуральное влагалище, на пояснично-крестцовое сплетение и нервы, выходящие из дорсальных крестцовых отверстий [27].

Мышечно-тонический и миофасциальный синдромы. Крестец является местом начала и прикрепления многих мышечных групп. Так, на дорсальной поверхности крестца берут начало мышцы, формирующие мышечно-сухожильный каркас позвоночника. К ним прежде всего относятся широчайшая мышца спины и несколько частей выпрямителя позвоночника. Появление болевой импульсации, связанной с повреждением фасеточных суставов, позвонков или крестцово-подвздошных сочленений, сопровождается, как правило, рефлекторным мышечно-тоническим синдромом, который приводит к иммобилизации пораженного участка. Первоначально мышечный спазм отмечается только в коротких мышцах соответствующего позвоночного двигательного сегмента, в дальнейшем в этот процесс могут вовлекаться практически все мышцы позвоночного столба, как пара-, так и экстравертебральные. При этом физиологическая функция спазмированных мышц трансформируется в дополнительный источник боли и образует порочный круг, что приводит к ухудшению кровоснабжения данной области, усугублению дегенеративных изменений суставов, появлению патологических деформаций позвоночного столба и усилению болевого синдрома. Есть основание полагать, что не все мышцы одинаково подвержены формированию мышечно-тонического синдрома. Наиболее часто хроническое напряжение возникает в тензоре широкой фасции бедра, грушевидной мышце, квадратной мышце поясницы и во всех разгибателях позвоночника [5–7, 11].

В условиях тяжелой физической работы, статической нагрузки на позвоночник, монотонных

стереотипных движений, противоестественного положения тела, статичности позы и переохлаждения повреждение мышц может быть первичным по отношению к морфофункциональным изменениям позвоночника и суставов и представлять самостоятельный источник болевой импульсации в ККО. Патогномичным для миофасциального синдрома является наличие болезненных мышечных уплотнений и активных триггерных точек, пальпация которых вызывает возникновение иррадирующей боли, нередко с остаточным локальным чувством жжения и напряжения [28]. Одним из примеров такого рода патологии является синдром глубокой ягодичной боли, который включает в себя ряд состояний с похожими клиническими симптомами, такими как онемение или боль в ягодиче, в области тазобедренного сустава или задней части бедра, иррадирующей по ходу седалищного нерва. В большинстве случаев седалищный нерв компремируется грушевидной мышцей, которая берет начало на передней поверхности крестца, между II и IV крестцовыми тазовыми отверстиями, выходит из полости малого таза через большое седалищное отверстие и прикрепляется к вершине большого вертела бедренной кости. При длительной ходьбе, беге или продолжительном сидении на твердой поверхности могут возникнуть микроповреждения грушевидной мышцы, и возникающие при этом ее спазм, уплотнение и укорочение приводят к ущемлению седалищного нерва и появлению боли в крестце, ягодиче и бедре, отдающей в колено и сопровождающейся онемением нижней конечности. Помимо грушевидной мышцы возможно вовлечение таких мышц этой области, как верхняя и нижняя близнецовые мышцы, внутренняя и наружная запирающие мышцы, квадратная мышца бедра [7, 28–31].

Грыжа межпозвоночного диска и спондилолиз. Передний край основания крестца в месте соединения с пятым поясничным позвонком образует выступ — мыс, *promontorium*, сильно выступающий в полость таза и принимающий на себя максимальную нагрузку. Межпозвоночный диск, расположенный между последним поясничным позвонком и крестцом, подвергается наибольшему давлению. Воздействие травм, чрезмерных физических нагрузок или инфекционных заболеваний провоцирует разрыв фиброзного кольца и образование грыжи межпозвоночного диска. Смещаясь в сторону позвоночного канала или межпозвоночного отверстия, грыжевое выпячивание приводит к компрессии прилежащего спинномозгового корешка (радикулопатии), патогенез повреждения которого обусловлен также воспалительной реакцией, отеком и демиелинизацией. Компрессионная радикулопатия характеризуется возникновением стреляющей, жгучей боли, иррадирующей в нижнюю конечность и сопровождающейся изменением чувствительности. Нередко в этом случае выявляются чувствительные нарушения: парестезии, аллодиния, гиперпатия и дизестезии. Рефлекторно возникает мышечно-тонический синдром, который со временем становится самостоятельным фактором, поддерживающим

боль [6, 11, 32]. Подвывих поясничного позвонка и его смещение относительно крестца — спондилолистез — приводит к компрессии нервов и сужению позвоночного канала [33]. Синдром «конского хвоста» является грозным осложнением, требующим экстренного оперативного вмешательства в первые 48 ч от появления симптомов. Эта патология проявляется остро возникшим симметричным нарушением чувствительности в аногенитальной области, парезом обеих стоп и грубыми нарушениями функции тазовых органов [34, 35].

Пояснично-крестцовые лигаментозы. Возникновение болевого синдрома в ККО может быть связано с изменениями связочного аппарата этого региона. Наиболее часто причиной болевой импульсации становится патология (лигаментопатия) подвздошно-поясничных, задних длинных крестцово-подвздошных и крестцово-бугорных связок, которые иннервируются дорсальными веточками SI–SIV крестцовых нервов. Кроме того, эти структуры содержат значительное количество не только механорецепторов, но и ноцицепторов, поэтому их повреждение сопровождается болью как невропатического, так и ноцицептивного характера. К основным критериям, используемым для диагностики лигамент-индуцированного болевого синдрома, относятся изменения структуры связок, индексов их жесткости и толщины в сравнении с бессимптомной стороной или возрастной нормой. Показано, что дистрофические изменения раньше всего определяются в зонах, граничащих с энтезами. Клинически значимая разница в толщине сопоставимых сегментов для подвздошно-поясничных связок составляет $\geq 30\%$, для задних длинных крестцово-подвздошных и крестцово-бугорных связок $\geq 20\%$; разница индексов жесткости (м/с): $> 16\%$, $> 17\%$ и $> 20\%$ соответственно. Во все возрастные периоды косвенным признаком лигаментопатии принято считать локальный остеопороз. Причиной появления лигамент-индуцированного болевого синдрома может быть компримирование (отек и/или перенапряжение связки) аномально малого подсвязочного пространства (менее $0,65 \text{ см}^2$), в котором компактно расположены соответствующие нервы и сопровождающие их сосуды. Введение анестетика в эту зону под ультразвуковым контролем сопровождается существенным уменьшением интенсивности боли уже в течение первых 5 мин [36].

Крестцово-копчиковый симфиз. Небольшой овальной площадкой вершина крестца соединяется с верхней поверхностью копчика, образуя крестцово-копчиковый симфиз, хорошо выраженный у молодых людей, особенно у женщин. Снизу позвоночник завершает копчик, представляющий собой сросшиеся 4–5 недоразвитых позвонков. Анатомические варианты строения копчика отличаются степенью слияния копчиковых позвонков и углом крестцово-копчиковой кривизны. Синостозирование копчиковых позвонков начинается в подростковом возрасте, и завершение этого процесса в 45% случаев у женщин отмечается уже после 30 лет. При родах

под воздействием гормона релаксина копчик отклоняется кзади и тем самым существенно увеличивает выход из малого таза. Показано, что в норме отклонение этой кости в передне-заднем направлении у женщин может составлять $3,0 \pm 2,3 \text{ см}$, в то время как у мужчин оно полностью отсутствует [6, 37]. Подвижность копчика и его более поверхностное расположение у женщин способствует большей его травматизации и объясняет факт, что посттравматический кокцигеальный болевой синдром в 10 раз чаще отмечается у лиц женского пола. Повышенный риск возникновения переломов и вывихов копчика у женщин ряд авторов связывают также с тем, что женские копчиковые позвонки имеют меньшие размеры. Многочисленными отечественными и зарубежными авторами выявлена патогенетическая взаимосвязь дебюта сакралгии или кокцигодии с травмами крестцово-копчикового симфиза. При незначительных ушибах и сохранении целостности связок смещения костных структур не происходит, и болевой синдром исчезает довольно быстро. Однако если в зоне повреждения образуется гематома, сдавливающая нервные сплетения, то боль стихает только по мере ее рассасывания. В случае формирования в этой зоне рубцовой ткани болевой синдром может приобретать затяжной характер. При частичном повреждении крестцово-копчиковых связок возникает нестабильность крестцово-копчикового сочленения и гипермобильность копчика, что также является одной из частых причин развития болевого синдрома в ККО. Разрыв крестцово-копчиковых связок приводит к подвывиху или вывиху копчиковых позвонков, при которых вывихнутый фрагмент смещается кпереди за счет тяги прикрепляющихся к нему подвздошно-копчиковых, лобково-копчиковых и копчиковых мышц. Повреждение этого мышечного комплекса при направлении травмирующей силы в область промежности или перпендикулярно к вершине копчика сопровождается смещением фрагментов копчика кзади. По тем же биомеханическим законам смещаются костные фрагменты копчика при его переломах или переломовывихах. У женщин причиной травматизации крестцово-копчикового отдела могут быть поздние и осложненные роды. Посттравматические поражения костно-хрящевой части копчика, а также его мышечно-фиброзного и нервно-сосудистого окружения изменяют биомеханику тазового дна и малого таза и служат причиной появления стойких алгий в каудальной части позвоночника. Вовлечение копчикового сплетения в патологический процесс сопровождается, как правило, нарушениями чувствительности, которые могут проявляться тактильной анестезией, гипестезией, гиперестезией или парестезиями в иннервируемой им области [37–40].

Аномалии развития крестцово-копчиковой области. Одной из причин формирования хронической боли в ККО в молодом возрасте являются аномалии развития крестцового отдела. К ним прежде всего относятся незаращение дужек крестцовых позвонков (*Spina bifida*) или их гипоплазия, недоразвитие

суставных или поперечных отростков, возникающие в результате нарушения внутриутробного развития эмбриона и существенно влияющие на статику позвоночника в целом и движение в каждом позвоночном двигательном сегменте [41].

На протяжении последних десятилетий отмечается изменение тропизма позвонков ККО и появление новых форм ассимиляционного (удлиненного) крестца, что характеризуется увеличением его высоты вследствие его сращения либо с первым копчиковым позвонком (нижняя сакрализация), либо с пятым поясничным (верхняя сакрализация). Поясничные позвонки при этом могут соединяться с крестцом как неподвижно при помощи синостоза, так и подвижно с образованием псевдоартроза, что служит морфологическим субстратом для развития бокового искривления позвоночного столба. Увеличение подвижности диска, расположенного над переходным позвонком, провоцирует развитие в нем дегенеративных изменений и является причиной появления болевого синдрома в ККО. Боли в этом случае усиливаются при длительном стоянии, поднятии и переносе тяжелых предметов, при поворотах и наклонах туловища. Нередко они сопровождаются онемением, парестезиями в ККО, болезненностью при пальпации в проекции остистых отростков нижних поясничных позвонков и по срединному гребню крестца. Сакрализация пятого поясничного позвонка, сочетающаяся с пояснично-крестцовым сколиозом и признаками защемления седалищного нерва, носит название синдрома Бертологги. Возникающее при этом ограничение движений в пояснично-крестцовом сочленении приводит к ускоренной дегенерации и деформации межпозвоночного диска L4, что манифестирует ущемлением соседнего нервного корешка L5 и возникновением «седалищной» боли. Значительно реже наблюдается уменьшение числа крестцовых позвонков при одновременном увеличении числа поясничных — люмбализация, при которой существенно снижается статическая устойчивость позвоночного столба и повышается вероятность раннего развития приобретенных заболеваний позвоночника. Патологическая афферентация из рецепторов пораженных позвоночно-двигательных сегментов приводит к возникновению неспецифической боли в ККО [6, 11, 42–44].

Новообразования крестцово-копчиковой области. Источником болевого синдрома в ККО могут быть опухоли крестца и связанных с ним нервных образований, которые составляют около 1–7% всех новообразований позвоночника [45]. Большинство из них — это метастазы рака предстательной железы, почки, молочной железы, легкого и щитовидной железы. Достаточно часто встречается поражение крестца при множественной миеломе и лимфоме. Кроме того, нередким явлением является прорастание в него опухолей органов малого таза, особенно прямой кишки [46]. На втором месте по распространенности находятся врожденные опухоли крестца, которые манифестируют в детском и подростковом возрасте и являются предметом изучения педиатров

и неонатологов [45]. Третью группу новообразований крестца составляют первичные костные опухоли, прогноз которых во многом определяется их гистологией. К доброкачественным медленно растущим опухолям относят остеод-остеоому, остеобластому и аневризмальную костную кисту. Остеод-остеома и остеобластомы отличаются друг от друга только размерами, чаще встречаются у молодых людей, поражают тело крестца и являются причиной возникновения выраженного сколиоза [47]. Аневризмальная костная киста крестца представляет собой опухолеподобное деструктивное заболевание, встречающееся у лиц молодого возраста и характеризующееся разрастанием соединительной ткани с образованием многочисленных сосудистых пространств, заполненных кровью [48]. Кроме того, среди доброкачественных новообразований крестца выделяют такую достаточно часто встречаемую патологию, как гигантоклеточная опухоль, но она состоит из остеокластоподобных гигантских клеток, склонных к агрессивному инвазивному росту и местному рецидивированию и метастазированию [49]. К высокозлокачественным опухолям крестца относят хондросаркому, саркому Юинга и остеосаркому. Наиболее распространенной из них считается остеосаркома, которая поражает преимущественно пояснично-крестцовый отдел позвоночника у лиц пожилого возраста. Эта опухоль, как правило, резистентна к лучевой терапии и имеет неблагоприятный прогноз [50]. Саркома Юинга является одной из самых агрессивных нейроэктодермальных злокачественных опухолей, которая возникает в подростковом возрасте, чаще у юношей, и ассоциируется с генетическими изменениями. Локализация этого образования в крестце ассоциируется с худшим прогнозом, чем при ее расположении в других отделах позвоночника или в трубчатых костях [51]. Хордома является уникальной злокачественной опухолью, которая развивается из эмбриональных остатков ното хорды, долгое время растет бессимптомно и клинически не манифестирует до средних лет. Преимущественно поражает корешки копчиковых, крестцовых и поясничных нервов [52]. Последнюю группу новообразований крестца образуют первичные неврогенные опухоли, возникающие параспинально из элементов прилежащей к крестцу нервной ткани, чаще у молодых людей. Наиболее распространены из них опухоли, развивающиеся из периферических нервов (шваннома, нейрофиброма). Образование, происходящее из элементов симпатической нервной системы, имеют веретенообразную форму, располагаются в тазу вдоль крестцового расширения симпатического ствола и называются ганглионевромами [46, 53].

Особое внимание в ККО заслуживают первичные новообразования терминальной нити — миксопапиллярная эпендимома и параганглиома, которые относят к экстрамедуллярным интрадуральным опухолям спинного мозга. Первая является наиболее частым вариантом (83%), возникает из глиальных клеток концевой нити и располагается между

корешками «конского хвоста», сдавливая их при росте и обуславливая возникновение боли в спине и соответствующего неврологического симптомокомплекса. Второе новообразование встречается редко (3,8%), имеет нейроэндокринную природу и характеризуется, как правило, доброкачественным течением [54]. Наконец, нельзя не упомянуть про встречающиеся в крестцовом канале среди 4,6–9,0% взрослого населения кисты Тарлова, которые представляют собой расширения периневрия задних корешков спинного мозга, заполненные спинномозговой жидкостью. Их отличительной особенностью является то, что либо в просвете кисты, либо в структуре ее стенки проходят нервные волокна. У женщин кисты Тарлова выявляются несколько чаще, чем у мужчин. Локализуются преимущественно в области SI–II позвонков. Часто обнаруживаются случайно во время магнитно-резонансной или компьютерной томографии [55].

Клиническая картина при новообразованиях различна и зависит от размеров опухолей, направления их роста, распространенности и степени инвазии опухолевой ткани, однако первым и долгое время единственным признаком является боль в ККО и промежности, не проходящая в покое и усиливающаяся в ночное время. В ряде случаев такая неспецифическая симптоматика затрудняет своевременную диагностику опухолей, и пациентов долго лечат от «остеохондроза, ишиалгии и радикулита». Кроме того, опухоли часто трудно распознать при стандартной рентгенографии из-за присутствия газа. Следует обращать внимание на беспричинное быстрое снижение веса, возраст пациентов старше 50 лет и наличие злокачественного новообразования в анамнезе. Применение радионуклидной остеосцинтиграфии, рентгеновской компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии существенно повышает раннюю выявляемость этих патологических процессов [46, 56].

Патология внутренних органов и другие причины специфической боли в крестцово-копчиковой области. Тазовая поверхность крестца, гладкая и вогнутая, формирует заднюю стенку малого таза и является опорой и костным вместилищем для ряда органов. Поэтому патологические процессы в этих органах и окружающей их клетчатке малого таза, а также связанные с ними рефлекторные мышечно-тонические реакции занимают особое место в структуре причин болевого синдрома в ККО [6, 7, 11]. Так, стойкие алгии в каудальной части позвоночника часто сопровождают рецидивирующие заболевания мочевыводящей системы, половых органов, прямой кишки, висцероптоз и кистозные образования малого таза. Боль при поражении внутренних органов (висцеральная) часто плохо локализована, может сопровождаться тошнотой и расстройством стула, изменением окраски кожных покровов и избыточным потоотделением, носит коликообразный характер и нередко иррадирует в противоположную половину тела. Хирургические вмешательства в аноректальной области, на промежности и органах

малого таза нередко приводят к развитию массивного спаечного процесса, который также может вызывать комплекс болевой трансформации в ККО. Симптомами повреждения крестцово-подвздошного сустава и болевым синдромом часто манифестируют воспалительные (анкилозирующий спондилит, болезнь Рейтера, ювенильный ревматоидный, псориазические и туберкулезный артриты), метаболические (подагра и псевдоподагра) и дегенеративные (остеоартроз) заболевания, требующие дифференциальной диагностики и своевременного лечения [57, 58]. Особое внимание следует обращать на наличие локальной болезненности крестца, повышение местной температуры и лихорадку, указывающие на присутствие инфекционного процесса, риск которого существенно увеличивается у пациентов, страдающих ВИЧ-инфекцией или наркоманией, получавших иммуносупрессивную терапию или внутривенные инфузии. Компрессионный перелом крестца или пятого поясничного позвонка можно предположить у пациентов, имеющих остеопороз различного генеза (пожилой возраст, при гиперпаратиреозе, после длительного применения кортикостероидов и т.д.) [20, 22–24].

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Global Burden of Disease Study 2013 Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2015;386(9995):743–800. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60692-4
2. Парфенов В.А., Исайкин А.И. Боли в нижней части спины: мифы и реальность. Москва: ИМА-ПРЕСС; 2016:104 с. [Parfenov V.A., Isaikin A.I. Pain in the lower back: myths and reality. Moskva: IMA-PRESS; 2016:104 p. (In Russ.)].
3. Яхно Н.Н., Кукушкин М.Л., Чурюканов М.В., Сыровегин А.В. Результаты открытого мультицентрового исследования «МЕРИДИАН» по оценке распространенности болевых синдромов в амбулаторной практике и терапевтических предпочтений врачей. *Российский журнал боли*. 2012;3(36–37):10–14. [Yakhno N.N., Kukushkin M.L., Churyukanov M.V., Syrovegin A.V. The results of the open multicenter study “MERIDIAN” to assess the prevalence of pain syndromes in outpatient practice and therapeutic preferences of doctors. *Russian Journal of Pain*. 2012;3(36–37):10–14. (In Russ.)].
4. Benditz A., Koehl P., Necula R., Schuh A. Schmerzen am Steißbein. *MMW Fortschr Med*. 2022;164(15):44–45. doi: 10.1007/s15006-022-1801-3
5. Mostafa E., Varacallo M. Anatomy, Back, Coccygeal Vertebrae. 2022 Jun 7. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31751060/>
6. Сапин М.Р., Никитюк Д.Б., Николенко В.Н., Чава С.В. Анатомия человека: учебник: в двух томах. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2012:528 с. [Sapin MR, Nikolenko V.N., Nikityuk D. B., Chava S.V. Human anatomy. Textbook. In 2 volumes. Moskva: GEOTAR-Media; 2018:528 p. (In Russ.)].
7. Waxenbaum J.A., Reddy V., Williams C., Futterman B. Anatomy, Back, Lumbar Vertebrae. 2022 Aug 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29083618/>

8. Mardon A.K., Leake H.B., Szeto K., Astill T., Hilton S., Moseley G.L., Chalmers K.J. Treatment recommendations for the management of persistent pelvic pain: a systematic review of international clinical practice guidelines. *BJOG*. 2022;129(8):1248–1260. doi: 10.1111/1471-0528.17064
9. Dydyk A.M., Gupta N. Chronic Pelvic Pain. 2022 Nov 7. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32119472/>
10. Parsons B.A., Baranowski A.P., Berghmans B., Borovicka J., Cottrell A.M., Dinis-Oliveira P., Elneil S., Hughes J., Messelink B.E.J., de C Williams A.C., Abreu-Mendes P., Zumbstein V., Engeler D.S. Management of chronic primary pelvic pain syndromes. *BJU Int*. 2022;129(5):572–581. doi: 10.1111/bju.15609
11. Ganapathy M.K., Reddy V., Tadi P. Neuroanatomy, Spinal Cord Morphology. 2020 Nov 3. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31424790/>
12. Olawin A.M., M Das J. Spinal Anesthesia. 2022 Jun 27. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30725984/>
13. Николенко В.Н., Сперанский В.С., Чучков В.М. Длина и диаметр терминальной нити, ее частей и варианты их сочетанной изменчивости. *Российские морфологические ведомости*. 1997;1(6):92–93. [Nikolenko V.N., Speransky V.S., Chuchkov V.M. Length and diameter of the terminal filament, its parts and variants of their combined variability. *Russian Morphologic Vedomosti*. 1997;1(6):92–93. (In Russ.)].
14. Gunduz O.H., Kenis-Coskun O. Ganglion blocks as a treatment of pain: current perspectives. *J Pain Res*. 2017;10:2815–2826. doi: 10.2147/JPR.S134775
15. Sencan S., Kenis-Coskun O., Demir F.G.U., Cuce I., Ercalik T., Gunduz O.H. Ganglion Impar block improves neuropathic pain in coccygodynia: A preliminary report. *Neurol Neurochir Pol*. 2018;52(5):612–617. doi: 10.1016/j.pjnns.2018.08.006
16. Foye P.M., Sajid N., D'Onofrio G.J. Ganglion impar injection approaches and outcomes for coccydynia. *Indian J Radiol Imaging*. 2018;28(4):482–483. doi: 10.4103/ijri.IJRI_64_18
17. Petersen T., Laslett M., Juhl C. Clinical classification in low back pain: best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):188. doi: 10.1186/s12891-017-1549-6
18. Du R., Xu G., Bai X., Li Z. Facet Joint Syndrome: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *J Pain Res*. 2022;15:3689–3710. doi: 10.2147/JPR.S389602
19. Ashby K., Yilmaz E., Mathkour M., Olewnik Ł., Hage D., Iwanaga J., Loukas M., Tubbs R.S. Ligaments stabilizing the sacrum and sacroiliac joint: a comprehensive review. *Neurosurg Rev*. 2022;45(1):357–364. doi: 10.1007/s10143-021-01625-y
20. Gartenberg A., Nessim A., Cho W. Sacroiliac joint dysfunction: pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Eur Spine J*. 2021;30(10):2936–2943. doi: 10.1007/s00586-021-06927-9
21. Nikolenko V.N., Oganesyanyan M.V., Vovkogan A.D., Cao Y., Churganova A.A., Zolotareva M.A., Achkasov E.E., Sankova M.V., Rizaeva N.A., Sinelnikov M.Y. Morphological signs of connective tissue dysplasia as predictors of frequent post-exercise musculoskeletal disorders. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):660. doi: 10.1186/s12891-020-03698-0
22. Falowski S., Sayed D., Pope J., Patterson D., Fishman M., Gupta M., Mehta P. A Review and Algorithm in the Diagnosis and Treatment of Sacroiliac Joint Pain. *J Pain Res*. 2020;13:3337–3348. doi: 10.2147/JPR.S279390
23. Poilliot A.J., Zwirner J., Doyle T., Hammer N. A Systematic Review of the Normal Sacroiliac Joint Anatomy and Adjacent Tissues for Pain Physicians. *Pain Physician*. 2019;22(4):E247–E274.
24. Barros G., McGrath L., Gelfenbeyn M. Sacroiliac Joint Dysfunction in Patients with Low Back Pain. *Fed Pract*. 2019;36(8):370–375.
25. Prati C., Lequerre T., Le Goff B., Cortet B., Toumi H., Tournadre A., Marotte H., Lespessailles E. Novel insights into the anatomy and histopathology of the sacroiliac joint and correlations with imaging signs of sacroiliitis in case of axial spondyloarthritis. *Front Physiol*. 2023;14:1182902. doi: 10.3389/fphys.2023.1182902
26. Steinke H., Saito T., Kuehner J., Reibetanz U., Heyde C.E., Itoh M., Voelker A. Sacroiliac innervation. *Eur Spine J*. 2022;31(11):2831–2843. doi: 10.1007/s00586-022-07353-1
27. Fortin J.D., Washington W.J., Falco F.J. Three pathways between the sacroiliac joint and neural structures. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1999;20(8):1429–34.
28. Barbero M., Schneebeli A., Koetsier E., Maino P. Myofascial pain syndrome and trigger points: evaluation and treatment in patients with musculoskeletal pain. *Curr Opin Support Palliat Care*. 2019;13(3):270–276. doi: 10.1097/SPC.0000000000000445
29. Chang C., Jen S.H., Varacallo M. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Piriformis Muscle. 2022 Oct 3. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30137781/>
30. Hicks B.L., Lam J.C., Varacallo M. Piriformis Syndrome. 2022 Sep 4. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28846222/>
31. Son B.C., Lee C. Piriformis Syndrome (Sciatic Nerve Entrapment) Associated With Type C Sciatic Nerve Variation: A Report of Two Cases and Literature Review. *Korean J Neurotrauma*. 2022;18(2):434–443. doi: 10.13004/kjnt.2022.18.e29
32. Carnevale J.A., Goldberg J.L., Schwarz J. Lumbar Herniated Disc. *World Neurosurg*. 2022;166:52–53. doi: 10.1016/j.wneu.2022.07.059
33. García-Ramos C.L., Valenzuela-González J., Baeza-Álvarez V.B., Rosales-Olivarez L.M., Alpizar-Aguirre A., Reyes-Sánchez A. Degenerative spondylolisthesis I: general principles. *Acta Orthop Mex*. 2020;34(5):324–328.
34. Bulloch L., Thompson K., Spector L. Cauda Equina Syndrome. *Orthop Clin North Am*. 2022;53(2):247–254. doi: 10.1016/j.ocl.2021.11.010
35. Quail A. Cauda equina syndrome—the questions. *Int Orthop*. 2019;43(4):957–961. doi: 10.1007/s00264-018-4208-0
36. Юрковский А.М. Комплексная лучевая диагностика лигаментозов при синдроме боли в нижней части спины. *Медицинские новости*. 2019;8(299):47–51. [Yurkovsky A.M. Complex radial diagnostics of ligamentosa in low back pain syndrome. *Medical News*. 2019;8(299):47–51. (In Russ.)].
37. Manfre L., Gil I., Baptista T., Calvão Pires P., de Vivo A.E., Masala S., Chandra R.V., D'Anna G., Hirsch J.A. Coccygeoplasty: preliminary experience with this new alternative treatment of refractory coccydynia in patients with coccyx hypermobility. *J Neurointerv Surg*. 2023;15(1):82–85. doi: 10.1136/neurintsurg-2021-018149
38. Kumagai Y., Biyajima M., Shimizu I., Ishii W. Coccyx subluxation: Coccyx pain aggravated by the prone position. *J Gen Fam Med*. 2022;23(6):409–410. doi: 10.1002/jgf2.570
39. Shams A., Gamal O., Mesregah M.K. Sacrococcygeal Morphologic and Morphometric Risk Factors for Idiopathic Coccydynia: A Magnetic Resonance Imaging Study. *Global Spine J*. 2023;13(1):140–148. doi: 10.1177/2192568221993791
40. Ramieri A., Domenicucci M., Cellocchio P., Miscusi M., Costanzo G. Acute traumatic instability of the coccyx: results in 28 consecutive coccygectomies. *Eur Spine J*. 2013;22 Suppl 6(Suppl 6):S939–44. doi: 10.1007/s00586-013-3010-3
41. Graham P. Spina Bifida Occulta. *Orthop Nurs*. 2021;40(4):259–261. doi: 10.1097/NOR.0000000000000775
42. McGrath K., Schmidt E., Rabah N., Abubakr M., Steinmetz M. Clinical assessment and management of Bertolotti Syndrome: a review of the literature. *Spine J*. 2021;21(8):1286–1296. doi: 10.1016/j.spinee.2021.02.023
43. Huang Q.Q., Liu S.S., Liang G.Q. Advances in the study of anatomy and biomechanics of lumbosacral transitional vertebrae.

- Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2019;57(2):156–160. doi: 10.3760/cm.a.j.issn.0529-5815.2019.02.019
44. Hanhivaara J., Määttä J.H., Karppinen J., Niinimäki J., Nevalainen M.T. The Association of Lumbosacral Transitional Vertebrae with Low Back Pain and Lumbar Degenerative Findings in MRI: A Large Cohort Study. *Spine.* 2022;47(2):153–162. doi: 10.1097/BRS.0000000000004244
45. Fiani B., Runnels J., Rose A., Kondilis A., Wong A., Musch B.L. Clinical manifestations, classification, and surgical management of sacral tumors and the need for personalized approach to sacrectomy. *Surg Neurol Int.* 2021;12:209. doi: 10.25259/SNI_133_2021
46. Thornton E., Krajewski K.M., O'Regan K.N., Giardino A.A., Jagannathan J.P., Ramaiya N. Imaging features of primary and secondary malignant tumours of the sacrum. *Br J Radiol.* 2012;85(1011):279–86. doi: 10.1259/bjr/25247602
47. Amary F., Flanagan A.M., O'Donnell P. Benign Bone-Forming Tumors. *Surg Pathol Clin.* 2021;14(4):549–565. doi: 10.1016/j.path.2021.06.002
48. Mascard E., Gomez-Brouchet A., Lambot K. Bone cysts: unicameral and aneurysmal bone cyst. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015;101(1 Suppl):S119–27. doi: 10.1016/j.otsr.2014.06.031
49. Степанова Ю.А., Грицкевич А.А., Харазов А.Ф., Морозова М.В., Калинин Д.В., Карельская Н.А., Варава А.Б. Гигантоклеточная опухоль крестца: радиологические и морфологические характеристики. *Молекулярная медицина.* 2019;17(4):52–61. [Stepanova Y.A., Gritskevich A.A., Kharazov A.F., Morozova M.V., Kalinin D.V., Karelskaya N.A., Varava A.B. Gigantocellular tumor of the sacrum: radiological and morphological characteristics. *Molecular Medicine.* 2019;17(4):52–61. (In Russ.)].
50. Arumugam A. Sacral Osteosarcoma Masquerading as Posterior Thigh Pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018;48(8):665. doi: 10.2519/jospt.2018.8032
51. Blay J.Y., De Pinieux G., Gouin F. Ewing's Sarcoma. *N Engl J Med.* 2021;384(15):1477. doi: 10.1056/NEJMc2102423
52. Lee S.H., Kwok K.Y., Wong S.M., Chan C.X.J., Wong Y.T., Tsang M.L. Chordoma at the skull base, spine, and sacrum: A pictorial essay. *J Clin Imaging Sci.* 2022;12:44. doi: 10.25259/JCIS_62_2022
53. Isla A., Garcia-Feijoo P., Gómez A., Valderrábano S., Santiago S. Surgery of neurogenic tumors of the sacrum. *Neurocirugia.* 2022;33(2):53–60. doi: 10.1016/j.neucie.2020.11.001
54. Koeller K.K., Shih R.Y. Intradural Extramedullary Spinal Neoplasms: Radiologic-Pathologic Correlation. *Radiographics.* 2019;39(2):468–490. doi: 10.1148/rg.2019180200
55. Lim Y., Selbi W. Tarlov Cyst. 2023 Jun 12. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan. PMID: 35881759.
56. Алиев М.Д., Мусаев Э.Р. Эпидемиология опухолей крестца: обзор литературы. *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи.* 2014;(1):7–15. [Aliev M.D., Musaev E.R. Epidemiology of sacral tumors. review. *Bone and soft tissue sarcomas, tumors of the skin.* 2014;(1):7–15. (In Russ.)].
57. Allahverdi E., Allahverdi T.D. A retrospective clinical study on the pathologies detected in patients diagnosed with Coccydynia-Lumbosacralgia and their treatment. *Asian J Surg.* 2022:S1015-9584(22)00819-3. doi: 10.1016/j.asjsur.2022.06.078
58. Shams A., Gamal O., Mesregah M.K. Sacrococcygeal Morphologic and Morphometric Risk Factors for Idiopathic Coccydynia: A Magnetic Resonance Imaging Study. *Global Spine J.* 2023;13(1):140–148. doi: 10.1177/2192568221993791