

Переходные пояснично-крестцовые позвонки

Е.Г. Скрыбин

Тюменский государственный медицинский университет,
г. Тюмень, Россия

Реферат

Переходные пояснично-крестцовые позвонки в форме люмбализации S_1 и сакрализации L_v относят к группе аномалий развития позвоночника. В отечественной медицинской литературе мало публикаций, посвящённых этим патологическим состояниям. В ходе исследования доступной литературы по проблеме переходных пояснично-крестцовых позвонков установлено, что частота случаев диагностики переходных пояснично-крестцовых позвонков составляет от 4 до 30% клинических наблюдений. На долю больных с люмбализованными позвонками приходится в среднем 40% случаев, на долю пациентов с сакрализацией позвонков — 60% клинических наблюдений. Пусковым звеном развития патологии считается мутации гена *Hox*, а ведущим клиническим симптомом обычно бывают боли. Для диагностики патологии используют обзорную рентгенографию, компьютерную и магнитно-резонансную томографию. Для исключения ошибок в подсчёте позвонков необходима лучевая визуализация всего позвоночника. Тип патологии определяют с помощью различных классификаций. В качестве консервативных лечебных средств применяют медикаментозные блокады с использованием анестетиков и гормональных препаратов. Арсенал оперативных вмешательств включает резекцию увеличенного поперечного отростка надкрестцового позвонка, декомпрессию стенозированных межпозвоночных отверстий, импульсивную радиочастотную абляцию, задний спондилодез. Меры профилактики патологии в настоящее время не разработаны.

Ключевые слова: переходные пояснично-крестцовые позвонки, люмбализация позвонка S_1 , сакрализация позвонка L_v , обзор.

Для цитирования: Скрыбин Е.Г. Переходные пояснично-крестцовые позвонки. *Казанский мед. ж.* 2023;104(4): 573–583. DOI: 10.17816/KMJ107495.

REVIEW | DOI: 10.17816/KMJ107495

Transitional lumbosacral vertebrae

E.G. Skryabin

Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract

Transitional lumbosacral vertebrae in the form of S_1 lumbarization and L_v sacralization are classified as spinal anomalies. In the domestic medical literature, there are few publications devoted to these pathological conditions. In the course of a study of the available literature on the problem of transitional lumbosacral vertebrae, it was found that the frequency of cases of transitional lumbosacral vertebrae diagnosis ranges from 4 to 30% of clinical cases. The share of patients with lumbar vertebrae accounts for an average of 40% of cases, the share of patients with sacralization of the vertebrae is 60% of clinical observations. Mutations in the *Hox* gene are considered to be the trigger for the development of pathology, and pain is usually the leading clinical symptom. Plain radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging are used to diagnose the pathology. Radiation imaging of the entire spine is required to eliminate errors in vertebrae counting. The type of pathology is determined using various classifications. As conservative therapeutic agents, drug blockades applying anesthetics and hormonal drugs are used. The arsenal of surgical interventions includes resection of the enlarged transverse process of the supracacral vertebra, decompression of stenotic intervertebral foramina,

Для переписки: skryabineg@mail.ru

Поступила 16.05.2022; принята в печать 01.07.2022;

опубликована 24.11.2022.

© Эко-Вектор, 2022. Все права защищены.

For correspondence: skryabineg@mail.ru

Submitted 16.05.2022; accepted 01.07.2022;

published 24.11.2022.

© Eco-Vector, 2022. All rights reserved.

impulsive radiofrequency ablation, and posterior fusion. Measures for the prevention of pathology are not currently developed.

Keywords: transitional lumbosacral vertebrae, S_1 lumbarization, L_v sacralization, review.

For citation: Skryabin EG. Transitional lumbosacral vertebrae. *Kazan Medical Journal*. 2023;104(4):573–583. DOI: 10.17816/KMJ107495.

Люмбализацию позвонка S_1 наряду с сакрализацией позвонка L_v относят к аномалиям развития пояснично-крестцовой локализации, объединённым общим термином «переходные пояснично-крестцовые позвонки» [1]. Среди причин болевого синдрома в нижней части спины переходные пояснично-крестцовые позвонки занимают одно из первых мест по частоте [2]. Несмотря на этот общепризнанный факт, медицинской информации, посвящённой изучению различных аспектов этой патологии российскими авторами, опубликовано чрезвычайно мало; если она опубликована, то касается преимущественно лишь частоты диагностики [3, 4].

Цель обзора — проанализировать основные отечественные и зарубежные публикации, посвящённые переходным пояснично-крестцовым позвонкам. Научные публикации для написания обзора литературы были получены из современных баз данных PubMed, eLIBRARY, CYBERLENINKA. В общей сложности было подробно изучено 87 научных статей. В этих статьях отражены актуальные проблемы и аспекты изучаемой темы.

При проведении исследования были использованы следующие критерии включения научных публикаций: систематические обзоры, метаанализы, моноцентровые когортные исследования, исследования «случай-контроль», а также клинические случаи, описывающие тактику, предпринятую в лечении пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками. Поиск литературных источников проведён по следующим ключевым словам: переходные пояснично-крестцовые позвонки (lumbosacral transitional vertebrae), люмбализация позвонка S_1 (lumbalization S_1 vertebrae), сакрализация позвонка L_v (sacralization L_v vertebrae).

Переходные пояснично-крестцовые позвонки характеризуются дополнительным сочленением поперечных отростков L_v и S_1 , слиянием (односторонним или двусторонним) этих позвонков, а также разделением (частичным или полным) двух верхних крестцовых позвонков [5]. Диагностируют эти патологические состояния с частотой от 4 до 30% случаев среди всех возрастных групп населения [6].

По определению Э.В. Ульриха и соавт., под термином «люмбализация» следует понимать

«...нарушение комплектности (увеличение числа) поясничных позвонков за счёт отсутствия блокирования первого крестцового позвонка с нижележащим и подвздошной костью (люмбализация S_1), либо за счёт двусторонней агенезии 12-го ребра (люмбализация Th_{XII})». Эти же авторы определяют термин «сакрализация» как «...пояснично-крестцовую аномалию, заключающуюся в приобретении нижним поясничным позвонком признаков, характерных для крестцовых позвонков: одно- и двусторонний синхондроз (блокирование) поперечного отростка позвонка L_v с крылом подвздошной кости, либо полное срастание тела L_v с телом S_1 » [7].

Эпидемиология

Частота люмбализации и сакрализации в популяции, по данным большинства исследователей, составляет от 1 до 2% клинических наблюдений [8–10]. Среди когорт пациентов, у которых различными авторами диагностированы переходные пояснично-крестцовые позвонки, на долю люмбализации в среднем суммарно приходится 39,85% клинических наблюдений, на долю сакрализации — 60,15% случаев [11].

Следует отметить, что, приводя данные процентные соотношения, мы не включили в анализ частоты форм обсуждаемой патологии научную статью K.G. Khashoggi и соавт. Эти авторы проанализировали результаты рентгенологического исследования почек и мочевого пузыря у 2078 жителей Саудовской Аравии. Оказалось, что косвенные симптомы переходных пояснично-крестцовых позвонков были установлены на урограммах у 158 (7,6%) обследованных, при этом 96,8% больных были отнесены авторами исследования к категории пациентов имевших сакрализацию, а 3,2% пациентов — в группу с люмбализированным позвонком [12].

Половые различия в частоте случаев диагностики аномальных позвонков в пояснично-крестцовом отделе, судя по литературным источникам, отчётливо не прослеживаются. Одни авторы указывают, что эта патология преобладает у женщин [6]. Прямо противоположного мнения придерживаются некоторые другие учёные [13, 14], причём, по данным

J.F. Griffith и соавт., опубликовавших результаты своего исследования в апреле 2022 г., у мужчин заболевание встречается в 2 раза чаще, чем у женщин [15]. Приводят сведения и о том, что случаи визуализации переходных позвонков не имеют гендерных различий [16].

Патогенез

Современными генетическими исследованиями установлено, что мутации гена Нох (Нох-10, Нох-11) способны вызывать нарушения в формировании, миграции, дифференцировке и сегментации склеротомов сомитов преимущественно на 4-й неделе эмбрионального развития [5]. Затем, после рождения, по мере роста ребёнка и его взросления в различные возрастные периоды жизни появляются клинические симптомы патологии, вызванные изменениями нормальной анатомии и биомеханики позвоночно-двигательных сегментов, всегда характерными для люмбализации и сакрализации [10].

Клиническая симптоматика и связь с другими нозологическими формами вертеброгенной патологии

Ведущий из клинических симптомов переходных позвонков — боли в области поясницы и крестца [17]. Многие авторы признают, что достоверно назвать причину алгического синдрома в каждом конкретном случае не представляется возможным, но предполагают, что боль, вероятнее всего, вызвана дегенерацией смежных по отношению к аномальному сегменту межпозвонковых дисков и дугоотростчатых суставов [18, 19].

На этот счёт интересные результаты исследования были опубликованы группой гонконгских учёных весной 2022 г. Так, по данным J.F. Griffith и соавт., пациенты с переходными пояснично-крестцовыми позвонками имеют большую площадь поперечного сечения тел позвонков на протяжении всего поясничного отдела в сравнении со здоровыми добровольцами — на 9,8% у мужчин и на 4,5% у женщин. По мнению учёных, этот факт способствует более быстрой дегенерации межпозвонковых дисков и дугоотростчатых суставов в поясничном отделе позвоночника [15].

Различные по степени тяжести дегенеративно-дистрофические процессы, том числе протрузии и грыжи межпозвонковых дисков, среди пациентов с люмбализацией позвонка S_1 диагностируют более чем в 90% клинических наблюдений, при этом в 70% случаев патологию выявляют на уровне L_v-L_{v+1} , в 18% — на уровне $L_{v+1}-S_{II}$ [8]. Аналогичные результаты

были получены бельгийскими исследователями S. Vergauwen и соавт., сообщившими о том, что у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками частота диагностики протрузий и экструзий межпозвонковых дисков на уровнях, расположенных выше аномального сегмента, составляет 45% случаев, в то время как у пациентов без аномалий — 30% клинических наблюдений. Такая же тенденция зарегистрирована авторами в отношении дегенерации дугоотростчатых суставов (60 и 42% случаев соответственно) и стеноза каналов корешков спинномозговых нервов (53 и 28% клинических наблюдений соответственно) [20]. Подтверждают более частое развитие дегенерации межпозвонковых дисков на краниальных уровнях и другие авторы [21–23].

У больных с грыжами межпозвонковых поясничных дисков очень часто диагностируют дегенеративный стеноз позвоночного канала — до 45% случаев [8, 24]. Когда грыжевые выпячивания у пациентов развиваются на фоне переходных пояснично-крестцовых позвонков, частота установления люмбального стеноза превышает общепопуляционную его выявляемость [25, 26]. Эта же закономерность прослежена и в отношении пациентов с синдромом фиксированного спинного мозга — у 63% в ходе лучевой визуализации устанавливают переходные пояснично-крестцовые позвонки [27].

Пациенты, страдающие сколиотическими деформациями, в среднем в 12–18% клинических наблюдений имеют лучевые симптомы люмбализации и сакрализации, что усугубляет клиническую картину искривлений позвоночника и требует особо тщательного планирования схем оперативного лечения [28–30].

Противоречивые данные в литературных источниках представлены относительно взаимоотношения течения люмбализации позвонка S_1 с такой тяжёлой вертеброгенной патологией, как спондилолистез нижних поясничных позвонков. Большинство авторов указывают на то обстоятельство, что у больных со спондилолизным спондилолистезом часто диагностируют обе формы переходных пояснично-крестцовых позвонков [6, 31, 32]. Так, французские исследователи P.E. Morgeau и соавт. конкретизируют частоту коморбидности — 60% случаев [33]. Отечественные авторы приводят данные о том, что у детей и подростков со спондилолистезом категории «highgrade» случаи люмбализации позвонка S_1 были диагностированы в 17,5%, сакрализации позвонка L_v — в 6,34% клинических наблюдений [34]. В то же время, Y. Smorqick и соавт. не рассматрива-

ют переходные пояснично-крестцовые позвонки в качестве фонового состояния, на котором формируется и прогрессирует дегенеративная форма спондилолистеза [35].

Среди аномалий развития пояснично-крестцовой локализации люмбализация позвонка S_1 наиболее часто сочетается с незаращением задней части дуги поясничных и крестцовых позвонков — *spina bifida posterior* [36, 37]. Нередко взаимоотягощающее влияние этих двух патологических состояний клинически проявляется у пациентов не только болевым синдромом, но и неврологической симптоматикой различной степени выраженности [38].

Высока частота коморбидности у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками, нередко у них выявляют сопутствующую патологию тазобедренных суставов [39]. Так, по данным J. Sun и соавт., у пациентов с болевым синдромом в тазобедренных суставах диагностируют различные типы переходных позвонков с частотой от 39 до 43% клинических наблюдений, при этом среди известных форм преобладает Пв (до 63% случаев). Интересно отметить, что диагностируют аномалии позвоночника эти авторы на основании изучения рентгенограмм тазобедренных суставов [40]. Такой же подход к диагностике сакрализации и люмбализации у больных с импиджментом вертлужной впадины используют В.М. Непарс и соавт. [41].

При анализе литературных источников, посвящённых изучаемой теме, обращает внимание тот факт, что крайне мало публикаций, посвящённых исследованию фронтального и сагиттального балансов у пациентов, в то время как, например, у больных с различными степенями тяжести торсионного сколиоза и спондилолистеза эта тема изучена детально [34]. Те немногочисленные публикации, в которых эти вопросы всё же освещены, нередко противоречивы по полученным выводам. Так, I.C. Benlidayi и соавт., изучив 96 рентгенограмм пациентов, пришли к заключению, что при наличии переходных пояснично-крестцовых позвонков угол наклона крестца меньше в сравнении с контрольной группой, то есть *sacrum* вертикализирован, что подразумевает сглаженность поясничного лордоза [42]. Практически в это же время опубликована научная статья R. Price и соавт., в которой утверждается, что у больных с люмбализацией поясничный лордоз всегда увеличен [43].

Объективная диагностика

Ведущим методом объективной диагностики люмбализации позвонка S_1 служит лучевое

исследование позвоночника и крестца [1]. В ходе обследования пациентов используют как обзорную рентгенографию [22, 44], так и компьютерную [45, 46] и магнитно-резонансную [47, 48] томографию. Эти методы лучевой диагностики применяют как в изолированном виде, так и комплексно, с целью выбора подхода к планируемой терапии, в том числе для вынесения показаний к хирургическому лечению [49].

Обзорную рентгенографию позвоночника и крестца выполняют для получения обзорной информации о состоянии этой анатомической области, при этом стандартные рентгенограммы в переднезадней проекции не всегда позволяют получить сведения о типе люмбализации позвонка S_1 [48, 50]. В этих случаях предпочтительнее выполнять рентгенографию пояснично-крестцового отдела позвоночника в переднезадней проекции под краниальным углом 30° (проекция Фергюссона) [1, 17].

Результаты мультиспиральной компьютерной томографии более наглядны, и на их основании, как правило, выносят заключение о типе переходных позвонков, в том числе в груднопоясничном отделе [32, 50, 51]. По мнению Y. Tatar и соавт., аксиальные сканы иллюстрируют морфологические особенности существующей патологии, в то время как сагиттальные изображения дают информацию о пояснично-крестцовой анатомии [52]. Применение в диагностических целях магнитно-резонансной томографии позволяет получить достоверную информацию о наличии и тяжести экстрафораминального стеноза, импиджмента и отёка корешков спинномозговых нервов L_4 , L_5 , S_1 [53–55].

Использование позитронно-эмиссионной томографии и сцинтиграфии с целью диагностики переходных пояснично-крестцовых позвонков также нашло отражение в публикациях зарубежных авторов [56].

Диагностированные с помощью методов лучевой визуализации случаи люмбализации и сакрализации классифицируют, руководствуясь рекомендациями A.E. Castellvi и соавт. Согласно классификации, разработанной этими американскими авторами, выделяют 7 типов патологии (I, II, III типы в свою очередь подразделяют на подтипы А и В, тип IV не подразделяют), ориентируясь на степень и характер конкресценции поперечного отростка (отростков) надкрестцового позвонка с крылом подвздошной кости (одно- или двусторонним) или крестцовым крылом [57].

В случаях люмбализации позвонка S_1 может быть применена классификация С.М. O'Driscoll и соавт., предложивших выделять 4 типа

Таблица 1. Удельный вес различных типов переходных пояснично-крестцовых позвонков, сведения о которых представлены в анализируемых научных публикациях

№	Авторы, порядковый номер в списке литературы	Количество пациентов	Типы, %				Итого
			I	II	III	IV	
1	Nardo L. et al., [14]	841	41,3	41,6	11,7	5,4	100,0
2	Tang M. et al., [62]	928	44,8	43,2	7,2	4,8	100,0
3	Illeez O.G. et al., [19]	700	30,0	57,7	5,4	6,9	100,0
4	Yao X. et al., [60]	37	—	45,9	54,1	—	100,0
5	Hanhivaara J. et al., [46]	1101	68,0	16,0	13,0	3,0	100,0
6	Kanematsu R. et al., [61]	22	68,2	31,8	—	—	100,0
7	Карандеева А.М. и др., [10]	24	33,4	20,8	45,8	—	100,0
8	Всего пациентов, средняя частота диагностики каждого из типов	3653	40,81	36,71	19,6	2,88	100,0

патологии на основании магнитно-резонансных критериев наличия или отсутствия диска между верхним крестцовым позвонком и нижерасположенными отделами крестца. По данным этих английских авторов, частота I типа патологии (отсутствие диска) составляет 30% случаев, II типа (зачаток диска) — 42%, III типа (сформированный диск) — 16%, IV типа (диск определяется на всём переднезаднем протяжении крестца) — 12% клинических наблюдений. К случаям люмбализации авторы предлагают относить III и IV типы патологии [58].

Рассуждая о типах переходных пояснично-крестцовых позвонков у пациентов, следует особо выделить научную работу N.K. Mahato, представшего сведения о модификации классификации A.E. Castellvi и соавт. Автор в своей статье, опубликованной в 2013 г., предлагает выделять не 7, а 19 подтипов патологии, характеризующих разнообразные варианты изменения анатомии и биомеханики крестцово-подвздошных сочленений у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками [59]. Однако, как показывает изучение литературных источников по изучаемой проблеме, в последующие годы эта модифицированная классификация не нашла широкого применения в практике [6, 16, 17, 21, 28, 31, 41].

В литературных источниках приведена различная частота типов переходных позвонков у пациентов [9, 13]. В табл. 1 представлены результаты тех исследований, авторы которых в своих научных публикациях сообщают о частоте диагностики всех четырех типов патологии.

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что суммарно первое и второе

ранговые места в структуре переходных пояснично-крестцовых позвонков занимают I и II типы — 40,81 и 36,71% клинических наблюдений соответственно. В 2 раза реже был зарегистрирован III тип — 19,6% случаев. Реже всего, у 2,88% больных, был запротоколирован IV тип заболевания.

Практическую ценность представляет опубликованная информация о том, что подтипы Ia, IIa и IIIa, то есть случаи односторонней сакрализации и люмбализации, чреватые более выраженной клинической симптоматикой [14]. При этом отмечено, что IV тип люмбализации характеризуется более тяжёлыми дегенеративными изменениями в краниальных межпозвоночных дисках с соответствующей клинической симптоматикой [60–63].

Анализ результатов лучевых исследований показывает, что псевдоартрозы и конкреценции чаще локализуются с левой стороны [13]. Так, исследованиями K.A. McGrath и соавт. установлено, что частота диагностики левосторонних форм переходных пояснично-крестцовых позвонков составляет 48,03% случаев, правосторонних — 23,54%, двусторонних — 28,43% [45]. Аналогичные результаты были получены, в ходе исследования, проведённого V. Dzura и соавт. Анализ 150 случаев диагностики переходных пояснично-крестцовых позвонков показал, что левосторонние формы патологии были установлены у 56,66% больных, правосторонние — у 32,6%, двусторонние — у 10,68% пациентов [64].

Важная проблема, характеризующая актуальность изучаемой проблемы, — ошибки, допускаемые при постановке клинического диагноза, и связаны они преимущественно

с неправильной нумерацией позвонков [45, 65, 66]. Автор фундаментального двухтомного отечественного руководства по клинической рентгенологии С.А. Рейнберг рекомендует за достоверный ориентир люмбализации считать ситуацию, при которой на рентгенограмме в переднезадней проекции под горизонтальной линией, соединяющей гребни подвздошных костей, определяется два полноценных поясничных позвонка [67].

Ряд авторов в качестве ориентиров используют копчик, крыло подвздошной кости, подвздошно-поясничную связку, правую почечную артерию, верхнюю брыжеечную артерию, бифуркацию аорты, мозговой конус [37, 68]. Однако большинство из перечисленных анатомических образований имеет анатомо-физиологические особенности развития, подвержено индивидуальной изменчивости, что может приводить к частым диагностическим, а затем и лечебным ошибкам [29]. В клинической практике встречаются такие ошибки с частотой от 33% [45] до 54% [69].

Так, например, исследованиями американских учёных D.T. Josiah и соавт. установлено, что у больных с переходными пояснично-крестцовыми позвонками гребни подвздошных костей в среднем на 12 мм, бифуркация подвздошной артерии на 23 мм, место слияния правой и левой подвздошных вен в нижнюю полую вену на 8 мм расположены выше межпозвонкового диска $L_{IV}-L_V$, чем у людей без аномалий пояснично-крестцовой локализации. Игнорирование этих анатомо-физиологических особенностей в ходе выполнения малоинвазивных оперативных вмешательств чревато не только техническими трудностями при обеспечении доступа к позвонкам, но и ятрогенным повреждением жизненно важных сосудисто-нервных пучков [70]. По мнению W.D. Smith и соавт., люмбализированный крестец — противопоказание для выполнения латерального чреспоясничного межтелового спондилодеза на уровне L_V-L_{V1} [71].

По мнению учёных, занимающихся изучением переходных пояснично-крестцовых позвонков, не существует надёжного способа подсчёта без анализа результатов высококачественной лучевой визуализации всего позвоночного столба, начиная с уровня позвонка C_{II} и каудально, до копчика включительно [66, 68]. Именно этот, самый надёжный способ подсчёта количества позвонков позволяет установить тип переходных пояснично-крестцовых позвонков и выработать оптимальную лечебную тактику [72, 73].

На этом фоне публикация австралийских исследователей H.D. French и соавт. в журнале *Global Spine* вступает в диссонанс с общепринятым мнением. Авторы утверждают, что для постановки диагноза заболевания достаточно проведения только рентгенографии пояснично-крестцового отдела позвоночника в переднезадней и боковой проекциях, что позволит идентифицировать тип заболевания по классификации Castellvi и соавт. [74].

На ошибочность этих суждений может указывать публикация международной группы авторов из Новой Зеландии, Японии и Франции, представивших сведения о том, что при изучении только поясничного отдела позвоночника и крестца у 268 пациентов диагноз переходных пояснично-крестцовых позвонков был установлен ими у 7 больных. При проведении же лучевой визуализации всего позвоночника этой же группы из 268 исследуемых, те же самые симптомы были диагностированы дополнительно ещё у 4 обследуемых, то есть в общей сложности у 11 человек [75].

Лечение

В проведении лечебных мероприятий нуждаются пациенты с установленным диагнозом сакрализации и люмбализации, испытывающие боль [9]. Медикаментозными средствами так называемой «первой линии» считают противовоспалительные препараты и анальгетики [75]. Усиливают терапевтический эффект медикаментозные блокады в проекцию «ложного сустава», в область между поперечным отростком переходного позвонка и крестцовым крылом (или крыльями в случае двустороннего поражения, при типах Ib, IIb, IIIb, IV) [76]. Так, по результатам исследований J. Glemarec и соавт., блокады анальгетиком (лидокаином) в сочетании с глюкокортикоидом (кортивазолом) позволили получить стойкое купирование болевого синдрома в течение 12 нед у больных с переходными пояснично-крестцовыми позвонками. В контрольной группе пациентов, получивших инъекции тех же анальгетиков и изотонического раствора натрия хлорида, терапевтический эффект длился в течение 4 нед [77].

Южнокорейские авторы К.-М. Son и соавт. патогенетически обоснованным считают выполнение трансфораминальных эпидуральных блокад глюкокортикоидами [78]. Результаты проводимой консервативной терапии оценивают при использовании визуальной аналоговой шкалы: снижение баллов на 50% от исходных или балл менее 3 после выполнения инъекций считают хорошим результатом обезболивания

[49]. В ряде случаев полученный положительный эффект от местной анестезии рассматривают в качестве критерия для проведения оперативного вмешательства на уровне локализации переходных пояснично-крестцовых позвонков [79].

Из оперативных методик в клинической практике, в том числе у пациентов подросткового возраста, широкое применение получила псевдоартрэктомия — резекция увеличенного в размерах поперечного отростка (или обоих поперечных отростков) надкрестцового позвонка, выполняемая из заднего [80] или из переднего [81] доступа. По данным К.А. McGrath и соавт., данная методика приводит к значительному улучшению качества жизни оперированных пациентов, о чём свидетельствуют результаты тестирования больных по критериям информационной системы оценки исходов терапии PROMIS-GH Mental and Physical Health [82].

Минимально инвазивная хирургия также нашла применение в устранении болей у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками [83, 84]. Преимущество данных операций заключается в том, что эндоскопическое оборудование и интраоперационная 3D-навигация позволяют с хорошим лечебным эффектом провести декомпрессию стенозированных межпозвонковых отверстий, тем самым устранить импиджмент корешков спинномозговых нервов L_4 , L_5 , S_1 [53, 75, 80].

В качестве перспективного метода малоинвазивной хирургии у пациентов с болевым синдромом рассматривают импульсивную радиочастотную абляцию «ложного сустава» в области пояснично-крестцового перехода [61].

Задний спондилодез также используют в качестве метода оперативного вмешательства у пациентов с люмбализацией и сакрализацией [85]. В литературных статьях обсуждают, прежде всего, вопрос о протяжённости зоны спондилодеза с целью сохранения максимально возможных движений в поясничном отделе позвоночника [73]. Интересное сообщение на эту тему приводит группа китайских хирургов, получивших, по их мнению, «трансформацию типа IIa в тип IIIa» после того, как 60-летнему мужчине выполнили задний межтеловой спондилодез на уровне $L_{IV}-S_1$. Контрольное компьютерно-томографическое исследование, выполненное через год после операции, позволило констатировать наличие у пациента полноценного костного блока между правым поперечным отростком надкрестцового позвонка и крестцовым крылом справа, при полном отсутствии болевого синдрома в этой области [86].

По мнению В.А. Бывальцева и соавт., различные тактики хирургического лечения больных с переходными пояснично-крестцовыми позвонками приводят к тому, что регистрируются противоречивые данные об исходах этих операций. Авторы, проведя изучение отдалённых результатов оперативного лечения 314 пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками, неблагоприятные клинические исходы зафиксировали в 42 (13,37%) клинических наблюдениях. Проведённый оперирующими хирургами корреляционный анализ показал, что у пациентов с сакрализацией позвонка L_V неблагоприятные результаты были получены в ходе выполнения чрескожных доступов при аномалиях типов Ib и IIIb, а также при декомпрессивно-стабилизирующих операциях при патологии типов Ia и IIIa. У пациентов с люмбализацией позвонка S_1 неудовлетворительные результаты были зарегистрированы во время проведения декомпрессивных вмешательств при аномалиях типов IIa, IIb и IV [87].

Заключение

Проведённый анализ литературы свидетельствует о том, что до настоящего времени не разработаны важные в клиническом отношении аспекты, представляющие значительный интерес для практического здравоохранения. Так, ни в одной из анализируемых научных статей не приведены сведения о наследственной предрасположенности и семейных формах этих патологических состояний. Не представлены сведения о том, влияют ли сакрализация и люмбализация вследствие нарушений биомеханики пояснично-крестцового отдела позвоночника на состояние беременных, если «да», то каким образом.

Безусловный интерес представляет информация о том, сказывается ли нарушенная анатомия в пояснично-крестцовом отделе позвоночника у спортсменов на их занятия различными видами спорта. Важнейшим вопросом является профилактика вертеброгенного болевого синдрома у пациентов с диагностированными аномалиями нижнего поясничного отдела и крестца. Предложение о проведении «профилактического рентгенологического исследования пояснично-крестцового отдела позвоночника в детском и подростковом возрасте», которое выдвинуто коллективом отечественных авторов [2], требует взвешенного изучения и обсуждения заинтересованными специалистами.

Перечисленные вопросы лежат «на поверхности», и это позволяет надеяться, что проблему переходных пояснично-крестцовых позвон-

ков и в дальнейшем будут изучать, результаты этих исследований будут доступны заинтересованным читателям на страницах медицинских изданий.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

ЛИТЕРАТУРА

- Holm EK, Bunker C, Foldager CB. Symptomatic lumbosacral transitional vertebrae: a review of the current literature and clinical outcomes following steroid injection or surgical intervention. *SICOT J*. 2017;3:71. DOI: 10.1051/sicot.j/2017055.
- Юлин В.С., Шпагин М.В., Колесников М.В. Синдром Бертолотти. *Трудный пациент*. 2020;18(3):13–16. [Yulin VS, Shpagin MV, Kolesnikov MV. Bertolotti's syndrome. *Trudnyy patsient*. 2020;18(3):13–16. (In Russ.)] DOI: 10.24411/2074-1995-2020-10012.
- Воробьева О.В., Морозова Т.Е., Герцог А.А. Лечение острой боли в общей врачебной практике. *Медицинский совет*. 2021;(10):42–50. [Vorob'eva OV, Morozova TE, Gertsog AA. Treatment of acute pain in general medical practice. *Meditinskiy sovet*. 2021;(10):42–50. (In Russ.)] DOI: 10.21518/2079-701X-2021-10-42-50.
- Правдюк Н.Г., Шостак Н.А., Новикова Н.В. Боль в спине у молодых: клинко-инструментальная характеристика с учётом отдалённых наблюдений. *Лечебное дело*. 2021;(3):81–92. [Pravdyuk NG, Shostak NA, Novikova NV. Back pain in young people: clinical and instrumental features considering long-term observations. *Lechebnoe delo*. 2021;(3):81–92. (In Russ.)] DOI: 10.24412/2071-5315-2021-12363.
- Кабак С.Л., Заточная В.В., Жижко-Михасевич Н.О. Врождённые аномалии пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя медыцынскіх навук*. 2020;17(4):401–408. [Kabak SL, Zatochnaya VV, Zhizhko-Mikhasevich NO. Congenital anomalies of the lumbosacral spine. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Medical series*. 2020;17(4):401–408. (In Russ.)] DOI: 10.29235/1814-6023-2020-17-4-401-408.
- Sugiura K, Morimoto M, Higashino K, Takeuchi M, Manabe A, Takao S, Maeda T, Sairyo K. Transitional vertebrae and numerical variants of the spine: prevalence and relationship to low back pain or degenerative spondylolisthesis. *Bone Joint J*. 2021;103-B(7):1301–1308. DOI: 10.1302/0301-620X.103B7.BJJ-2020-1760.R1.
- Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. *Вертебрология в терминах, цифрах, рисунках*. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2002. 187 с. [Ul'rih EV, Mushkin AYU. *Vertebrologiya v terminakh, tsifrah, risunkakh*. (Vertebrology in terms, numbers, drawings.) St. Petersburg: ELBI-SPb; 2002. 187 p. (In Russ.)]
- Артюхов И.П., Селезнева Л.Н. Клинико-морфологические особенности хирургического лечения компрессионных синдромов при остеохондрозе позвоночника по материалам исследования Красноярского края. *Сибирский медицинский журнал (Томск)*. 2007;68(1):74–77. [Artyukhov IP, Seleznyova LN. Clinical and morphologic features of surgical treatment of compression syndromes in vertebral column osteochondrosis based upon materials of the study performed in Krasnoyarsk region. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Tomsk)*. 2007;68(1):74–77. (In Russ.)] EDN: OEWKBD.
- Deepa TK, John MK. Study of the lumbalization of the first sacral vertebra at the Southern Indians. *Intern J Med Res Health Sci*. 2014;3(1):1–4. DOI: 10.58958/j.2319-5886.3.1.001.
- Карандеева А.М., Кварцхелия А.Г., Насонова Н.А. Особенности рентгеноанатомического анализа и механизмы эмбрионального развития люмбализации первого крестцового позвонка. *Forcipe*. 2021;4(2):64–66. [Karandeeva AM, Kvarckheliya AG, Nasonova NA. Features of X-ray anatomical analysis and mechanisms of embryonic development lumbalization of the first sacral vertebra. *Forcipe*. 2021;4(2):64–66. (In Russ.)] EDN: AXZVBF.
- Kershenovich A, Macias OM, Syed F, Davenport C, Moore GL, Lock JH. Conus medullaris level in vertebral columns with lumbosacral transitional vertebra. *Neurosurgery*. 2016;78(1):62–70. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001001.
- Khashoggi KG, Hafiz RM, Bock YM, Kaki AM. Determination of lumbosacral transitional vertebrae in kidney urinary bladder x-ray films in the Saudi population. *Saud Med J*. 2017;38(8):794–797. DOI: 10.15537/smj.2017.8.19341.
- Jancuska JM, Spivak JM, Bendo JA. A review of symptomatic lumbosacral transitional vertebrae: Bertolotti's syndrome. *Int J Spine Surg*. 2015;9:42. DOI: 10.14444/2042.
- Nardo L, Alizai H, Virayavanich W, Liu F, Hernandez A, Lynch JA, Nevitt MC, McCullon CE, Lane NE, Link TM. Lumbosacral transitional vertebrae: association with low back pain. *Radiology*. 2012;265(2):497–503. DOI: 10.1148/radiol.12112747.
- Griffith JF, Xiao F, Hilken A, Griffith IHY, Leung JCS. Increased vertebral body area, disc and facet joint degeneration throughout the lumbar spine in patients with lumbosacral transitional vertebrae. *Eur Radiol*. 2022;32(9):6238–6246. DOI: 10.1007/s00330-022-08736-0.
- Ravikanth R, Majumdar P. Bertolotti's syndrome in low-backache population: Classification and imaging findings. *Ci Ji Yi XueZaZhi*. 2019;31(2):90–95. DOI: 10.4103/tcmj.tsmj_209_17.
- Matson DM, MacCormic LM, Sembrano JN, Polly DW. Sacral dysmorphism and lumbosacral transitional vertebrae (LSTV). Review. *Int J Spine Surg*. 2020;14(s1):14–19. DOI: 10.14444/6075.
- Ahn SS, Chin DK, Kim SH, Lee BH, Ku MG. The clinical significance of lumbosacral transitional vertebrae on the surgical outcomes of lumbar discectomy: A retrospective cohort study of young adults. *World Neurosurg*. 2017;99:745–750. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.05.073.
- Illeez OG, Atici A, Ulger EB, Kulcu DG, Ozkan FU, Aktaz I. The transitional vertebra and sacroiliac joint dysfunction association. *Eur Spine J*. 2018;27(1):187–193. DOI: 10.1007/s00586-4879-4.
- Vergauwen S, Parizel PM, van Breusegem L, van Goethem JW, Nackaerts Y, van denHauwe L, De Schepper A. Distribution and incidence of degenerative spine changes in patients with lumbosacral transitional vertebra. *Eur Spine J*. 1997;6(3):168–172. DOI: 10.1007/BF01301431.
- Hanhivaara J, Maatta JH, Karppinen J, Niinimäki J, Nevalainen MT. 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.
- Jin L, Yin Y, Chen W, Zhang R, Guo J, Tao S, Guo Z, Hou Z, Zhang Y. Role of the lumbosacral transition vertebrae and vertebral lamina in the pathogenesis of lum-

bar disc herniation. *Orthop Surg.* 2021;13(8):2355–2362. DOI: 10.1111/os.13122.

23. Shin EH, Cho KJ, Kim YT, Park MH. Risk factors for recurrent lumbar disc herniation after discectomy. *Int Orthop.* 2019;43(4):963–967. DOI: 10.1007/s00264-020-02107-7.

24. De Schepper EIT, Koes BW, Veldhuizen EFH, Oei EHG, Bierma-Zeinstra SMA, Luijsterburg PAJ. Prevalence of spinal pathology in patients presenting for lumbar MRI as referred from general practice. *Fam Pract.* 2016;33(1):51–56. DOI: 10.1093/fampra/cmz097.

25. Abbas J, Peled N, Hershkovitz I, Hamoud K. Is lumbosacral transitional vertebra associated with degenerative lumbar spinal stenosis? *Biomed Res Int.* 2019;2019:3871819. DOI: 10.1155/2019/3871819.

26. Rabau O, Smorqick Y, Tamir E, Levshin M, Mirovsky Y, Anekstein Y. Association between lumbosacral transitional vertebrae and spinal pathologies based on T2 whole-spine sagittal resonance imaging. *Skeletal Radiol.* 2021;50(12):2503–2508. DOI: 10.1007/s00256-021-03809-5.

27. Apaydin M. Tethered cord syndrome and transitional vertebrae. *Surg Radiol Anat.* 2020;42(2):111–119. DOI: 10.1007/s00276-019-02341-5.

28. Lee CS, Ha JK, Kim DG, Hwang CJ, Lee DH, Cho JH. The clinical importance of lumbosacral transitional vertebrae in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 2015;40(17):964–970. DOI: 10.1097/00000000000000945.

29. Garg B, Metha N, Goyal A, Rangaswamy N, Upadhyay A. Variations in the number of thoracic and lumbar vertebrae in patients with adolescent idiopathic scoliosis: A retrospective observational study. *Int J Spine Surg.* 2021;15(2):359–367. DOI: 10.14444/8047.

30. Passias PG, Poorman GW, Jalai CM, Diebo BG, Vira S, Horn SR, Baker JF, Shenoy K, Hasan S, Buza J, Bronson W, Paul JC, Kaye I, Foster NA, Cassilly RT, Oren JH, Moskovich R, Line B, Oh C, Bess S, La Fage V, Errico TJ. Incidence of congenital spinal abnormalities among pediatric patients and their association with scoliosis and systematic anomalies. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(8):608–613. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001066.

31. Huang QQ, Liu SS, Liang GQ. Advances in the study of anatomy and biomechanics of lumbosacral transitional vertebrae. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2019;57(2):156–160. PMID: 30704219.

32. Morimoto M, Sugiura K, Higashino K, Manabe H, Tezuka F, Wada K, Yamashita K, Takao S, Sairyo K. Association of spinal anomalies with spondylolisthesis and spina bifida occulta. *Eur Spine J.* 2022;31(4):858–864. DOI: 10.1007/s00586-022-07139-5.

33. Moreau PE, Flouzat-Lachaniette CH, Lebhar J, Mirouse G, Poignard A, Allain J. Particularities of anterior fusion in L₄–L₅ isthmic spondylolisthesis. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016;102(6):755–758. DOI: 10.1016/j.otsr.2016.05.006.

34. Скрябин Е.Г. Спондилоптоз у пациентов детского, подросткового и юношеского возраста. *Казанский медицинский журнал.* 2022;103(2):241–249. [Skryabin EG. Spondyloptosis in children, adolescents and youth age patients. *Kazan Medical Journal.* 2022;103(2):241–249. (In Russ.)] DOI: 10.17816/KMJ2022-241.

35. Smorqick Y, Mirovsky Y, Fischgrund JS, Baker KC, Gelfer Y, Anekstein Y. Radiographic predisposing factors for degenerative spondylolisthesis. *Orthopedics.* 2014;37(3):260–264. DOI: 10.1928/01477447-20140225-58.

36. Kundi M, Habib M, Babar S, Kundi AK, Assad S, Sheikh A. Transitional vertebrae and spina bifida occulta

related with chronic low back pain in a young patient. *Cureus.* 2016;8(10):837. DOI: 10.7759/cureus.837.

37. Milicic G, Krolo I, Anticevic D, Roic G, Zadravek D, Bojic D, Fattorini MZ, Bumci I. Causal connection on non-specific low back pain and disc degeneration in children with transitional vertebra and/or spina bifida occulta: Role of magnetic resonance — prospective study. *Coll Antropol.* 2012;36(2):627–633.

38. George P, Maria T, Panagiotis K. Lumbosacral transitional vertebrae associated with sacral spina bifida occulta: A cause report. *Acta Medica.* 2013;56(3):126–129. DOI: 10.14712/18059694.2014.21.

39. Luo R, Barsoum D, Ashraf H, Cheng J, Hurwitz NR, Goldsmith CY, Moley PJ. Prevalence of lumbosacral transitional vertebrae in patients with symptomatic femoro acetabular impingement requiring hip arthroscopy. *Arthroscopy.* 2021;37(1):149–155. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.08.034.

40. Sun J, Chhabra A, Thakur U, Vazquez L, Wells J. The association of lumbosacral transitional vertebrae anomalies with acetabular dysplasia in adult patients with hip spine syndrome: A cross-sectional evaluation of a prospective hip registry cohort. *Bone Joint J.* 2021;103-B(8):1351–1357. DOI: 10.1302/0301-620X.103B8.Bjj-2020-2481.R1.

41. Heaps BM, Feingold JD, Swartwout E, Turcan S, Greditzer HG 4th, Kelly BT, Ranawat AS. Lumbosacral transitional vertebrae predict inferior patient-reported outcomes after hip arthroscopy. *Am J Sports Med.* 2020;48(13):3272–3279. DOI: 10.1177/0363546520961160.

42. Benlidayi IC, Coskun NC, Basaran S. Does lumbosacral transitional vertebrae have any influence on sacral tilt? *Spine.* 2015;40(22):1176–1179. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001117.

43. Price R, Okamoto M, Le HJS, Hasegawa K. Normative spino-pelvic parameters in patients with the lumbarization of S₁ compared to a normal asymptomatic population. *Eur Spine J.* 2016;25(11):3694–3698. DOI: 10.1007/s00586-016-4794-8.

44. Zhang B, Wang L, Wang H, Cuo O, Lu X, Chen D. Lumbosacral transitional vertebra: Possible role in the pathogenesis of adolescent lumbar disc herniation. *World Neurosurg.* 2017;107:983–989. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.095.

45. McGrath K, Schmidt E, Rabah N, Abubakr M, Steinmetz M. Clinical assessment and management of Bertolottis syndrome: A review of the literature. *Spine J.* 2021;21(8):1286–1296. DOI: 10.1016/j.spine.2021.02.023.

46. Hanhivaara J, Maatta JH, Niinimäki J, Nevalainen MT. Lumbosacral transitional vertebrae are associated with lumbar degeneration: retrospective evaluation of 3855 consecutive abdominal CT scan. *European Radiology.* 2020;30:3409–3416. DOI: 10.1007/s00330-020-06691-2.

47. Byun WM, Kim JW, Lee JK. Differentiation between symptomatic and asymptomatic extra foraminal stenosis in lumbosacral transitional vertebrae: Role of tree-dimensional magnetic resonance lumbosacral radiculography. *Korean J Radiol.* 2012;13(4):403–411. DOI: 10.3348/kjr.2012.13.4.403.

48. Farshad-Amacker NA, Lurie B, Herzog RJ, Farshad M. Interreader and intermodality reliability of standard anteroposterior radiograph and magnetic resonance imaging in detection and classification of lumbosacral transitional vertebra. *Spine J.* 2014;14(8):1470–1475. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.08.048.

49. Jain A, Agarwal A, Jain S, Shamshery C. Bertolotti syndrome: A diagnostic and management dilemma for pain physicians. *Korean J Pain.* 2013;26(4):368–373. DOI: 10.3344/kjp.2013.26.4.368.

50. Hou L, Bai X, Li H, Gao T, Li W, Wen T, He Q, Ruan D, Shi L, Bing W. Lumbar pain radiograph is not reliable to identify lumbosacral transitional vertebra types according to Castellvi classification principle. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):333. DOI: 10.1186/s12891-020-03358-3.
51. Doo AR, Lee J, Yeo GE, Lee KH, Kim YS, Mun JH, Han YJ, Son JS. The prevalence and clinical significance of transitional vertebrae: a radiologic investigation using whole spine spiral three-dimensional computed tomographic images. *Anesth Pain Med.* 2020;15(1):103–110. DOI: 10.17085/apm.2020.15.1.103.
52. Tatar Y, Niimura T, Sekiya T, Mihara H. Changes in lumbosacral anatomy and vertebral numbering in patients with thoracolumbar and/or lumbosacral transitional vertebrae. *JB JS.* 2021;6(3):20.00167. DOI: 10.2106/JBJS.OA.20.00167.
53. Porter N, Lalam RK, Thins BJ, Tyrrel PNN, Singh J, Cassar-Pullicino VN. Prevalence of extraforaminal nerve root compression below the lumbosacral transitional vertebrae. *Skeletal Radiol.* 2014;43(1):55–60. DOI: 10.1007/s00256-013-1750-0.
54. Bezuidenhout AF, Lotz JW. Lumbosacral transitional vertebra and S₁ radiculopathy: the value of coronal MR imaging. *Neuroradiology.* 2014;56(6):453–457. DOI: 10.1007/s00234-014-1361-z.
55. Ju CI, Kim SW, Kim JG, Lee SM, Shin H, Lee HY. Decompressive L₅ transverse process ectomy for Bertolotti's syndrome: A preliminary study. *Pain Physician.* 2017;20(6):923–932.
56. Kassir MA, Al-Faham Z, Balon HR. Lumbosacral transitional vertebra diagnosed on ^{99m}Tc-Methylene Diphosphonate SPECT/CT. *J Nucl Med Technol.* 2015;43(2):137–138. DOI: 10.2867/jnmt.114.146639.
57. Castellvi AE, Goldstein LA, Chan DP. Lumbosacral transitional vertebrae and their relationship with lumbar V extradural defects. *Spine.* 1984;9:493–495. DOI: 10.1097/00007632-198407000-00014.
58. O'Driscoll CM, Irwin A, Saifuddin A. Variations in morphology of the lumbosacral junction on sagittal MRI: Correlation with plain radiography. *Skeletal Radiol.* 1996;25(3):225–230. DOI: 10.1007/s002560050069.
59. Mahato NK. Redefining lumbosacral transitional vertebrae (LSTV) classification: Integrating the full spectrum of morphological alterations in a biomechanical continuum. *Med Hypothesis.* 2013;81(1):76–81. DOI: 10.1016/j.mehy.2013.02.026.
60. Yao X, Ding R, Liu J, Zhu S, Zhang J, Liu Z, Jiang H, Qu D, Zhu Q, Chen J. Association between lumbar sacralization and increased degree of vertebral slippage and disc degeneration in patients with L₄ spondylolysis. *J Neurosurg Spine.* 2019;22:1–5. DOI: 10.3171/2018.11.SPINE18900.
61. Kanematsu R, Hanakita J, Takahashi T, Manami M, Tomita Y, Honda F. Extra foraminal entrapment of the fifth lumbar spinal nerve by neoarthritis in patients with lumbosacral transitional vertebrae. *Eur Spine J.* 2020;29(9):2215–2221. DOI: 10.1007/s00586-020-06460-1.
62. Tang M, Yang X, Yang S, Han P, Ma Y, Yu H, Zhu B. Lumbosacral transitional vertebra in a population-based study of 5860 individuals: prevalence and relationship to low back pain. *Eur J Radiol.* 2014;83(9):1679–1682. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.05.036.
63. Johnson ZD, Aoun SG, Ban VS, El Ahmadieh TY, Kafka B, Wolfe C, Adogwa O, Bagley CA, Tamimi MA. Bertolotti syndrome with articulated L₅ transverse process causing intractable back pain: Surgical video showcasing a minimally invasive approach for disconnection: 2-Dimensional operative video. *Oper Neurosurg.* 2021;20(3):219–220. DOI: 10.1093/ons/opaa343.
64. Dzupa V, Slepánek M, Striz M, Krbec M, Chmeloma J, Kachlik D, Baca V. Developmental malformations in the area of the lumbosacral transitional vertebrae and sacrum: Differences in gender and left/right distribution. *Surg Radiol Anat.* 2014;36(7):689–693. DOI: 10.1007/s00276-013-1250-x.
65. Farshad-Amaker NA, Aichmair A, Herzog RJ, Farshad M. Merits of different anatomical landmarks for correct numbering of the lumbar vertebrae in lumbosacral transitional anomalies. *Eur Spine J.* 2015;24(3):600–608. DOI: 10.1007/s00586-014-3573-7.
66. Paik NC, Lim CS, Jang HS. Numeric and morphological verification of lumbosacral segments in 8280 consecutive patients. *Spine.* 2013;38(10):573–578. DOI: 10.1097/BRS.0b13e31828b7195.
67. Рейнберг С.А. Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов. М.: Медицина; 1964. Т. 2. с. 172–204. [Rejnberg SA. Rentgenodiagnostika zabolevaniy kostey i sustavov. (X-ray diagnostics of diseases of bones and joints.) Moscow: Meditsina; 1964. Vol. 2. p. 172–204. (In Russ.)]
68. Lian J, Levine N, Cho W. A review of lumbosacral transitional vertebrae and associated vertebral numeration. *Eur Spine J.* 2018;27(5):995–1004. DOI: 10.1007/s00586-018-5554-8.
69. Nakagawa T, Hashimoto K, Tsubakino T, Hoshiwaki T, Inawashiro T, Tanaka Y. Lumbosacral transitional vertebrae cause spinal level misconception in surgeries for degenerative lumbar spine disorders. *Tohoku J Exp Med.* 2017;242(3):223–228. DOI: 10.1620/tjem.242.223.
70. Josiah DT, Boo S, Tarabishy A, Bhatia S. Anatomical differences in patients with lumbosacral transitional vertebrae and implications for minimally invasive spine surgery. *J Neurosurg Spine.* 2017;26(2):137–143. DOI: 10.3171/2016.6.SPINE1691.
71. Smith WD, Youssef JA, Christian G, Serrano S, Hyde JA. Lumbarized sacrum as a relative contraindication for lateral trans psoas inter body fusion at L₅₋₆. *J Spine Disord Tech.* 2012;(2595):285–291. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31821e262f.
72. Karki S, Paudei R, Phuyal A, Bhandari A. Lumbosacral transitional vertebrae amongst the individuals undergoing magnetic resonance imaging of the whole spine in a Tertiary Care Hospital: A descriptive cross-section study. *JNMA J Nepal Assoc.* 2021;59(242):975–978. DOI: 10.31729/jnma.6336.
73. Golubovsky JL, Momin A, Thompson NR, Steinmetz MP. Understanding quality of life and treatment history of patients with Bertolotti syndrome compared with lumbosacral radiculopathy. *J Neurosurg Spine.* 2019;19:1–7. DOI: 10.3171/2019.2.SPINE1953.
74. French HD, Somasundaram AJ, Schaefer NR, Lathery RW. Lumbosacral vertebrae and its prevalence in the Australian population. *Global Spine J.* 2014;4(4):229–232. DOI: 10.1055/s-0034-1387808.
75. Crane J, Cragon R, O'Neil J, Berger AA, Kassem H, Sherman WF, Paladini A, Varrassi G, Odisho AS, Miriyala S, Kaye AD. A comprehensive update of the treatment and management of Bertolotti's syndrome: A best practices review. *Orthop Rev (Pavia).* 2021;13(2):24980. DOI: 10.52965/001c.24980.
76. Kumar J, Ali S, Zadran N, Singh M, Ahmed Z. A case of Bertolotti's syndrome in a young patient: A case report and literature review. *Cureus.* 2020;12(10):10957. DOI: 10.7759/cureus.10957.

77. Glemarek J, Varin S, Cozic C, Tanguy G, Volteau C, Montigny P, Le Goff B, Darrieurtort Laffite C, Maugars Y, Cormier G. Efficacy of local glucocorticoid after local anesthetic in low back pain with lumbosacral transitional vertebra: A randomized placebo-controlled double-blind trial. *Joint Bone Spine*. 2018;85(3):359–363. DOI: 10.1016/j.jbspin.2017.05.003.

78. Son K-M, Lee S-M, Lee GW, Ahn M-H, Son J-H. The impact of lumbosacral transitional vertebrae on therapeutic outcome of transforaminal epidural injection in patients with lumbar disk herniation. *Pain Pract*. 2016;16(6):688–695. DOI: 10.1111/parp.12315.

79. Takata Y, Sakai T, Higashino K, Goda Y, Mineta K, Sugiura K, Sairyu K. Minimally invasive micro endoscopic resection of the transverse process for treatment of low back pain with Bertolotti's syndrome. *Case Rep Orthop*. 2014;2014:613971. DOI: 10.1155/2014/613971.

80. Chang C-J, Chiu Y-P, Ji H-R, Chu C-H, Chiu C-D. Surgical interventions for Bertolotti syndrome: A clinical case and a review of unsatisfactory cases in the literature. *BMC Surg*. 2022;22(1):36. DOI: 10.1186/s12893-022-01498-y.

81. Malham GM, Limb RJ, Claydon MH, Brazenor GA. Anterior pseudo arthroectomy for symptomatic Bertolotti's syndrome. *J Clin Neurosci*. 2013;20(12):1762–1766. DOI: 10.1016/j.jocn.2013.02.018.

82. McGrath KA, Thompson NR, Fischer E, Kanasz J, Golubovsky JL, Steinmetz MP. Quality-of-life and postoperative satisfaction following pseudo arthroectomy in patients with Bertolotti's syndrome. *Spine J*. 2022;22(8):1292–1300. DOI: 10.1016/j.spinee.2022.02.010.

83. Wu PH, Sebastian M, Kim HS, Heng GTY. How I do it? Uniportal full endoscopic pseudoarthrosis release of

left L5/S1 Bertolotti's syndrome under intraoperative computer tomographic guidance in an ambulatory setting. *Acta Neurochir*. 2021;163(10):2789–2795. DOI: 10.1007/s00701-021-04975-0.

84. Shinonara K, Kaneko M, Ugawa R, Arataki S, Takeuchi K. The effectiveness of preoperative assessment using a patient-specific three-dimensional pseudoarticulation model for minimally invasive posterior resection in a patient with Bertolotti's syndrome: a case report. *J Med Case Rep*. 2021;(1591):68. DOI: 10.1186/s13256-020-02635-y.

85. Adams R, Herrera-Nicol S, Jenkins AL3rd. Surgical treatment of a rare presentation of Bertolotti's syndrome from Castellvi type IV lumbosacral transitional vertebrae: Case report and review of the literature. *J Neurol Surg Rep*. 2018;79(3):70–74. DOI: 10.1055/s-0038-1667172.

86. Hou L, Bai X, Li H, Cheng S, Wen T, He Q, Ruan D. “Asquired” type Castellvi-IIIa lumbarization transformed from Castellvi-IIa following discectomy and fusion at lumbosacral level: A case report. *Spine*. 2018;43(22):1364–1367. DOI: BRS.0000000000002711.

87. Бывальцев В.А., Калинин А.А., Бирючков М.Ю., Хозеев Д.В., Джубаева Б.А., Пестряков Ю.Я. Анализ неудовлетворительных результатов хирургического лечения пациентов с аномалиями пояснично-крестцового перехода позвоночника. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2022;86(1):39–47. [Byvaltsev VA, Kalinin AA, Biryuchkov MYu, Khozeev DV, Dzhubayeva BA, Pestryakov YuYa. Analysis of unfavorable postoperative outcomes in patients with lumbosacral junction anomalies. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2022;86(1):39–47. (In Russ.)] DOI: 10.17116/neiro20228601139.

Сведения об авторе

Скрябин Евгений Геннадьевич, докт. мед. наук, проф., каф. травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень, Россия; skryabineg@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4128-6127>

Author details

Evgeny G. Skryabin, M.D., D.Sci. (Med.), Prof., Depart. of Traumatology and Orthopedics, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia; skryabineg@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4128-6127>