

УДК 617.559-009.76-08

DOI: 10.34215/1609-1175-2023-2-9-14



Обзор современных методов лечения боли у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками

Е.Г. Скрыбин, Д.А. Романенко, Ю.В. Евстропова, А.С. Назарова

Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

Купирование болевого синдрома у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками проводят с помощью консервативных и оперативных методов. К первым относят приемы традиционной восточной медицины, мануальную терапию, физиотерапевтические процедуры, лечебные медикаментозные блокады. Объем оперативных вмешательств включает резекцию зоны псевдоартроза, малоинвазивную эндоскопическую хирургию, радиочастотную абляцию, межтеловой спондилодез. В статье приведены ближайшие и в некоторых случаях отдаленные результаты лечения, возникающие при этом причины неудовлетворительных исходов и осложнений. Актуальность проблемы обусловлена не только значительной распространенностью переходных пояснично-крестцовых позвонков в популяции, но и отсутствием единых, общепринятых алгоритмов в выборе индивидуальной лечебной тактики, учитывающей анамнез, возраст пациентов, сопутствующие дистрофические изменения вышерасположенных позвоночно-двигательных сегментов.

Ключевые слова: переходные пояснично-крестцовые позвонки, боль, методы лечения

Поступила в редакцию: 19.02.23. Получена после доработки: 22.02.23, 06.03.23. Принята к печати: 23.03.23

Для цитирования: Скрыбин Е.Г., Романенко Д.А., Евстропова Ю.В., Назарова А.С. Обзор современных методов лечения боли у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2023;2:9–14. doi: 10.34215/1609-1175-2023-2-9-14

Для корреспонденции: Скрыбин Евгений Геннадьевич – д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии Тюменского государственного медицинского университета (625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54); ORCID: 0000-0002-4128-6127; e-mail: skryabineg@mail.ru

Review of current pain management in patients with lumbosacral transitional vertebrae

E.G. Skryabin, D.A. Romanenko, Yu.V. Evstropova, A.S. Nazarova

Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Pain in patients with transitional lumbosacral vertebrae is managed with surgical and non-surgical treatment. The non-surgical treatment involves techniques of traditional oriental medicine, manual therapy, physiotherapeutic procedures, and pharmacological blockade. Surgical interventions include resection of the pseudarthrosis, minimally invasive endoscopic surgery, radiofrequency ablation, and interbody fusion. The paper presents immediate and, in some cases, long-term outcomes, the causes of unsatisfactory outcomes and complications. The relevance of the study stems from the high prevalence of lumbosacral transitional vertebrae in the population, and, moreover, the lack of unified, generally accepted algorithms in choosing individual treatment, based on the history of patients, their age, as well as concomitant dystrophic changes of the superior spinal motion segments.

Keywords: lumbosacral transitional vertebrae, pain, methods of treatment

Received 19 February 2023; Revised 22 February, 6 March 2023; Accepted 23 March 2023

For citation: Skryabin E.G., Romanenko D.A., Evstropova Yu.V., Nazarova A.S. Review of current pain management in patients with lumbosacral transitional vertebrae. *Pacific Medical Journal*. 2023;2:9–14. doi: 10.34215/1609-1175-2023-2-9-14

For correspondence: Evgeny G. Skryabin, DM, prof. of the Department of Traumatology and Orthopedics, Tyumen State Medical University (54 Odesskaya St., Tyumen, 625023, Russia); ORCID: 0000-0002-4128-6127; e-mail: skryabineg@mail.ru

Боль пояснично-крестцовой локализации является одной из самых частых жалоб среди пациентов различных возрастных групп [1]. В структуре причин поясничных болей дисплазии и врожденные аномалии развития позвоночника и крестца занимают одно из первых мест по частоте [2]. В свою очередь, в структуре этих врожденных заболеваний переходные пояснично-крестцовые позвонки в виде сакрализации L_5 и люмбализации S_1 отводят ведущие позиции [3]. Частота диагностики этих двух форм вертеброгенной патологии составляет 36% клинических наблюдений [4], достигая максимального показателя в 46% случаев среди пациентов,

перенесших операции по поводу межпозвонковых грыж, стеноза позвоночного канала, спондилолистеза, постламинэктомического синдрома [5].

Актуальность проблемы переходных пояснично-крестцовых позвонков определяют несколько факторов, важнейшим из которых является трудность в достижении стойкого купирования болевого синдрома, вызванного в первую очередь различной степенью контактов одного или обоих поперечных отростков надкрестцового позвонка с боковой массой (или масса-ми) крестца и/или крылом (или крыльями) подвздошной кости [6–8].

Отсутствие общепринятых терапевтических и хирургических алгоритмов лечения, учитывающих возраст пациентов, тип заболевания, особенности клинической симптоматики, наличие сопутствующих аномалий и степень выраженности дегенеративно-дистрофических поражений краниально расположенных позвоночно-двигательных сегментов (ПДС), делает обсуждаемую проблему чрезвычайно актуальной [9].

Причиной боли у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками считают наличие псевдоартроза с одной или обеих сторон на уровне ПДС пояснично-крестцового перехода [10]. С течением времени усугубляется экстрафораминальный стеноз, что приводит к компрессии и ущемлению корешка (или корешков) $L_V(S_I)$ с усилением клинической симптоматики [8]. Этот механизм М. Iwasaki и соавт. [11] описывают как «размозжение» корешка L_V (Состояние, при котором экстрафораминальный стеноз отягощен образованием остеофитов, в англоязычной вертебрологической литературе называют «Far Out Syndrome» («синдром дальнего выхода») [12].) Частота встречаемости этого синдрома у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками составляет в среднем 13% случаев [13].

В значительной мере усугубляет болевой синдром различной степени выраженности дегенерация межпозвонковых дисков, вплоть до секвестрации пульпозного ядра, вышерасположенных относительно аномального сегментов, в первую очередь ПДС $L_{III}-L_{IV}$, $L_{IV}-L_V$ [5].

Степень выраженности боли пояснично-крестцовой локализации у пациентов с исследуемой аномалией до начала лечения находится в диапазоне от минимальных 3,7 балла [8] до максимальных 7,54 балла [7] по визуальной аналоговой шкале.

В проведении лечения нуждаются пациенты с достоверно установленным диагнозом переходных пояснично-крестцовых позвонков, испытывающие боль [14]. Арсенал применяемых при этом лечебных средств широк: от методов традиционной восточной медицины до межтелового спондилодеза [3].

Методы традиционной восточной медицины, мануальной терапии, физиотерапевтические процедуры

Методы традиционной корейской медицины, включающие иглоукалывание, фитотерапию и мануальную терапию CHUNA, применялись группой южнокорейских авторов в лечении поясничных болей, иррадирующих в правую ногу, у мужчины с установленным диагнозом синдрома Бертолотти. Лечение проводилось в течение 40 дней, в результате чего боли в пояснице уменьшились с 3 до 2 баллов, боли в ноге – с 5 до 2 баллов [15]. Аналогичный комплекс лечебных процедур, дополненный мануальным воздействием по методике MST (Motion Style Treatment) на квадратные поясничные мышцы и травяной акупунктурой на триггерные точки, был использован их соотечественниками в лечении пациента с грыжей межпозвонкового диска, развившейся на фоне сакрализации позвонка L_V . Курс

лечения в условиях стационара составил 25 дней, результатом явилось уменьшение выраженности алгического синдрома в пояснице с 7 до 5 баллов, в ноге – с 4 до 3 баллов [16].

Южнокорейский реабилитолог М.И. Oh с успехом применил локальное воздействие на пояснично-крестцовый отдел позвоночника больного фармакопунктуры пчелиным ядом, в результате чего также добился уменьшения степени выраженности болей [17].

Физиотерапевтические процедуры, занятия лечебной физкультурой, мануальная терапия и корсетирование сказались положительно на выраженности поясничных болей, увеличении мобильности позвоночника и суставов конечностей у военнослужащего армии США с диагностированным пояснично-крестцовым переходным позвонком IIa типа по классификации Castellvi. Об этом в своей научной статье информирует читателей физиотерапевт А.К. Brenner. После проведения 2-недельного курса реабилитационных мероприятий состояние пациента улучшилось с 32 до 4% по шкале Oswestry [18].

Медикаментозные блокады

К медикаментозным средствам так называемой «первой линии» относят анальгетики и противовоспалительные препараты, назначаемые больным совместно с физиотерапевтическими процедурами [10]. Более выраженный терапевтический эффект регистрируют от медикаментозных блокад в проекцию «ложного сустава», в зону между поперечным отростком (или отростками) надкрестцового позвонка и крестцовым крылом (или крыльями при двустороннем процессе) [19]. Так, блокады лидокаином в сочетании с глюкокортикоидом кортивазолом под контролем компьютерной томографии позволили получить уменьшение выраженности болей у пациентов с уровня исходных 5,52 до 3,86 балла по визуальной аналоговой шкале в течение 12 недель [20]. В контрольной группе пациентов, получивших инъекции лидокаина и изотонического раствора натрия хлорида, терапевтический эффект в тех же самых балльных показателях длился в течение всего лишь 4 недели. Отметим, что механизм лечебного действия медикаментозных блокад остается невыясненным [20].

А.Е. Celenlioglu и соавт. [21] считают более эффективным средством купирования боли трансфораминальные эпидуральные блокады глюкокортикоидами. При этом авторы информируют, что лучший лечебный эффект наблюдается при люмбализации позвонка S_6 , чем у пациентов с сакрализацией позвонка L_V [21].

Результаты медикаментозных блокад оценивают с помощью визуальной аналоговой шкалы: снижение баллов на 50% от исходных или балл менее 3,0 после получения курса инъекций следует считать хорошим ближайшим результатом лечения [21].

В ряде случаев полученный положительный эффект от местной анестезии рассматривают в качестве критерия для проведения оперативного вмешательства на уровне псевдоартроза [9]. К операциям прибегают

по той причине, что положительный эффект от медикаментозных блокад, как правило, нестойкий и болевой синдром возобновляется [22].

Резекция зоны псевдоартроза поперечного отростка надкрестцового позвонка

Псевдоартрэктомия – операция, направленная на резекцию области псевдоартроза увеличенного в размерах поперечного отростка надкрестцового позвонка, – применяется в клинической практике у пациентов с болевым синдромом, ассоциированным с переходными пояснично-крестцовыми позвонками [7]. Строго определенных показаний для применения этой методики в клинической практике не разработано [23]. Наиболее эффективно данное вмешательство у пациентов с дегенеративно-дистрофическим поражением ПДС, расположенных выше зоны псевдоартроза, а также у тех, кто имеет I и II типы патологии [24]. Прямо противоположного мнения придерживается группа американских хирургов и патологоанатомов из города Кливленда. Изучение посмертного материала позволило авторам сделать заключение о том, что лучшие результаты резекции поперечного отростка позвонка L_V будут получены, если вышележащие ПДС, относительно аномального, не будут поражены изменениями, характерными для их нестабильности [25].

Исследованиями К.А. McGrath и соавт. [9] показано, что псевдоартрэктомия приводит к улучшению качества жизни большинства оперированных пациентов, о чем свидетельствуют результаты их тестирования по критериям американской системы оценки исходов терапии «PROMIS-GH Mental and Physical Health». Вместе с тем в литературе встречаются сообщения о возникающих после псевдоартрэктомии осложнениях, среди которых радикулопатия L_V , нейропатия бедренно-полового нерва [26]. Интересно отметить, что чаще послеоперационные

осложнения получают при использовании заднего оперативного доступа к поперечному отростку позвонка L_V , кажущегося на первый взгляд менее травматичным и опасным, чем передний доступ [17, 44]. Ряд авторов прямо указывает, что к поперечному отростку позвонка L_V «...можно легко подойти с помощью параспинального межмышечного доступа» [10].

В таблице 1 приведены данные клинических наблюдений за пациентами в возрасте от 13 лет [27] до 71 года [28], перенесшими псевдоартрэктомию по поводу переходных пояснично-крестцовых позвонков.

Анализ этих данных показывает, что перед операцией всем пациентам проводилось консервативное лечение с незначительным лечебным эффектом и во всех клинических наблюдениях ближайший послеоперационный период характеризуется отсутствием болевого синдрома. Отдаленные результаты проведенных псевдоартрэктомий авторами не сообщаются [25, 27–32].

Оперативные методики из арсенала малоинвазивной спинальной хирургии также применяют с целью купирования болей у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками [24]. Преимущество данных операций состоит в том, что эндоскопическое оборудование и интраоперационная 3D-навигация позволяют с хорошим лечебным эффектом, при минимальных кровопотере и травмировании мягких тканей, провести декомпрессию стенозированных межпозвоноковых отверстий, тем самым устранить импиджмент корешков спинномозговых нервов [5, 12]. Кроме того, рассечение основания поперечного отростка надкрестцового позвонка с помощью высокоскоростной дрели в краниально-каудальном направлении позволяет блокировать пути механического напряжения от позвонка к зоне псевдоартроза, что способствует уменьшению выраженности, а иногда и к купированию алгического синдрома в пояснице [7].

Таблица 1

Характеристика лечения болевого синдрома у пациентов, перенесших псевдоартрэктомию

Количество пациентов, пол, возраст	Длительность боли до операции	Эффективность консервативного лечения	Эффективность оперативного лечения	Литература
Один, женский, 17 лет	4 года	Кратковременный эффект	Псевдоартрэктомия, купирование боли	[25]
Один, мужской, 13 лет	Не указано	Кратковременный эффект	Псевдоартрэктомия, купирование боли	[27]
Двое, женский, 14 и 16 лет	9 мес. у 14-летней; 2 г. 3 мес. – у 16-летней	Кратковременный эффект	Псевдоартрэктомия, купирование боли	[29]
Трое	В среднем 4 года	Без положительного эффекта	Псевдоартрэктомия, купирование боли; псевдоартрэктомия с декомпрессией, купирование боли; задний спондилодез, купирование боли	[30]
Один, мужской, 17 лет	2 года	Кратковременный эффект	Псевдоартрэктомия, купирование боли	[31]
Один, женский, 45 лет	6 месяцев	Кратковременный эффект	Псевдоартрэктомия и дискэктомия, купирование боли	[32]
Один, мужской, 71 год	3 года	Без эффекта	Псевдоартрэктомия, купирование боли	[28]

В 2017 году появилось сообщение об успешном выполнении чрескожной эндоскопической операции у 3 пациентов [33]. Н. Нео и соавт. [34] приводят результаты одностороннего бипортального эндоскопического доступа уже у 14 прооперированных больных. Средний срок, прошедший с момента операции, составил 6 месяцев. Во всех клинических наблюдениях удалось добиться стойкого купирования болей в пояснице, лишь у 2 (14,28%) пациентов в ближайшем послеоперационном периоде развился болевой синдром в проекции почки, вызванный воспалением паранефральной клетчатки. Это состояние купировалось назначением консервативной терапии [34]. М.К. Park и соавт. [8] применили эту же хирургическую технологию в лечении поясничных болей, средней интенсивностью в 7,2 балла, у 35 больных. Спустя год после проведенной операции средняя выраженность поясничного алгического синдрома в этой группе пациентов составила 2,3 балла. Эндоскопический релиз зоны псевдоартроза L_V-S_I можно осуществлять в амбулаторных условиях [35].

Ряд авторов предостерегает о возможных осложнениях в ходе проведения малоинвазивных операций, обусловленных изменениями нормальной анатомии пояснично-крестцового отдела позвоночника у большинства пациентов с аномалиями развития [10, 13]. Так, у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками зона слияния правой и левой подвздошных вен в нижнюю полую вену располагается не на уровне межтелового промежутка $L_{IV}-L_V$, а выше, в среднем на 8 мм, что чревато риском ятрогенного сосудистого повреждения [36]. При этом в 10% случаев в ходе осуществления оперативного доступа к аномальным пояснично-крестцовым сегментам требуется изменение типичного подхода из-за наличия сопутствующих изменений анатомии сосудистой сети [37].

В качестве эффективного и безопасного метода малоинвазивной хирургии у пациентов с болевым синдромом поясничной локализации рассматривают импульсивную радиочастотную абляцию зоны псевдоартроза ПДС L_V-S_I [38]. R. Burnhan и соавт. [39] описывают методику проведения процедуры у 56-летней пациентки, у которой болевой синдром был связан с синдромом Бертолотти IIa типа. Биполярная радиочастотная термическая обработка зоны псевдоартроза по его периметру позволила уменьшить выраженность болей, которые беспокоили женщину в течение 16 лет [39]. Применение этой методики позволяет снизить интенсивность поясничной боли на 50–80% на срок от 6 до 12 месяцев [40].

В настоящее время межтеловой спондилодез является «золотым стандартом» в ряду оперативных методик и используется при широком спектре заболеваний поясничного отдела позвоночника у пациентов [41]. Наибольшее распространение в лечении болевого синдрома, ассоциированного с переходными пояснично-крестцовыми позвонками, получил задний спондилодез (posterior lumbar interbody fusion, PLIF) [5, 42, 43]. Реже используют методику TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion), имеющую ограничения

к применению у пациентов с люмбализированным крестцом [44].

Встречаются единичные публикации о применении переднего спондилодеза (anterior lumbar interbody fusion, ALIF) и косого (oblique lumbar interbody fusion, OLIF) доступов в хирургическом лечении аномальных пояснично-крестцовых сегментов [45], несмотря на то что эти подходы минимизируют риск повреждения жизненно важных сосудов у пациентов с сакрализацией позвонка L_V [46].

Протяженность зоны спондилодеза при хирургическом лечении болей, вызванных сакрализацией и люмбализацией позвонков, как правило, ограничена двумя ПДС: $L_{III}-L_V$ и $L_{IV}-S_I$ [5, 42, 43].

Результаты применения заднего спондилодеза в клинической практике не во всех случаях удовлетворяют пациентов. S. Santavirta и соавт. [47] представили отдаленные результаты PLIF у 8 пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками. У 5 (62,5%) человек болевой синдром был купирован полностью, у 1 (12,5%) пациента не было отмечено клинического улучшения, у 2 (25,0%) пациентов наблюдалось усиление болей. Сравнив полученные результаты с исходами консервативной терапии, авторы отдали предпочтение хирургической методике лечения.

Интересное сообщение о сравнительных результатах PLIF (у 9 пациентов) и резекции поперечного отростка надкрестцового позвонка (у 18 пациентов) приводят A.L. Mikula и соавт. [48]. В этом исследовании купирование болевого синдрома достигалось через 6 месяцев после спондилодеза, однако через 12 месяцев отсутствие болевых ощущений отмечали только 78% пациентов. При резекции поперечного отростка в те же самые сроки наблюдения частота отсутствия болей составила 78 и 28% соответственно. Авторы делают вывод о более длительном периоде отсутствия болей у пациентов после заднего спондилодеза, чем при псевдоартрэктомии. Эффективность спондилодеза показана также у пациентов с III и IV типом переходных позвонков при оперативном вмешательстве на уровне $L_{IV}-S_I$ [43]. L. Ноу и соавт. [42] приводят описание PLIF, выполненного 60-летнему мужчине с переходным позвонком IIa типа. При изучении отдаленных результатов через один год было отмечено, что область псевдоартроза трансформировалась в полноценное костное сращение правого поперечного отростка позвонка L_V с правым крестцовым крылом, т. е. патология трансформировалась в IIIa тип, при этом боли пациента не беспокоили.

Благополучные исходы спондилодеза у пациентов с переходными пояснично-крестцовыми позвонками описаны по наблюдениям за 1–3 пациентами. В таких публикациях о неблагоприятных результатах проводимой терапии, как правило, не сообщается. Особый интерес вызывает анализ вероятных причин неудовлетворительных исходов оперативного лечения. Именно этому посвящена публикация иркутских нейрохирургов под руководством В.А. Бывальцева [49]. Авторы

провели анализ послеоперационных исходов у 314 пациентов, оперированных по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника, протекающих на фоне врожденных аномалий развития пояснично-крестцового перехода. Неблагоприятные клинические исходы зафиксированы в 42 (13,37%) клинических наблюдениях. Из этих 42 случаев 7 (16,66%) неудовлетворительных исходов зафиксированы после чрескожных вмешательств, при аномалиях Ib и IIb типов в соответствии с классификацией Castellvi, 12 (28,57%) отрицательных результатов получены при декомпрессивных операциях у пациентов с Ia, IIb и IV типами патологии, 23 (54,77%) осложнения возникли после декомпрессивно-стабилизирующих операций у пациентов с Ia и IIIa типами переходных пояснично-крестцовых позвонков [49].

Заключение

Купирование болевого синдрома у пациентов различных возрастных групп с переходными пояснично-крестцовыми позвонками проводят с помощью консервативных и оперативных методов лечения. К первым относят методы традиционной восточной медицины, мануальной терапии, физиотерапевтические процедуры, лечебные медикаментозные блокады анальгетиками и глюкокортикоидами. Арсенал оперативных методик включает резекцию зоны псевдоартроза поперечного отростка надкрестцового позвонка, малоинвазивные эндоскопические технологии, радиочастотную абляцию, межтеловой спондилодез. В настоящее время не разработаны единые общепринятые показания к выбору того или иного метода лечения, направленного на купирование болевого синдрома, с учетом возраста пациентов и типа патологии.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования: авторы заявляют о проведении исследования из собственных средств.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования – СЕГ

Набор и обработка материала – СЕГ, РДА, ЕЮВ, НАС

Написание текста – СЕГ, РДА, ЕЮВ, НАС

Редактирование – СЕГ

Литература / References

1. Вышлова И.А., Карпов С.М., Раевская А.И., Реверчук И.В. Реабилитация пациентов с хронической болью в нижней части спины. *Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова*. 2022;122(6):14–9. [Vyshlova IA, Karpov SM, Raevskaya AI, Reverchuk IV. Rehabilitation of patients with chronic low back pain. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2022;122(6):14–9 (In Russ.)]. doi: 10.17116/jnevro202212206114
2. Dhanjani S, Altaieb M, Marqalit A, Puvanesraja V, Jain A. Pediatric Back Pain Associated with Bertolotti Syndrome: A Report of 3 Cases with Varying Treatment Strategies. *JBJS Case Connect*. 2021;11(4):2100068. doi: 10.2106/JBJS.CC.21.00068
3. Скрябин Е.Г. Сакрализация позвонка L_v (синдром Бертолотти): обзор литературы. *Гений ортопедии*. 2022;28(5):726–33. [Skryabin EG. Sacralization of the L_v vertebra (Bertolotti syndrome): a literature review. *Orthopedic Genius*. 2022;28(5):726–33 (In Russ.)]. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-726-733
4. Johnson ZD, Aoun SG, Ban VS, El Ahanadieh TY, Kafka B, Wolfe C, Adogwa O, Bayly CA, Al Tamimi M. 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):219–20. doi: 10.1093/ons/opaa343
5. Ashour A, Hassan A, Aly M, Nafady MA. Prevalence of Bertolotti's Syndrome in Lumbosacral Surgery Procedures. *Cureus*. 2022;14(6):26341. doi: 10.7759/cureus.26341
6. Castellvi AE, Goldstein LA, Chan DP. Lumbosacral transitional vertebrae and their relationship with lumbar V extradural defects. *Spine*. 1984;9:493–5. doi: 10.1097/00007632-198407000-00014
7. Ju CI, Kim SW, Kim JG, Lee SM, Shin H, Lee HY. Decompressive L₅ Transverse Processotomy for Bertolotti's Syndrome: A Preliminary Study. *Pain Physician*. 2017;20(6):923–32
8. Park MK, Son SK, Park WW, Choi SH, Jung DY, Kim DH. Unilateral Biportal Endoscopy for Decompression of Extra foraminal Stenosis at the Lumbosacral Junction: Surgical Techniques and Clinical Outcomes. *Neurospine*. 2021;18(4):871–9. doi: 10.14245/ns.2142146.073
9. McGrath K.A., Thompson N.R., Fisher E., Kanasz J., Golubovsky J.L., Steinmetz M.P. Quality-of-life and postoperative satisfaction following pseudarthrectomy in patients with Bertolotti syndrome. *Spine J*. 2022;22(8):1292–300. doi: 10.1016/j.spinee.2022.02.010
10. Crane J, Cragon R, O'Neil R, Berger AA, Kassem H, Sherman WF, Paladini A, Varrassi G, Odisho AS, Mirigala S, Kaye AD. A Comprehensive Update of the Treatment and Management of Bertolotti's Syndrome: A Best Practices Review. *Orthop Rev*. 2021;13(2):24980. doi: 10.52965.001c.24980
11. Iwasaki M, Akiyama M, Koyanagi I, Niya Y, Ihara T, Houkin K. Double Cruch of L₅ Spinal Nerve Root due to L₄/L₅ Lateral Recess Stenosis and Bony Spur Formation of Lumbosacral Transitional Vertebra Pseudoarticulation: A Case Report and Review. *NMC Case Rep J*. 2017;4(4):121–5. doi: 10.2176/nmccrj.cr.2016-0308
12. Kikuchi K, Abe E, Miyakoshi T, Abe T, Hongo M, Shimada Y. Anterior decompression for fault-out syndrome below a transitional vertebra: a report of two cases. *Spine J*. 2013;13(8):21–5. doi: 10.1016/j.spinee.2013.02.033
13. Porter NA, Lalam RK, Tins BJ, Tyrrell PNM, Cassar-Pullicino VN. Prevalence of extra foraminal nerve root compression below lumbosacral transitional vertebrae. *Skeletal Radiol*. 2014;43(1):55–60. doi: 10.1007/s00256-013-1750-0
14. 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
15. Han J, Park B, Son J, Lee N, Kang D, Min T, Ahn J, Lee H, Lee H, Ji Y, Cho S, Lee S, Kim H. Effects of Korean Medicine Treatment for a Patient with Lumbar Radiculopathy Diagnosed with Bertolotti's Syndrome: A Case Report. *J Korean Med Rehabil*. 2021;31(4):203–10. doi: 10.18325/jkmr.2021.31.4.203
16. Kim MH, Bae YH, Kim HS, Kim HS, Kim JY, Kim SY, Lee SG. The clinical report of the chronic HIVD patient with sacralization treated with quadrates lumborum MST (motion style treatment). *The Journal of Korea CHUNA Manual Medicine for Spine and Nerves*. 2014;9(2):11–9.
17. Oh MJ. Effect of bee venom pharmacopuncture complex therapy on lumbar spinal stenosis with lumbosacral transitional vertebrae. *Journal of Sports Korean Medicine and Clinical Pharmacopuncture*. 2012;12(1):47–55.
18. Brenner AK. Use of lumbosacral region manipulation and therapeutic exercises for a patient with a lumbosacral transitional vertebra and low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(6):368–76. doi: 10.2519/jospt.2005.35.6.368
19. Юлин В.С., Шпагин М.В., Колесников М.В. Синдром Бертолотти. *Трудный пациент*. 2020;18(3):13–6. [Yulin V.S., Shpagin M.V., Kolesnikov M.V. Bertolotti syndrome. *Difficult patient*. 2020;18(3):13–6 (In Russ.)]. doi: 10.24411/2074-1995-2020-10012

20. Glemarec 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):359–63. doi: 10.1016/j.jbspin.2017.05.003
21. Celenlioglu AE, Sensan S, Bilim S, Sansar M, Gunduz OH. Comparison of Caudal Versus Transforaminal Epidural Steroid Injection in Post Lumbar Surgery Syndrome After Single-level Discectomy: A Prospective Randomized Trial. *Pain Physician*. 2022;25(2):161–9.
22. 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
23. Yousif S, Wood M. Minimally invasive resection of lumbosacral pseudojoint resulting in complete resolution of a lower back pain – A case report and review of Bertolotti syndrome. *J Clin Neurosci*. 2018;51:67–8. doi: 10.1016/j.jocn.20187.02.006
24. 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
25. Babu H, Lagman C, Kim TT, Grade M, Johnson JP, Drazin D. Intraoperative navigation-guided resection of anomalous transverse processes in patients with Bertolotti's syndrome. *Surg Neurol Int*. 2017;8:236. doi: 10.4103/sni.sni_173_17
26. Li Y, Lubelski D, Abdullah KG, Mroz TE, Steinmetz MP. Minimally invasive tubular resection of the anomalous transverse process in patients with Bertolotti's syndrome: presented at the 2013 Joint Spine Section Meeting: clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2014;20(3):283–90. doi: 10.3171/2013.11.SPINE13132
27. Cuenca C, Bataille J, Chouilem M, Ballouhey Q, Fourcade L, Marcheix PC. Bertolotti's syndrome in children: From low-back pain to surgery. A case report. *Neurochirurgie*. 2019;65(6):421–4. doi: 10.1016/j.neuchi.2019.06.004
28. Kawtharani S, Bsai SA, El Housheim M, Moussalem C, Halaoui A, Sunna T. A case of Bertolotti's syndrome as a cause of sciatica. *Surg Neurol Int*. 2021;12:516. doi: 10.25259/SNI_756_2021
29. Louie CE, Hong J, Bauer DF. Surgical management of Bertolotti's syndrome in two adolescents and literature review. *Surg Neurol Int*. 2019;10:135. doi: 10.25259/SNI-305-2019
30. Dhanjani S, Altaieb M, Marqalit A, Puvanesraja V, Jain A. Pediatric Back Pain Associated with Bertolotti Syndrome: A Report of 3 Cases with Varying Treatment Strategies. *JBJS Case Connect*. 2021;11(4):2100068. doi: 10.2106/JBJS.CC.21.00068
31. Sumarriva G, Cook B, Celestre P. Surgical Resection of Bertolotti Syndrome. *Ochsner J*. 2022;22(1):76–9. doi: 10.31486/toj.20.0012
32. Takata Y, Sakai T, Higashino K, Goda Y, Mineta K, Sugiura K, Saiyo K. Minimally Invasive Microendoscopic 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
33. Pandel B, Kim H.-S., Jang JS, Choi JH, Chung SK, Lee JS, Kim JH, Oh SH, Jang IT. Percutaneous Full Endoscopic Treatment of Bertolotti Syndrome: A Report of Tree Cases with Technical Note. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2017;78(6):566–71. doi: 10.1055/s0037-1598173
34. Heo DH, Sharma S, Park CK. Endoscopic Treatment of Extraforaminal Entrapment of L5 Nerve Root (Far Out Syndrome) by Unilateral Biportal Endoscopic Approach: Technical Report and Preliminary Clinical Results. *Neurospine*. 2019;16(1):130–7. doi: 10.14245/ns.1938026.013
35. Wu PH, Sebastian M, Kim HS, Heng GTY. How I do? 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):2789–95. doi: 10.1007/s00701-021-04975-0
36. Vargas-Moreno A., Diaz-Ordaz R., Berbeo-Calderon M. Venous anatomy of the lumbar region applied to anterior lumbar interbody fusion (ALIF): Proposal of a new classification. *NASSJ*. 2021;7:100078. doi: 10.1016/j.xnsj.2021.100078
37. Weiner BK, Walker M, Fraser RD. Vascular anatomy anterior to lumbosacral transitional vertebrae and implications for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J*. 2001;1(6):442–4. doi: 10.1016/S1529-9430(01)00126-7
38. Kanematsu R, Hanikita J, Takanashi T, Tomita Y, Minami M. Pulsed Radiofrequency Treatment for Bertolotti's Syndrome Presenting With Low Back Pain: Report of Four Cases. *Pain Pract*. 2020;20(5):568–70. doi: 10.1111/parp.12877
39. Burnham R. Radiofrequency Sensory Ablation as a Treatment for Symptomatic Unilateral Lumbosacral Junction Pseudarticulation (Bertolotti's Syndrome): A Case Report. *Pain Medicine*. 2010;11(6):853–5. doi: 10.1111/j.1526-4637.2010.00869.x
40. Ткаченко В.Д., Портнягин И.В., Горячева К.В. Эффективность и продолжительность действия радиочастотной денервации фасеточных суставов при боли в нижней части спины. *Российский журнал боли*. 2021;19(2):27–32. [Tkachenko VD, Portnyagin IV, Goryacheva KV. Efficacy and duration of radiofrequency facet joint denervation for low back pain. *Russian Journal of Pain*. 2021;19(2):27–32 (In Russ.)]. doi: 10.17116/pain20211902127
41. Алейник А.А., Млявых С.Г., Qurechi S. Латеральный косой (препсоас) доступ при выполнении поясничного спондилодеза (обзор). *Современные технологии в медицине*. 2021;13(5):70–82. [Aleinik AY, Mlyavych SG, Qurechi S. Lateral oblique (prepsoas) approach for lumbar fusion (review). *Modern Technologies in Medicine*. 2021;13(5):70–82 (In Russ.)]. doi: 10.17691/stm2021.13.5.09
42. Hou L, Bai X, Li H, Cheng S, Wen T, He Q, Ruan D. «Asquired» Type Castellvi IIIa Lumbarization Transformed From Castellvi Ila Following Discectomy and Fusion at Lumbosacral Level: A Case Report. *Spine*. 2018;43(22):1364–7. doi: 10.1097/BRS.0000000000002711
43. Adams R, Herrera-Nicol S, Jenkins AL. 3rd. Surgical treatment of a Rare Presentation of Bertolotti's Syndrome from Castellvi Type IV Lumbosacral Transitional Vertebra: Case Report and Review of the Literature. *J Neurol Surg Rep*. 2018;79(3):70–4. doi: 10.1055/s0038-1667172
44. 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;25(5):285–91. doi: 10.1097/BSD.0b013e31821e262f
45. Abe E, Sato K, Shimada Y, Okada K, Yan K, Mizutani Y. Anterior decompression of foraminal stenosis below a lumbosacral transitional vertebra. A case report. *Spine*. 1997;22(7):823–6. doi: 10.1097/00007632-199704010-00023
46. Hafer H, Becker L, Putzier M, Wietholter M, Ziegeler K, Diekhoff T, Pumberger M, Hardt S. Changes of Fixed Anatomical Spinopelvic Parameter in Patients with Lumbosacral Transitional Vertebrae: A Matched Pair Analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(1):59. doi: 10.3390/diagnostics11010059
47. Santavirta S, Tallroth K, Ylinen P, Suoranta H. Surgical treatment of Bertolotti's syndrome. Follow-up of 16 patients. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1993;112(2):82–7. doi: 10.1007/BF00420261
48. Mikula AL, Lakomkin N, Ransom RC, Flanagan PM, Waksdahl LA, Penington Z, Sharma MS, Elder BD, Fogelson JL. Operative Treatment of Bertolotti Syndrome: Resection Versus Fusion. *World Neurosurg*. 2022;165:311–6. doi: 10.1016/j.wneu.2022.06.042
49. 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 имени Н.Н. Бурденко*. 2022;86(1):39–47. [Byval'tsev VA, Kalinin AA, Biryuchkov MYu, Khoseev DV, Dzhubaeva BA, Pestryakov YU. Analysis of unsatisfactory results of surgical treatment of patients with anomalies of the lumbosacral junction of the spine. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2022;86(1):39–47 (In Russ.)]. doi: 10.1711/neiro20228601139