

ИСТМИЧЕСКИЙ СПОНДИЛОЛИСТЕЗ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Б.Р. Кинзягулов, В.Б. Лебедев, А.А. Зуев

ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 105203 Москва, ул. Нижняя Первомайская, 70

Контакты: Булат Рустемович Кинзягулов bkinyagulov@yandex.ru

Истмический спондилолистез – распространенная в популяции патология, зачастую диагностируемая у лиц трудоспособного возраста. По вопросам этиопатогенеза, а также классификации данной патологии у исследователей нет единого мнения. В настоящий момент в литературе приведены противоречивые данные о клинических особенностях, диагностике и тактике лечения.

Цель работы – представление актуальных сведений из мировой литературы об особенностях этиологии, классификации, клиники, диагностики, лечения пациентов с истмическим спондилолистезом.

Ключевые слова: истмический спондилолистез, сагиттальный баланс, позвоночно-тазовое соотношение, функциональная рентгенография, редукция позвонка

Для цитирования: Кинзягулов Б.Р., Лебедев В.Б., Зуев А.А. Истмический спондилолистез: современное состояние проблемы. Нейрохирургия 2022;24(4):101–10. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-101-10

Isthmic spondylolisthesis: the current state of the problem

B.R. Kinzyagulov, V.B. Lebedev, A.A. Zuev

N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center, Ministry of Health of Russia; 70 Nizhnyaya Pervomayskaya St., Moscow 105203, Russia

Contacts: Bulat Rustemovich Kinzyagulov bkinyagulov@yandex.ru

Isthmic spondylolisthesis is a common pathology in the population, often diagnosed in people of working age. On the issues of etiopathogenesis, as well as the classification of this pathology, researchers have no consensus. Currently, the literature provides different opinions on clinical features, evaluation, and treatment tactics. The presented work includes current information from the world literature on the etiology, classification, clinics, diagnostics, and treatment of patients with isthmic spondylolisthesis.

The purpose of the work is to present current information from the world literature on the features of etiology, classification, clinic, diagnosis, treatment of patients with isthmic spondylolisthesis.

Keywords: isthmic spondylolisthesis, sagittal balance, spino-pelvic alignment, flexion-extension radiographs, reduction for spondylolisthesis

For citation: Kinzyagulov B.R., Lebedev V.B., Zuev A.A. Isthmic spondylolisthesis: the current state of the problem. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2022;24(4):101–10. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-101-10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Термином «спондилолистез» (СЛ) обозначают патологический процесс, при котором происходит смещение тела вышележащего позвонка относительно нижележащего. Одна из разновидностей данного процесса – истмический спондилолистез (ИСЛ), при котором возникает смещение позвонка кпереди по отношению к нижележащему вследствие спондилолиза [1] – дефекта (одно- или двустороннего) межсуставной части дуги позвонка [2].

АКТУАЛЬНОСТЬ

Боль в спине ежегодно испытывают до 76 % населения. По нашему мнению, это одна из самых частых причин обращения за медицинской помощью. Согласно исследованию Т.В. Дубининой и М.С. Елисеева, у 24,9 % из числа обратившихся за амбулаторной медицинской помощью пациентов основной жалобой была боль в пояснично-крестцовом отделе позвоночника; подсчитано, что боль в спине – главная причина нетрудоспособности 9 % населения [3]. По данным

L. Kalichman и соавт., у 8,2 % больных причиной возникновения боли в поясничной области служит ИСЛ [4]. Несмотря на широкое распространение данной патологии, вопросы диагностики и лечения этого заболевания остаются актуальными до настоящего времени. Применение таких радиологических методов исследования, как рентгенография (Rg), компьютерная и магнитно-резонансная томография (КТ и МРТ) значительно упростили диагностику ИСЛ. Данные исследования позволяют оценить практически весь спектр изменений, произошедших в позвоночнике. Однако неверная интерпретация результатов исследований нередко служит причиной выбора неправильной тактики лечения. В проводимых исследованиях в области выбора стратегии хирургического лечения ИСЛ зачастую не принимают во внимание оценку клинико-рентгенологических данных каждого пациента. Отсутствие единых подходов к лечению данной патологии, выделение главных факторов в выборе тактики хирургического вмешательства стали основными поводами для проведения анализа актуальной мировой литературы.

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Частота спондилолиза, по данным ряда публикаций, составляет от 3 до 11,5 % среди взрослого населения [5, 6]. При наличии спондилолиза СЛ развивается не во всех случаях. Данная точка зрения подтверждается в работе Р.Т. McCunniff и соавт., в которой показано, что ИСЛ отсутствовал у 21 % пациентов с 2-сторонним дефектом межсуставной части дуги позвонка [7]. По результатам проведенных многочисленных рентгенологических исследований СЛ встречается в популяции в 2,4–18,0 % случаев [8, 9]. Т. Sakai и соавт. провели крупное исследование, в котором изучили 2 тыс. человек, выбранных случайным образом, и установили, что распространенность ИСЛ составляет 3,7 % [10]. М.Р. Burton и соавт. заявляют о превалировании данной патологии у лиц женского пола в соотношении 2 : 1 [11]. Несмотря на то что дефект межсуставной части дуги позвонка может встречаться на любом уровне, статистический анализ позволяет говорить о самом частом смещении 5-го поясничного позвонка, далее по частоте встречаемости — 4-го поясничного позвонка [8]. При этом следует отметить, что в 4 % случаев отмечен СЛ нескольких позвонков [12]. В последние годы выдвигается мнение, что ИСЛ чаще развивается у людей, занимающихся активными видами спорта. Множество авторов в своих исследованиях утверждают, что как спондилолиз, так и ИСЛ чаще встречаются у людей, занимающихся гимнастикой, американским футболом, борьбой, тяжелой атлетикой и другими видами спорта, где совершаются повторяющиеся разгибательные, а также ротационные движения [13–16]. М. Albanese и Р.Д. Pizzutillo, изучая наследственную предрасположенность ИСЛ, отметили

частую (до 69 %) выявляемость семейных случаев [17]. Статистическое неравенство среди лиц женского и мужского пола, высокая частота выявления семейных случаев заболевания, а также высокая встречаемость ИСЛ у спортсменов подтверждали необходимость изучения этиологии заболевания. На установление происхождения и выделение факторов риска возникновения данной патологии было нацелено большое число исследований.

ЭТИОЛОГИЯ

В последние годы травматический фактор часто называют главным в развитии спондилолиза, а затем и СЛ. Считается, что при определенных повторяющихся движениях в области межсуставной части дуги позвонка формируются микротравмы, приводящие впоследствии к образованию дефекта и смещению позвонка. У ряда людей происходит удлинение задних отделов позвонка, что обусловлено консолидацией переломов [18, 19]. Именно травматической теорией генеза данной патологии объясняют повышенную частоту спондилолиза у людей, вовлеченных в активный спорт. Точная этиология спондилолиза и СЛ до сих пор остается предметом дискуссий. Однако исследователи сходятся во мнении, что данная патология имеет многофакторный этиопатогенез. Свою роль играют факторы роста и развития, наследственные, травматические, биомеханические, а также различные морфологические факторы [20, 21].

КЛАССИФИКАЦИЯ

К настоящему моменту существует большое количество классификационных систем, призванных облегчить диагностику заболевания, а также подобрать подходящий алгоритм лечения. Чаще всего степень смещения позвонка определяют по клинико-рентгенологической классификации, разработанной Генри У. Мейердингом (H.W. Meyerding) в 1932 г., который предложил 4 степени смещения позвонка в зависимости от расположения задненижнего угла вышележащего позвонка относительно нижележащего:

- 1-я степень при 0–25 % смещении позвонка;
- 2-я — при 25–50 %;
- 3-я — при 50–75 %;
- 4-я — при 75–100 % [22].

Спондилоптоз — 5-ю степень смещения (более 100 %) позвонка — в 1956 г. ввели Х. Юнге (H. Junge) и П. Кюль (P. Kuhl), а в 1957 гг. Э. Хаггард (G.E. Haggart) и соавт. [11].

Степень смещения позвонка можно оценивать не только по абсолютной величине. Классификация, разработанная И.М. Митбрейтом, учитывает угол смещения позвонка путем оценки отношения между 2 линиями — вертикальной и соединяющей центры 5-го поясничного и 1-го крестцового позвонков [23].

Определение вида СЛ стало необходимым условием для разработки тактики лечения пациента. В 1981 г.

Л.Л. Уилтсе (L.L. Wiltse) представил классификацию, учитывающую разделение СЛ на 5 типов:

- 1) *диспластический тип* — СЛ формируется в результате врожденной дисплазии верхней части крестца и (или) дуги L5 позвонка с ее элонгацией или со спондилолизом;
- 2) *истмический* — СЛ формируется в результате дефекта межсуставной части дуги (при этом сам дефект может формироваться постепенно в результате усталостного повреждения межсуставной части дуги); спондилолиз, который формируется в результате удлинения межсуставной части дуги, или спондилолиз как остро возникающий дефект межсуставной части дуги;
- 3) *дегенеративный*, связанный с дегенеративным остеоартрозом без дефекта межсуставной части дуги;
- 4) *посттравматический*, который формируется в результате перелома задних элементов позвонков, кроме межсуставной части дуги;
- 5) *патологический*, связанный с деструкцией задних элементов позвонков из-за системных заболеваний, так или иначе затрагивающих костную систему.

Ятрогенный — 6-й тип СЛ, который формируется в результате интраоперационного повреждения задних отделов позвонка, дополнительно выделили в 1989 г. L.L. Wiltse и S.L. G. Rothman [24].

Еще одну попытку систематизировать СЛ по причинам его возникновения предприняли П. Маркетти (P. Marchetti) и П. Бартолоцци (P. Bartolozzi), которые разделили СЛ на следующие категории [25]:

- 1) врожденные:
 - *высокодиспластичные*;
 - *низкодиспластичные* (со спондилолизом или с элонгацией дуги позвонка);
- 2) приобретенные:
 - *травматические* (острый перелом, стресс-перелом);
 - *послеоперационные* (прямое и не прямое повреждение);
 - *патологические* (локальные или системные патологии);
 - *дегенеративные* (первичные или вторичные).

Нарушение статики и невозможность сохранения конфигурации позвоночно-двигательного сегмента находятся в тесной взаимосвязи с понятием сагиттального баланса. В последние годы в патологии позвоночника много внимания уделяется данной проблеме. Для объективной оценки состояния баланса используется большое количество рентгенологических параметров: поясничный лордоз (lumbar lordosis, LL), наклон таза (pelvic tilt, PT) и крестца (sacral slope, SS), сагиттальная вертикальная ось (sagittal vertical axis, SVA), крестцово-тазовый угол (pelvic incidence, PI) и др. [26]. Деформация позвоночника, которая развивается при ИСЛ, влечет за собой изменения параметров сагиттального баланса. Особенно выражены изменения региональ-

ного сагиттального баланса, а именно показатели позвоночно-тазового отношения. Н. Labelle и соавт. сообщали, что такие параметры, как PI, SS, PT и LL, были значительно увеличены у пациентов с ИСЛ, в то время как грудной кифоз, напротив, уменьшен [27]. Несмотря на очевидную связь между показателями баланса и наличием ИСЛ, в литературе в настоящее время нет единого мнения о механизме их взаимодействия.

Фактор влияния СЛ на показатели баланса вызвал необходимость разработки классификации, которая бы учитывала все изменения в сагиттальном балансе. P. Roussouly и соавт. установили, что параметры позвоночно-тазового отношения могут существенно различаться внутри группы пациентов с ИСЛ. В зависимости от величины PI и SS предложены 2 группы: по типу «ножниц» (shear type), когда показатели PI и SS повышены; «щелкунчик» (“nutcracker” type) — показатели PI и SS близки к нормальным [28]. М.Т. Hresko и соавт. в зависимости от показателей PT и SS выделили 2 группы пациентов. В одну из них включили больных с высоким SS и низким PT — ИСЛ со сбалансированным позвоночно-тазовым соотношением, в другую группу — с низким SS и высоким PT, что проявляется ретроверсией таза и вертикальным крестцом, — ИСЛ с несбалансированным позвоночно-тазовым соотношением [29]. Кроме того, обнаружено, что у пациентов с ретроверсией таза такой показатель глобального сагиттального баланса, как SVA, значительно увеличен по сравнению с другой группой пациентов [30]. В 2008 г. Х. Лабелл и Дж.М. Мак-Тионг (J.M. Mac-Thiong) в новой классификации (8 типов СЛ) основывались на степени (низкая или высокая) смещения позвонка, учитывали PI (низкий, нормальный или высокий) и позвоночно-тазовое отношение (сбалансированное или нет), а также степень дисплазии (высокая или низкая) [31].

В настоящее время одной из наиболее актуальных считается SDSG-классификация пояснично-крестцового СЛ (Spinal Deformity Study Group, SDSG). В ее основу легла переработанная и упрощенная версия классификации Х. Лабелла и соавт., в которой упразднено деление ИСЛ на высоко- и низкодиспластичный типы. Кроме того, классификация SDSG предполагает использование параметров глобального сагиттального баланса, а именно C7 plumb line — вертикальную линию, опущенную из центра тела C7-позвонка. Считается, что, если линия опускается на уровень головок бедренных костей или чуть кзади, сагиттальный профиль сбалансирован, если же кпереди, то не сбалансирован. Таким образом, ИСЛ подразделяет СЛ на 6 типов [20, 32].

ФАКТОРЫ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ИСТМИЧЕСКОГО СПОНДИЛОЛИСТЕЗА

Биомеханика и факторы прогрессирования смещения позвонка при ИСЛ до сих пор остаются

не до конца изученными. Среди факторов прогрессии все чаще называют женский пол, а также наличие ИСЛ у детей до остановки роста [33–35]. Известны работы, в которых было показано, что PI – важный фактор прогрессии у пациентов со смещениями низкой степени. Авторы отмечают, что высокие значения данного параметра прямо пропорциональны риску увеличения степени смещения позвонка [36, 37]. P.R. Huang и соавт., напротив, показали отсутствие связи прогрессирования СЛ и PI, однако они заметили, что более высокие степени смещения позвонка ($68,4 \pm 5,3$ %), а также большие значения угла смещения позвонка ($13,4 \pm 3,8^\circ$) связаны со случаями прогрессирования СЛ [38]. С появлением SDSG-классификации и выделением нескольких типов ИСЛ назрела необходимость проведения исследований биомеханики смещения и рисков прогрессии при определенных параметрах сагиттального баланса. По результатам исследования A. Sevrain и соавт. установлено, что параметры позвоночно-тазового соотношения служат важным фактором прогрессии СЛ. В частности, авторы отмечают, что при увеличении значения PI с 52 до 75° механическая нагрузка увеличивалась на замыкательную пластинку на 26 %, на межпозвонковый диск – на 16 %, что способствовало прогрессии смещения позвонка в экспериментальной прогностической модели. Кроме того, показано, что значение SS не влияет на увеличение смещения [39].

КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА

Возникающие при ИСЛ изменения позвоночно-двигательного сегмента способны не только повлиять на биомеханику позвоночника и параметры позвоночно-тазового соотношения, но и вызвать клиническую симптоматику заболевания.

По данным большого количества исследований, самая частая жалоба пациентов с ИСЛ – боль в поясничной области. Согласно результатам проведенного анализа T.M. Markwalder и соавт., данный симптом наблюдается у 96 % больных с ИСЛ, которые обратились за медицинской помощью [40]. Описано множество факторов, приводящих к усилению болевого синдрома. Часть из них легла в основу специфических тестов для оценки выраженности симптомов ИСЛ, а также связанной с ним нестабильности позвоночно-двигательного сегмента. Так, Ротт А.Н. и Курносенков В.В. сообщают, что жалобы усиливаются при совершении сгибательных, разгибательных, ротационных движений, смене положения тела, поворотах вокруг своей оси лежа на постели, поднятии и удержании прямой ноги в положении лежа на спине [41]. Смещение кпереди позвонка, нестабильность позвоночно-двигательного сегмента с течением времени могут привести к гипертрофии межпозвонковых суставов и желтой связки, что служит причиной возникновения стеноза в межпозвонковых отверстиях. Дефект в межсуставной части

дуги позвонка со временем заполняется фиброзной тканью, которая наряду с описанными выше изменениями в межпозвонковом отверстии приводит к раздражению, компрессии или натяжению корешков спинномозговых нервов [11]. T.M. Markwalder и соавт. провели исследование, чтобы проанализировать частоту радикулярной симптоматики, а также положительного теста с поднятием прямой ноги у больных СЛ. По его результатам установлено, что боль в ногах встречается в 53 %, радикулярная симптоматика у длительно (>10 лет) наблюдающихся пациентов – в 40 %, у пациентов с недавно (<3 лет) диагностированным ИСЛ – в 70 % случаев. Положительный тест с поднятием прямой ноги зафиксирован у 49 % пациентов, а чувствительность метода составила 71 % [40].

ДИАГНОСТИКА

Предвосхищая открытия в области сагиттального баланса, Г.И. Турнер в 1926 г. в своей работе об изменениях статики тела описал характерные изменения для СЛ. Автор заметил, что за счет изменений РТ, сближения реберных дуг и гребней подвздошных костей между ними образуются поперечные складки кожи, впоследствии названные «симптом телескопа» [42]. J.W. Collaer и соавт. высоко оценивали роль пальпации остистых отростков в определении ИСЛ. Согласно результатам их исследования чувствительность определения ИСЛ составляла 60 %, специфичность – 87,2 % [43].

Общий осмотр пациента, несомненно, имеет важное значение в диагностическом поиске. Однако, несмотря на выявляемые признаки, инструментальное обследование больного с каждым годом становится все более значимым в определении ИСЛ. При наличии жалоб, как правило, 1-м методом исследования становится Rg позвоночника. В прямой проекции авторы обращают внимание на такие рентгенологические находки, как симптом «воробьиного хвоста» – состояние, при котором отмечается отклонение остистых отростков и дужек нижних поясничных позвонков в краниальном направлении. Чем выше степень СЛ, тем чаще выявляется этот симптом, при III степени по Мейердингу симптом является патогномоничным.

Еще одной важной характеристикой считается симптом «шапки жандарма» – когда тень L5-позвонка наслаивается на тень крестца (при III степени по Мейердингу СЛ также является патогномоничным) [42]. В боковой проекции можно определить степень СЛ путем измерения процентного соотношения расстояния от задних отделов смещенного позвонка к общей длине замыкательной пластинки нижележащего позвонка [22]. Также становится возможным засвидетельствовать комплекс симптомов: увеличение продольного размера от переднего края тела позвонка до верхушки остистого отростка, увеличение физиологического лордоза, изменение угла РТ [44, 45].

В литературе описано использование косых проекций (3/4) для лучшей визуализации межсуставной части дуги позвонка и ее дефекта. В косой проекции предлагается выделять фигуру, известную как «профиль шотландской собаки» (scotty dog profile) — верхний суставной отросток напоминает ухо, нижний суставной — передние лапы, межсуставная часть дуги — шею. При спондилолизе в области так называемой шеи можно определить дефект. Несмотря на широкое упоминание данного рентгенологического признака, N.A. Beck и соавт. в 2013 г. в большом исследовании показали, что косые проекции не повышают чувствительность или специфичность Rg-метода в обнаружении спондилолиза и ИСЛ [46].

Функциональные рентгенограммы все чаще используются для определения стабильности СЛ. Проведение Rg со сгибанием/разгибанием — наиболее изученный и широко используемый метод [47]. Однако, несмотря на бесспорную важность для диагностики нестабильности позвоночно-двигательного сегмента, в литературе недостаточно публикаций, позволяющих говорить об обязательном включении этого диагностического метода в перечень обязательных для планирования оперативного вмешательства у пациентов с ИСЛ. Кроме того, M. Sabraja и соавт., заявляли о напряжении мышц поясничной области в ответ на выраженный болевой синдром как о главном ограничении функционального исследования. Авторы считали, что мышечное напряжение способно повлиять на качество выполнения пробы и, как следствие этого, изменять степень смещения позвонка [48]. В настоящее время в литературе отмечено широкое использование следующих критериев нестабильности: смещение тела позвонка на более чем 4 мм или на более чем 8 % от длины нижней замыкательной пластинки на уровнях L1–5, или на более чем 6 % на уровне L5–S1 [48, 49].

Введение в широкую практику метода КТ позволило не только с высокой точностью выявлять СЛ, но и определять его вид. При ИСЛ в определении дефекта межсуставной части дуги важна КТ, также она позволяет точно определить размер межпозвонкового отверстия и сделать вывод о компрессии корешка спинномозгового нерва [50]. Практически полное отсутствие ограничений метода КТ, исчерпывающая информация о костной анатомии, возможность определения параметров смещения позвонка сделали данное исследование обязательным при планировании оперативного вмешательства по поводу ИСЛ.

MPT-исследование позволяет оценить высоту межпозвонкового диска, а также установить факторы, вызывающие сдавление корешка спинномозгового нерва как в межпозвонковом отверстии, так и экстрафораминально. Рентгенографическими методами очень трудно выявить спондилолиз на ранних стадиях, в то время как стресс-реакцию костной ткани из-за постоянных микротравм можно увидеть на MPT-исследо-

вании. Сделанные в режиме T2, а также STIR (Short Tau Inversion Recovery — последовательность «инверсия—восстановление спинного эха») изображения чувствительны к отеку костной ткани. С прогрессией спондилолиза дефект межсуставной части дужки будет виден как сигнал пониженной интенсивности на T1- и T2-взвешенных изображениях, окруженный отеком [51]. Исследователи называют и другие признаки ИСЛ, выявляемые при MPT. Так, T. Nakayama и S. Ehara в своем исследовании определили новый признак спондилолиза, выявляемый при MPT: расположение эпидурального жира между остистым отростком и твердой мозговой оболочкой [52].

ЛЕЧЕНИЕ

Независимо от степени СЛ и выраженности клинических проявлений консервативная терапия служит первым шагом к улучшению качества жизни пациента. С годами изучения проблемы подбора лечения менялись и рекомендации по ведению пациентов. В.Д. Чаплин в 1933 г. использовал позиционное лечение, при котором в течение 2–4 нед пациент занимал положение с согнутыми в тазобедренных суставах ногами и приподнятым туловищем. Данная методика позволяла уменьшить болевой синдром и выраженность радикулярной симптоматики. Также проводились различные манипуляции по вытяжению, которые способствовали расширению межпозвонковых отверстий и даже редукции позвонков [23]. В настоящее время основа уменьшения интенсивности болевого синдрома — применение нестероидных противовоспалительных средств и миорелаксантов [53–55].

Еще один краеугольный камень в лечении СЛ — тренировка мышц спины и живота. Чаще всего физические тренировки и применение лекарственной терапии объединяют в единый комплекс [56, 57]. Однако P. Ekman и соавт. при долговременном наблюдении за пациентами, которым проводилась консервативная терапия, отметили, что в краткосрочной перспективе наблюдается уменьшение болевого синдрома, но функциональных улучшений у пациентов нет. При наблюдении больных в течение 9 лет ухудшение результата по индексу инвалидности Освестри (The Oswestry Disability Index, ODI) составило в среднем 28–31 %. Однако нельзя с уверенностью утверждать, что за все 9 лет наблюдения рекомендации лечащего врача соблюдались в полном объеме [33]. Также необходимо отметить, что смещения высокой степени, обнаруженные у детей, согласно исследованиям [58], прогностически неблагоприятны, при этом большинство подобных пациентов нуждаются в оперативном вмешательстве.

Существуют работы, сравнивающие 2 группы больных: в одной пациенты подвергались оперативному лечению, в другой — проходили комплексное консервативное лечение. Так, H. Moller и соавт. показали, что оперативное лечение значительно улучшает функциональный исход

и уменьшает интенсивность болевого синдрома по сравнению с консервативной методикой; что консервативная терапия более 6 мес не целесообразна вследствие своей неэффективности [59].

Еще одним методом уменьшения болевого синдрома служит проведение эпидуральных инъекций кортикостероидов. Но, согласно исследованиям, они дают лишь краткосрочный результат [34]. В настоящее время среди показаний к оперативному вмешательству чаще всего называют следующие факторы: проведенная в течение 6 мес комплексная консервативная терапия без уменьшения боли в спине и (или) радикулярной симптоматики; прогрессирование неврологического дефицита или появление нейрогенной перемежающейся хромоты; прогрессирование СЛ.

Описано множество вариантов оперативного вмешательства в хирургии ИСЛ. Большинство исследователей к главным задачам хирургии при СЛ относят восстановление стабильности позвоночника, устранение компрессии нервно-сосудистых образований позвоночного канала, коррекцию сагиттального дисбаланса. В настоящее время наиболее распространенные операции при ИСЛ — вмешательства с применением фиксирующих систем.

Несмотря на широкое использование фиксации, в литературе до сих пор нет единого мнения относительно преимуществ данного типа лечения. Так, в нескольких рандомизированных исследованиях не удалось подтвердить преимущества оперативных вмешательств с фиксацией перед таковыми без применения фиксирующих систем [59, 60]. Согласно результатам, клинико-рентгенологические исходы в группах пациентов не имели статистически значимого различия. С другой стороны, К.Н. Bridwell и соавт. выступают за применение транспедикулярных фиксаторов как одного из факторов, увеличивающих скорость формирования костного блока [61], а также есть свидетельства лучших клинических исходов после проведения подобных операций [62].

Одним из самых актуальных на данный момент исследований, считается рандомизированное контролируемое исследование К. Azizpour и соавт., в котором показано, что декомпрессия без фиксации (группа 1) не имеет преимуществ перед таковой с применением фиксации (группа 2). Так, в группе 1 частота повторных вмешательств составила 47 vs. 13 % в группе 2; боль уменьшалась в группе 1 в среднем на 4,4 мм, а во второй — на 18,8 мм (согласно 100-миллиметровой визуально-аналоговой шкале) [63]. Заднебоковой, трансфораминальный, передний, латеральный доступы к выполнению межтелового спондилодеза комбинируют с самыми разнообразными формами имплантов и фиксирующими конструкциями для достижения лучших результатов [29, 64–67].

Вопрос выбора оптимального метода спондилодеза также остается до сих пор актуальным. В рандоми-

зированном контролируемом исследовании F.B. Christensen и соавт. сравнили пациентов после заднебокового и переднего спондилодеза. Через 2 года после наблюдения у них не выявлено значимых различий в исходах [68]. Такие же результаты в своем исследовании получили J. Swan и соавт. [69]. Не обнаружив значимых различий в исходах, авторы пришли к выводу, что передний межтеловый спондилодез позволяет достичь адекватной не прямой декомпрессии, как и при прямой декомпрессии из заднего доступа. Использование трансфораминального межтелового спондилодеза (Transforaminal Lumbar Interbody Fusion, TLIF) дает возможность уменьшить количество манипуляций с дуральным мешком и корешками спинномозговых нервов по сравнению с заднебоковым межтеловым спондилодезом. Согласно исследованию S. Laubeg и соавт., формирование костного блока наблюдается в первом случае в 94,8 %, при заднебоковом межтеловом спондилодезе — в 83 % [70].

Сделав выбор в пользу спондилодеза, декомпрессии и фиксации, устранив при этом важный патогенетический фактор — нестабильность, важно определить показания к применению различных техник редукции позвонка. Вопрос редукции и ее роль стали наиболее актуальными в последние годы, когда наметились тенденции к обязательной оценке сагиттального баланса при лечении заболеваний позвоночника. Важной составной частью глобального сагиттального баланса служит позвоночно-тазовое соотношение. Его влияние на клинические исходы после операций у пациентов с ИСЛ низкой степени изучали A. Bourghli и соавт. в своем проспективном исследовании. По их мнению, восстановление близких к нормальным значений позвоночно-тазового соотношения выступает предиктором удовлетворительных клинических результатов лечения таких больных [71]. Этому же мнению придерживаются Z. Wang и соавт., но применительно к более высокой степени ИСЛ [72].

В настоящее время наблюдается недостаток работ, связывающих SDSC-классификацию и показания к какому-либо виду оперативного вмешательства. М.Т. Hresko и соавт., предположили, что показания к редукции позвонка существуют при несбалансированных типах ИСЛ, когда наиболее остро стоит вопрос о коррекции параметров сагиттального баланса. Авторы показали, что средний РТ уменьшается на $5,7^\circ$ (ДИ = $1,5\text{--}9,8^\circ$) при редукции позвонка. Исследователи считают главной целью редукции — восстановление позвоночно-тазового соотношения [30].

R. Amritanand и соавт., пришли к выводу, что редукция позвонка значимо улучшает параметры сагиттального баланса как в раннем послеоперационном периоде, так и при длительном наблюдении. По данным авторов, при редукции в среднем с $74,0 \pm 13,2\%$ до $30,0 \pm 14,0\%$, пояснично-крестцовый угол менялся с $32,0 \pm 11,6^\circ$ до $6,0 \pm 0,6^\circ$ [73]. Н. Koller и соавт. в своем исследовании показали, что полное или частичное

вправление позвонка при лечении ИСЛ не только улучшает прогнозы данного заболевания с точки зрения восстановления сагиттального баланса, но и уменьшает частоту формирования псевдоартрозов ($p = 0,08$) [74]. U.G. Longo и соавт. в свою очередь подтвердили, что в группе пациентов с выполненной редукцией позвонка значительно снижался риск возникновения псевдоартроза по сравнению с группой с фиксацией без редукции ($5,5$ vs. $17,8$ %, $p = 0,004$). Кроме того, авторы отметили, что риск неврологического дефицита в обеих группах пациентов сопоставим ($7,8$ vs. $8,9$ %, $p = 0,8$) [75].

Коррекция параметров позвоночно-тазового соотношения возможна не только благодаря редукции позвонка. Это подтверждается в работе S.J. Park и соавт., в которой исследователи показали, что увеличение высоты межтелового промежутка имеет положительную значимую корреляционную связь с величиной LL ($r = 0,305$; $p = 0,02$) [76]. Схожие данные получили Y. Feng и соавт., заявившие о статистически достоверной связи восстановления высоты межтелового промежутка и коррекции LL у пациентов с низкой степенью смещения позвонка ($r = 0,334$; $p = 0,011$). Также в данном исследовании показано достоверное влияние на LL уменьшение величины смещения позвонка ($r = 0,365$; $p = 0,010$). В то же время коррекция пораженного сегментарного угла, напротив, не привела к статистически значимому изменению параметров позвоночно-тазового соотношения [77].

Влияние фиксации сегмента L5 – S1 и проведения TLIF на параметры сагиттального баланса при СЛ изучено в работе G.M. Barbagallo и соавт. Исследователи отметили, что хирургическое вмешательство позволило значительно скорректировать параметры позвоночно-тазового соотношения. В частности, они достигли уменьшения величины РТ и увеличения SS, предоперационные значения которых составили соответственно $25,00^\circ$ и $40,38^\circ$, в то время как после вмешательства РТ составил в среднем $19,75^\circ$, а SS – $45,63^\circ$. Также удалось достичь коррекции величины LL в среднем с $56,87$ до $66,50^\circ$ [78].

В последнее время обсуждается вопрос коррекции пораженного сегментарного угла и его влияния на параметры позвоночно-тазового соотношения. P.O. Charnagne и соавт. в своей работе показали, что благодаря проведению переднебокового межтелового спондилодеза удалось достичь увеличения сегментарного угла на $4,4^\circ$ ($p = 0,009$). Также авторы отметили, что TLIF не привел к значимой коррекции сегментарного угла ($1,3^\circ$, $p = 0,1$) [79]. V. Lafage и соавт. разработали несколько математических моделей, которые, по мнению авторов, делают возможным прогнозирование

параметров РТ и SVA после хирургического лечения. В качестве переменных в модели для РТ использованы LL и грудной кифоз, а в качестве постоянной величины – PI ($r = 0,93$, SE = $4,4^\circ$). Для SVA применены данные параметры вместе с РТ ($r = 0,89$, SE = 32 мм). Исследователи установили, что, используя различные методики (редукция позвонка, увеличения высоты межтелового промежутка), можно повлиять на LL, а следовательно, и на РТ, что в дальнейшем окажет влияние на SVA [80]. Несмотря на все имеющиеся работы, в настоящий момент отмечается недостаток исследований с высокой степенью доказательности, показывающих лучшие клинические и функциональные результаты в группе пациентов с коррекцией позвоночно-тазового соотношения.

Таким образом, в мировой литературе в настоящее время намечаются единые тенденции в выборе тактики лечения ИСЛ. Несмотря на имеющийся недостаток исследований в области изучения параметров сагиттального баланса, все больше авторов сходятся во мнении, что оценка позвоночно-тазового соотношения и его коррекция необходимы для улучшения клинико-рентгенологических исходов заболевания: декомпрессия нервных структур – при наличии симптомного фораминального стеноза, а проведение межтелового спондилодеза – для успешного формирования костного блока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Истмический спондилолистез – серьезная, многофакторная патология, широко распространенная в популяции. Вопросы этиологии и патофизиологии ИСЛ волнуют исследователей не одно десятилетие. В настоящее время существует множество классификаций, но новые направления в хирургии позвоночника, такие как учение о сагиттальном балансе, требуют большего внимания к тем, в которых учитываются все аспекты заболевания, в том числе позвоночно-тазовое соотношение. При всем множестве методов диагностики, имеющихся в современных лечебных учреждениях, не должно быть трудностей в выявлении ИСЛ у симптомных пациентов. Остается открытым вопрос о целесообразности и способах выявления ИСЛ на ранних стадиях развития заболевания у детей и подростков. Консервативное лечение должно быть первым шагом после выявления симптомного ИСЛ. Золотой стандарт хирургического лечения – декомпрессия нервных структур, спондилодез и фиксация пораженного сегмента с максимально возможной коррекцией параметров позвоночно-тазового соотношения.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Булатов А.В., Климов В.С., Евсюков А.В. Хирургическое лечение спондилолистезов низкой степени градации: современное состояние проблемы. Хирургия позвоночника 2016;13(3):68–77. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.68-77>
- Bulatov A.V., Klimov V.S., Evsyukov A.V. Surgical treatment of low-grade spondylolistheses: the current state of the problem. Spine Surgery 2016;13(3):68–77. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2016.3.68-77
- Warner Jr. W.C., de Mendonca R.G.M. Adolescent spondylolysis: management and return to play. Instr Course Lect 2017;66: 409–13.
- Дубинина Т.В., Елисеев М.С. Боль в нижней части спины: распространенность, причины, диагностика, лечение. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика 2011;3(1):22–6. DOI: 10.14412/2014-2711-2011-2
- Dubinina T.V., Eliseev M.S. Low back pain: prevalence, causes, diagnosis, treatment. Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics 2011;3(1):22–6. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.14412/2014-2711-2011-2>
- Kalichman L., Li L., Hunter D.J., Been E. Association between computed tomography-evaluated lumbar lordosis and features of spinal degeneration, evaluated in supine position. Spine J 2011;11(4):308–15. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.02.010
- Kalichman L., Guermazi A., Li L. et al. Facet orientation and tropism: associations with spondylolysis. J Spinal Disord Tech 2010;23(2):101–5. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31819afb80
- D'Angello Del Campo M.D., Suby J.A., Garcia-Laborde P., Guichon R.A. Spondylolysis in the past: a case study of hunter-gatherers from Southern Patagonia. Int J Paleopathol 2017;19: 1–17. DOI: 10.1016/j.ijpp.2017.07.001
- McCunniff P.T., Yoo H., Dugarte A. et al. Bilateral pars defects at the L4 vertebra result in increased degeneration when compared with those at L5: an anatomic study. Clin Orthop Relat Res 2016;474(2):571–7. DOI: 10.1007/s11999-015-4563-8
- Tenny S., Gillis C.C. Spondylolisthesis. Treasure Island (FL); StatPearls Publishing, 2020.
- Hershman S., Hochfelder J., Dean L. et al. Spondylolisthesis in operative adolescent idiopathic scoliosis: prevalence and results of surgical intervention. Spine Deform 2013;1(4):280–6. DOI: 10.1016/j.jspd.2013.05.003
- Sakai T., Saiyo K., Takao S. et al. Incidence of lumbar spondylolysis in the general population in Japan based on multidetector computed tomography scans from two thousand subjects. Spine 2009;34(21):2346–50. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b4abbe
- Burton M.R., Dowling T.J., Mesfin F.B. Isthmic Spondylolisthesis. Treasure Island (FL); StatPearls Publishing, 2020.
- Gurd D.P. Back pain in the young athlete. Sports Med Arthrosc Rev 2011;19(1):7–16. DOI: 10.1097/JSA.0b013e318205e373
- Lawrence K.J., Elser T., Stromberg R. Lumbar spondylolysis in the adolescent athlete. Phys Ther Sport 2016;20:56–60. DOI: 10.1016/j.ptsp.2016.04.003
- Watkins IV R.G., Watkins III R.G. Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in athletes. Seminars in Spine Surgery 2010;22(4):210–7. DOI: 10.1053/j.semss.2010.06.011
- Ladenhauf H.N., Fabricant P.D., Grossman E. et al. Athletic participation in children with symptomatic spondylolysis in the New York area. Med Sci Sports Exerc 2013;45(10):1971–4. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318294b4ed
- Goetzinger S., Courtney S., Yee K. et al. Spondylolysis in young athletes: An overview emphasizing nonoperative management. J Sports Med (Hindawi Publ Corp) 2020;9235958. DOI: 10.1155/2020/9235958
- Albanese M., Pizzutillo P.D. Family study of spondylolysis and spondylolisthesis. J Pediatr Orthop 1982;2(5):496–9. DOI: 10.1097/01241398-198212000-00006
- Shamrock A.G., Donnally III C.J., Varacallo M. Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis. Treasure Island (FL); StatPearls Publishing, 2020.
- Foreman P., Griessenauer C.J., Watanabe K. et al. L5 spondylolysis/spondylolisthesis: a comprehensive review with an anatomic focus. Childs Nerv Syst 2013;29(2):209–16. DOI: 10.1007/s00381-012-1942-2
- Labelle H., Mac-Thiong J.M. Sacro-pelvic morphology, spino-pelvic alignment and the Spinal Deformity Study Group classification. In: The textbook of Spinal Surgery. Chap. 59. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- Mazel C. Etiology of isthmic spondylolisthesis. ArgoSpine News J 2011;23:85–7. DOI: 10.1007/s12240-011-0014-x
- Koslosky E., Gendelberg D. Classification in Brief: The Meyerding Classification System of Spondylolisthesis. Clin Orthop Relat Res 2020;478(5):1125–30. DOI: 10.1097/CORR.0000000000001153
- Митбрейт И.М., Глазырин Д.И. Передний спондилолиз В.Д. Чаклина. Хирургия позвоночника 2017;14(1):91–9. DOI: 10.14531/ss2016.4.91-99
- Mitbreit I.M., Glazyrin D.I. V.D. Chaklin's method of anterior spinal fusion. Hirurgia pozvonocnika (Spine Surgery) 2017;14(1):91–9. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2016.4.91-99
- Wiltse L.L., Rothman S.L.G. Spondylolisthesis: classification, diagnosis and natural history. Semin Spine Surg 1989;1(2):78–94.
- Marchetti P., Bartolozzi P. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. In: The textbook of spinal surgery. Eds.: K.H. Bridwell, R.L. DeWald, K.W. Hammerberg et al. Philadelphia: Lippincott–Raven, 1997. Pp. 1211–54.
- Hasegawa K., Okamoto M., Hatsushikano S. et al. Normative values of spinopelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of life in a cohort of healthy adult subjects. Eur Spine J 2016;25(11):3675–86. DOI: 10.1007/s00586-016-4702-2
- Labelle H., Roussouly P., Berthounaud E. et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study. Spine (Phila Pa 1976) 2004;29(18):2049–54. DOI: 10.1097/01.brs.0000138279.53439.cc
- Roussouly P., Gollogly S., Berthounaud E. et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5–S1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. Spine 2006;31(20):2484–90. DOI: 10.1097/01.brs.0000239155.37261.69
- Nakanishi K., Tanaka N., Fujimoto Y. et al. Medium-term clinical results of microsurgical lumbar flavectomy that preserves facet joints in cases of lumbar degenerative spondylolisthesis: comparison of bilateral laminotomy with bilateral decompression by a unilateral approach. J Spinal Disord Tech 2013;26(7):351–8. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318247f1fd
- Hresko M.T., Labelle H., Roussouly P., Berthounaud E. Classification of high-grade spondylolisthesis based on pelvic version and spinal balance: possible rationale for reduction. Spine 2007;32(20):2208–13. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31814b2cee
- Labelle H., Mac-Thiong J.M., Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. Eur Spine J 2011;20(Suppl 5):641–6. DOI: 10.1007/s00586-011-1932-1
- Mac-Thiong J.M., Duong L., Parent S. et al. Reliability of the Spinal Deformity Study Group classification of lumbosacral spondylolisthesis. Spine (Phila Pa 1976) 2012;37(2):95–102. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182233969
- Ekman P., Moller H., Hedlund R. The long-term effect of posterolateral fusion in adult isthmic spondylolisthesis: a randomized controlled study. Spine J 2005;5(1):36–44. DOI: 10.1016/j.spinee.2004.05.249
- Kraiwattanapong C., Wechmongkolgorn S., Chatriyanuyok B. et al. Outcomes of fluoroscopically guided lumbar transforaminal epidural steroid injections in degenerative lumbar spondylolisthesis patients. Asian Spine J 2014;8(2):119–28. DOI: 10.4184/asj.2014.8.2.119

35. Tebet M.A. Current concepts on the sagittal balance and classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Rev Bras Ortop* 2014;49(1):3–12. DOI: 10.1016/j.rbo.2013.04.011
36. Hanson D.S., Bridwell K.H., Rhee J.M., Lenke L.G. Correlation of pelvic incidence with low- and high-grade isthmic spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27(18):2026–29. DOI: 10.1097/00007632-200209150-00011
37. Labelle H., Roussouly P., Berthonnaud E. et al. The importance of spino-pelvic balance in L5-S1 developmental spondylolisthesis: a review of pertinent radiologic measurements. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30(Suppl 6):27–34. DOI: 10.1097/01.brs.0000155560.92580.90
38. Huang R.P., Bohlman H.H., Thompson G.H., Poe-Kochert C. Predictive value of pelvic incidence in progression of spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003;28(20):2381–5. DOI: 10.1097/01.BRS.0000085325.42542.38
39. Sevrain A., Aubin C.E., Gharbi H. et al. Biomechanical evaluation of predictive parameters of progression in adolescent isthmic spondylolisthesis: a computer modeling and simulation study. *Scoliosis* 2012;7(1):2. DOI: 10.1186/1748-7161-7-2
40. Markwalder T.M., Saager C., Reulen H.J. “Isthmic” spondylolisthesis – an analysis of the clinical and radiological presentation in relation to intraoperative findings and surgical results in 72 consecutive cases. *Acta Neurochir (Wien)* 1991;110(3–4):154–9. DOI: 10.1007/BF01400684
41. Ротт А.Н., Курносенков В.В. Хирургическое лечение спондилолистного спондилолистеза: история и современное состояние проблемы. *Травматология и ортопедия России* 2011;60(2):199–205. DOI: 10.21823/2311-2905-2011-0-2-199-205
42. Rott A.N., Kurnosenkov V.V. Surgical treatment of spondylolisthesis: History and current status of the problem (Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia* 2011;60(2):199–205. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2011-0-2-199-205
43. Хоминец В.В., Надулич К.А., Нагорный Е.Б. и др. Вклад Г.И. Турнера в становление и развитие учения о патологии позвоночника. *Вестник Российской военно-медицинской академии* 2019;68(4):181–5. DOI: 10.17816/brmma.384
44. Khomnits V.V., Nadulich K.A., Nagorniy E.B. et al. Contribution of G.I. Turner in formation and development of the doctrine about spinal pathology. *Vestnik Rossijskoj voenno-medicinskoj akademii* 2019;68(4):181–5 (In Russ.). DOI: 10.17816/brmma.384
45. Collaer J.W., McKeough D.M., Boissonnault W.G. Lumbar isthmic spondylolisthesis detection with palpation: Interrater reliability and concurrent criterion-related validity. *J Man Manip Ther* 2006;14(1):22–9. DOI: 10.1179/106698106790820917
46. Sun Y., Wang H., Yang D. et al. Characterization of radiographic features of consecutive lumbar spondylolisthesis. *Medicine (Baltimore)* 2016;95(46):5323. DOI: 10.1097/MD.00000000000005323
47. Legaye J. Radiographic analysis of the listhesis associated with lumbar isthmic spondylolysis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018;104(5):569–73. DOI: 10.1016/j.otsr.2018.02.017
48. Beck N.A., Miller R., Baldwin K. et al. Do oblique views add value in the diagnosis of spondylolysis in adolescents? *J Bone Joint Surg Am* 2013;95(10):e651–7. DOI: 10.2106/JBJS.L.00824
49. Мураби З., Пташников Д.А., Масевнин С.В. и др. Сегментарная нестабильность поясничного отдела позвоночника. Обзор зарубежной литературы. *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова* 2017;9(4):59–65. DOI: 10.17816/mechnikov20179459-65
50. Murabi Z., Ptashnikov D.A., Masevnnin S.V. et al. A review of foreign literature on instability of the lumbar spine. *Herald of the Northwestern State Medical University named after I.I. Mechnikov* 2017;9(4):59–65 (In Russ.). DOI: 10.17816/mechnikov20179459-65
51. Cabraja M., Mohamed E., Koeppen D., Kroppenstedt S. The analysis of segmental mobility with different lumbar radiographs in symptomatic patients with a spondylolisthesis. *Eur Spine J* 2012;21(2):256–61. DOI: 10.1007/s00586-011-1870-y
52. Pieper C.C., Groetz S.F., Nadal J. et al. Radiographic evaluation of ventral instability in lumbar spondylolisthesis: do we need extension radiographs in routine exams? *Eur Spine J* 2014;23(1):96–101. DOI: 10.1007/s00586-013-2932-0
53. Khan S.A., Sattar A., Khanzada U. et al. Fracture of the pars interarticularis with or without spondylolisthesis in an adult population in a developing country: evaluation by Multidetector Computed Tomography. *Asian Spine J* 2017;11(3):437–43. DOI: 10.4184/asj.2017.11.3.437
54. Sugiura K., Sakai T., Tezuka F. et al. Signal intensity changes of the posterior elements of the lumbar spine in symptomatic adults. *Spine Surg Relat Res* 2017;20(13):140–5. DOI: 10.22603/ssr.1.2016-0004
55. Nakayama T., Ehara S. Spondylolytic spondylolisthesis: various imaging features and natural courses. *Jpn J Radiol* 2015;33(1):3–12. DOI: 10.1007/s11604-014-0371-4
56. Harris I.A., Traeger A., Stanford R. et al. Lumbar spine fusion: what is the evidence? *Intern Med J* 2018;48(12):1430–4. DOI: 10.1111/imj.14120
57. Tagliaferri S.D., Miller C.T., Owen P.J. Domains of chronic low back pain and assessing treatment effectiveness: a clinical perspective. *Pain Pract* 2020;20(2):211–25. DOI: 10.1111/papr.12846
58. Simson K.J., Miller C.T., Ford J. et al. Optimising conservative management of chronic low back pain: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* 2017;18(1):184. DOI: 10.1186/s13063-017-1913-8
59. Steffens D., Maher C.G., Pereira L.S. et al. Prevention of low back pain: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Intern Med* 2016;176(2):199–208. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.7431
60. Carey T.S., Freburger J.K. Exercise and the Prevention of low back pain: Ready for implementation. *JAMA Intern Med* 2016;176(2):208–9. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.7636
61. Cheung E.V., Herman M.J., Cavalier R., Pizzutillo P.D. Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents: II. Surgical management. *J Am Acad Orthop Surg* 2006;14(8):488–98. DOI: 10.5435/00124635-200608000-00006
62. Moller H., Hedlund R. Surgery versus conservative management in adult isthmic spondylolisthesis – a prospective randomized study: part I. *Spine* 2000;25(13):1711–5. DOI: 10.1097/00007632-200007010-00016
63. France J.C., Yaszemski M.J., Lauer W.C. A randomized prospective study of posterolateral lumbar fusion. Outcomes with and without pedicle screw instrumentation. *Spine* 1999;24(6):553–60. DOI: 10.1097/00007632-199903150-00010
64. Bridwell K.H., Sedgewick T.A., O'Brien M.F. et al. The role of fusion and instrumentation in the treatment of degenerative spondylolisthesis with spinal stenosis. *J Spinal Disord* 1993;6(6):461–72. DOI: 10.1097/00002517-199306060-00001
65. Deguchi M., Rapoff A.J., Zdeblick T.A. Posterolateral fusion for isthmic spondylolisthesis in adults: analysis of fusion rate and clinical results. *J Spinal Disord* 1998;11(6):459–64.
66. Azizpour K., Schutte P., Arts M.P. et al. Decompression alone versus decompression and instrumented fusion for the treatment of isthmic spondylolisthesis: a randomized controlled trial. *J Neurosurg Spine* 2021;35(6):687–97. DOI: 10.3171/2021.1.SPINE.201958
67. Davis R., Errico T., Bae H., Auerbach J. Decompression and coflex interlaminar stabilization compared with decompression and instrumented spinal fusion for spinal stenosis and low-grade degenerative spondylolisthesis: two-year results from the prospective, randomized, multicenter, Food and Drug Administration Investigational Device Exemption trial. *Spine* 2013;38(18):1529–39. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31829a6d0a
68. Gomeksiz C., Sasani M., Okenoglu T., Ozer A. A short history of posterior dynamic stabilization. *Adv Orthop* 2012;2012:629698. DOI: 10.1155/2012/629698
69. Harris E., Sayadipour A., Massey P. et al. Mini-open versus open decompression and fusion for lumbar degenerative spondylolisthesis with stenosis. *Am J Orthop* 2011;40(12):E257–61.

67. Boissiere L., Perrin G., Rigal J. et al. Lumbar-sacral fusion by a combined approach using interbody PEEK cage and posterior pedicle screw fixation: clinical and radiological results from a prospective study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99(8):945–51. DOI: 10.1016/j.otsr.2013.09.003
68. Christensen F.B., Hansen E.S., Eiskjaer S.P. et al. Circumferential lumbar spinal fusion with Brantigan cage versus posterolateral fusion with titanium Cotrel-Dubousset instrumentation: a prospective, randomized clinical study of 146 patients. *Spine* 2002;27(23):2674–83. DOI: 10.1097/00007632-200212010-00006
69. Swan J., Hurwitz E., Malek F. et al. Surgical treatment for unstable low-grade isthmic spondylolisthesis in adults: a prospective controlled study of posterior instrumented fusion compared with combined anterior-posterior fusion. *Spine J* 2006;6(6):606–14. DOI: 10.1016/j.spinee.2006.02.032
70. Lauber S., Schulte T.L., Liljenqvist U. et al. Clinical and radiologic 2–4-year results of transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative and isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31(15):1693–8. DOI: 10.1097/01.brs.0000224530.08481.4e
71. Bourghli A., Aunoble S., Reebye O. et al. Correlation of clinical outcome and spinopelvic sagittal alignment after surgical treatment of low-grade isthmic spondylolisthesis. *Eur Spine J* 2011;20 (Suppl 5):663–8. DOI: 10.1007/s00586-011-1934-z
72. Wang Z., Wang B., Yin B. et al. The relationship between spinopelvic parameters and clinical symptoms of severe isthmic spondylolisthesis: a prospective study of 64 patients. *Eur Spine J* 2014;23(3):560–8. DOI: 10.1007/s00586-013-3064-2
73. Amritanand R., Arockiaraj J., David K.S., Krishnan V. Does the surgical reduction of high grade spondylolisthesis restore spino-pelvic alignment? An analysis of 35 patients. *Asian Spine J* 2021;15(5):596–603. DOI: 10.31616/asj.2020.0252
74. Koller H., Muhlenkamp K., Hitzl W. et al. Surgical outcomes with anatomic reduction of high-grade spondylolisthesis revisited: an analysis of 101 patients. *J Neurosurg Spine* 2021;1–11. DOI: 10.3171/2021.3.SPINE202091
75. Longo U.G., Loppini M., Romeo G. et al. Evidence-based surgical management of spondylolisthesis: reduction or arthrodesis in situ. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96(1):53–8. DOI: 10.2106/JBJS.L.01012
76. Park S.J., Lee C.S., Chung S.S. et al. Postoperative changes in pelvic parameters and sagittal balance in adult isthmic spondylolisthesis. *Neurosurgery* 2011;68(2 Suppl Operative):355–63. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3182117249
77. Feng Y., Chen L., Gu Y. et al. Restoration of the spinopelvic sagittal balance in isthmic spondylolisthesis: posterior lumbar interbody fusion may be better than posterolateral fusion. *Spine J* 2015;15(7):1527–35. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.02.036
78. Barbagallo G.M., Piccini M., Alobaid A. et al. Bilateral tubular minimally invasive surgery for low-dysplastic lumbosacral lytic spondylolisthesis (LDLLS): analysis of a series focusing on post-operative sagittal balance and review of the literature. *Eur Spine J* 2014;23(Suppl 6):705–13. DOI: 10.1007/s00586-014-3543-0
79. Champagne P.O., Walsh C., Diabira J. et al. Sagittal balance correction following lumbar interbody fusion: a comparison of the three approaches. *Asian Spine J* 2019;13(3):450–8. DOI: 10.31616/asj.2018.0128
80. Lafage V., Schwab F., Vira S. et al. Spino-pelvic parameters after surgery can be predicted: a preliminary formula and validation of standing alignment. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36(13):1037–45. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181eb9469

Вклад авторов

Б.Р. Кинзягулов: обзор литературы, написание статьи;
В.Б. Лебедев: редактирование статьи, научное консультирование;
А.А. Зуев: редактирование статьи, научное консультирование.

Authors' contribution

B.R. Kinzyagulov: literature review, article writing;
V.B. Lebedev: article editing, scientific advice;
A.A. Zuev: article editing, scientific advice.

ORCID авторов / ORCID of authors

Б.Р. Кинзягулов / B.R. Kinzyagulov: <https://orcid.org/0000-0001-8736-2335>
В.Б. Лебедев / V.B. Lebedev: <https://orcid.org/0000-0002-3372-2670>
А.А. Зуев / A.A. Zuev: <https://orcid.org/0000-0003-2974-1462>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Работы выполнялись без внешнего финансирования.

Financing. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 30.01.2022. **Принята к публикации:** 07.09.2022.

Article submitted: 30.01.2022. **Accepted for publication:** 07.09.2022.