



СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ХИРУРГИЧЕСКОМУ ЛЕЧЕНИЮ СПОНДИЛОЛИСТЕЗА У ДЕТЕЙ

С.В. Виссарионов, В.В. Мурашко, А.П. Дроздецкий, Н.А. Крутеlev, С.М. Белянчиков

Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург

Цель исследования. Анализ современных вариантов оперативного лечения спондилолистеза L₅ позвонка у детей.

Материал и методы. Проведен анализ оперативного лечения 26 пациентов 10–17 лет со спондилолистезом L₅ позвонка. У двух из них имелся спондилолистез тела L₅ позвонка I степени, у семи — II, у шести — III, у семи — IV, у четырех — спондилоптоз. Представлены варианты оперативного лечения спондилолистеза у детей в зависимости от степени смещения тела L₅ позвонка, клинической картины заболевания и неврологических нарушений. Всем пациентам хирургическое вмешательство выполнялось только из дорсального доступа. В ходе операции достигалось воссоздание анатомии позвоночного канала, восстановление нормальных физиологических взаимоотношений в патологическом сегменте, баланса туловища, купирование клинических проявлений и ликвидация неврологических нарушений.

Результат. При спондилолистезе I–III степени достигалась полная редукция L₅ позвонка. При спондилолистезе IV степени и спондилоптозах — редукция до уровня II–III степени. Болевой и радикулярный синдромы купировались в течение 2–3 дней и 2–3 недель после операции соответственно. У пациентов с нижним монопарезом и контрактурами отмечался регресс неврологических нарушений и восстановление физиологического объема движений в течение 1–1,5 мес. после хирургического вмешательства.

Заключение. Выбор варианта лечения при спондилолистезе L₅ позвонка зависит от степени смещения тела позвонка, наличия сегментарной нестабильности, выраженности клинических проявлений и неврологических нарушений.

Ключевые слова: спондилолистез, спондилоптоз, хирургическое лечение, неврологический дефицит, сегментарная нестабильность.

THE MODERN APPROACH TO SURGICAL TREATMENT OF SPONDYLOLISTHESIS IN CHILDREN

*S.V. Vissarionov, V.V. Murashko, A.P. Drozdetsky,
N.A. Krutelev, S.M. Belyanchikov*

Objective. To analyze present-day variants of surgical treatment of L₅ spondylolisthesis in children.

Material and Methods. The outcome analysis of surgery for L₅ spondylolisthesis in 26 patients aged 10 to 17 years was performed. Two patients had Grade I spondylolisthesis, 7 patients — Grade II, 6 — Grade III, 7 — Grade IV, and 4 patients had spondyloptosis. The paper presents variants of surgical treatment for spondylolisthesis in children depending on a degree of L₅ displacement, clinical manifestation of disease, and neurological disorders. The posterior approach was used in all patients. The surgery restored spinal canal anatomy, physiological relations within impaired segment, and trunk balance, reduced clinical manifestations, and eliminated neurological disorders.

Results. Complete reduction of L₅ vertebra was achieved in patients with Grade I–III spondylolisthesis, reduction to Grade II–III - in patients with Grade IV and spondyloptosis. Pain and radicular syndromes regressed in 2–3 days and 2–3 weeks after surgery, respectively. Patients with lower limb monoparesis and contractures showed a regression of neurological deficit and restoration of physiological range of motions within 1–1.5 months after surgery.

Conclusion. The choice of treatment technique for L₅ spondylolisthesis depends on vertebra displacement degree, occurrence of segmental instability, intensity of clinical manifestations and neurological symptoms.

Key Words: spondylolisthesis, spondyloptosis, surgical treatment, neurological symptoms, segmental instability.

Hir. Pozvonoc. 2009;(3):56–63.

С.В. Виссарионов, д-р мед. наук, зам. директора по науч. работе, рук. отделения патологии позвоночника и нейрохирургии; В.В. Мурашко, врач травматолог-ортопед того же отделения; А.П. Дроздецкий, канд. мед. наук, ст. науч. сотрудник того же отделения; Н.А. Крутеlev, врач-нейрохирург того же отделения; С.М. Белянчиков, врач травматолог-ортопед того же отделения.

История изучения спондилолистеза насчитывает уже более двух столетий [2]. Несмотря на это, остаются актуальными вопросы, связанные с механизмами и причинами его возникновения, показаниями и методами хирургического лечения [13].

Спондилолиз у новорожденного обнаружен только в одном наблюдении [8], у детей до одного года он также встречается крайне редко. К 5–7-летнему возрасту частота спондилолиза и спондилолистеза в популяции составляет около 5 %. В дальнейшем частота заболевания увеличивается мало и к 18 годам достигает 6 % [9, 11].

Спондилолистез относится к мультифакториальным заболеваниям, в этиологии и патогенезе которого основную роль играют генетические и диспластические факторы [12].

По мнению ряда исследователей [14–17], спондилолистез является следствием спондилолиза, представляющего собой стрессорный (усталостный) перелом межсуставной части дуги (спондилолиз), поэтому частота встречаемости его резко возрастает у спортсменов. Спондилолиз встречается одинаково часто у мальчиков и у девочек, но тяжелые степени смещения L₅ позвонка в четыре раза чаще встречаются у девочек. Однако в 30–50 % наблюдений спондилолиз не приводит к спондилолистезу [18].

В патогенезе спондилолистеза также важную роль играет дисплазия люмбосакрального сегмента, в частности *spina bifida posterior* [19].

Диспластические изменения задних опорных элементов базальных позвоночных сегментов на пояснично-крестцовом уровне уменьшают устойчивость этой зоны к сдвиговым напряжениям. Эти изменения являются фактором риска развития и прогрессирования спондилолистеза у детей [21]. По данным S. Seitsalo et al. [22], *spina bifida* L₅ позвонка встречается у пациентов с тяжелыми степенями спондилолистеза в 42 % наблюдений.

По мнению некоторых исследователей [12, 23], риск прогрессирования и тяжесть спондилолистеза коррелируют с тяжестью дисплазии и сдви-

говыми нагрузками, которые, в свою очередь, зависят от позвоночно-тазового баланса.

J. Vidal, T. Marnay [25] опубликовали работу о морфологии и сагиттальном балансе тела при тяжелом спондилолистезе, в которой выделены четыре фундаментальные характеристики этого заболевания: смещение позвонка, ретроверсия таза, вертикализация крестца, переднее смещение тазобедренных суставов. Именно эти факторы приводят к нарушению нормальной ориентации позвоночника относительно вертикальной оси, люмбосакрального сочленения и головок бедер.

Таким образом, развитие и прогрессирование спондилолистеза обусловлено следующими факторами:

- 1) спондилолизом дуги L₅ позвонка;
- 2) сагиттальным позвоночно-тазовым дисбалансом;
- 3) дисплазией люмбосакрального отдела позвоночника (*spina bifida*, гипоплазия суставных отростков, поперечных отростков, дуг позвонков), высоким стоянием L₅ позвонка относительно биспинальной линии;
- 4) трапециевидной деформацией тела смещенного позвонка и куполообразной деформацией верхней поверхности тела нижележащего позвонка;
- 5) нестабильностью люмбосакрального сегмента;
- 6) появлением и прогрессированием дегенеративных изменений межпозвонкового диска на пояснично-крестцовом уровне.

До настоящего времени значимой проблемой детской вертебрологии является разработка принципов лечения спондилолистеза L₅ позвонка [10, 24]. Целью хирургического вмешательства при спондилолистезе являются не только предотвращение дальнейшего смещения тела позвонка и деформации отдела, но и восстановление анатомических взаимоотношений в сегменте, стабилизация пораженного отдела и купирование болей [6, 9]. При наличии вертеброрадикулярного конфликта еще одной задачей являет-

ся его ликвидация [5]. Предлагаются следующие хирургические вмешательства: на задних отделах позвоночника, на передних отделах тел позвонков, комбинированные.

При I–II степени спондилолистеза без неврологической симптоматики достаточно эффективным, по мнению В.Л. Андрианова и др. [1], Г.Х. Грунговского и др. [4], является заднебоковой спондилодез ауто- или аллотрансплантатами. При более тяжелых степенях спондилолистеза, помимо стабилизации, необходимо осуществлять и редукцию смещенного позвонка. Для этого используются дистракторы [3] или устройства для вправления смещенного позвонка [7].

В настоящее время применяются следующие виды операций: задний спондилодез без инструментария, задний спондилодез с применением инструментария, переднезадний спондилодез, переднезадний эпифизеоспондилодез.

По мнению R. Winter [26], задний спондилодез без инструментария остается золотым стандартом, с которым следует сравнивать другие подобные методы хирургического лечения. Дополнение заднего спондилодеза металлоконструкциями преследует цель добиться редукции тела L₅ позвонка, большей стабильности позвоночно-двигательного сегмента, что уменьшает зависимость от качества внешней иммобилизации. Переднезадний спондилодез, согласно современным представлениям, оптимален с точки зрения остановки прогрессирования имеющейся деформации и стабилизации, а не восстановления нормальной анатомии пояснично-крестцового отдела позвоночника [20]. Остается открытым вопрос о ликвидации вертеброрадикулярного конфликта из переднебокового доступа при проявлениях нестабильности в виде неврологического дефицита. Необходимость выполнения вентрального доступа вследствие его травматичности и риска тяжелых интраоперационных осложнений некоторыми авторами расценивается как недостаток метода [7].

Появляющиеся в последнее время работы, посвященные ликвидации сегментарной нестабильности при спондилолистезе из дорсального доступа с редукцией L₅ позвонка, восстановлению нормальной анатомии сегмента, ликвидации вертеброспинального конфликта и костно-пластической стабилизации 360° fusion, являются перспективными и позволяют решить вопрос нестабильности из одного доступа. Однако данная методика лечения используется у взрослых пациентов и не описано ее применение у детей.

Цель исследования – анализ современных вариантов оперативного лечения спондилолистеза L₅ позвонка у детей.

Материал и методы

Под наблюдением находились 26 пациентов 10–17 лет со спондилолистезом тела L₅ позвонка. У двух пациентов спондилолистез I степени, у семи – II, у шести – III, у семи – IV, у четырех – спондилоптоз.

Диагностика спондилолистеза у детей основывалась на совокупности анамнестических, клинических данных, результатов лучевых и физиологических методов исследования.

В анамнезе у пациентов отмечалась хроническая травматизация пояснично-крестцового отдела позвоночника. Большинство детей занимались спортом – тяжелой атлетикой, гимнастикой, борьбой, спортивными танцами.

По результатам клинико-неврологического исследования выявлено, что болевой синдром есть у всех 26 больных. По характеру жалоб пациентов можно разделить на три группы: с локальным болевым синдромом в пояснично-крестцовом отделе позвоночника (9), с локальным болевым и радикулярным синдромами (13), с локальным болевым синдромом и неврологическими нарушениями (4).

Ограничение подвижности позвоночника разной степени выраженности отмечено в 26 наблюдениях, радикулярный синдром – в 13, невроло-

гические нарушения типа С по шкале Frankel (парезы, контрактуры нижних конечностей) – в 4.

Всем пациентам до операции выполняли рентгенограммы позвоночника в стандартных проекциях и функциональные рентгенограммы пояснично-крестцового отдела позвоночника в боковой проекции в положении пациента стоя, с наклонами вперед и назад. По рентгенограммам определяли степень смещения L₅–S₁ по Mayerding и мобильность позвоночно-двигательного сегмента на этом уровне. Степень смещения L₅–S₁ оценивали по боковым рентгенограммам, мобильность – по функциональным снимкам при выполнении пациентом наклонов (рис. 1). Кроме того, на рентгенограммах пояснично-крестцового отдела позвоночника выявляли признаки дисплазии люмбосакрального сегмента.

На переднезадних рентгенограммах отмечено уменьшение высоты тела сместившегося позвонка; он наслаивался в виде дугообразной тени на вер-

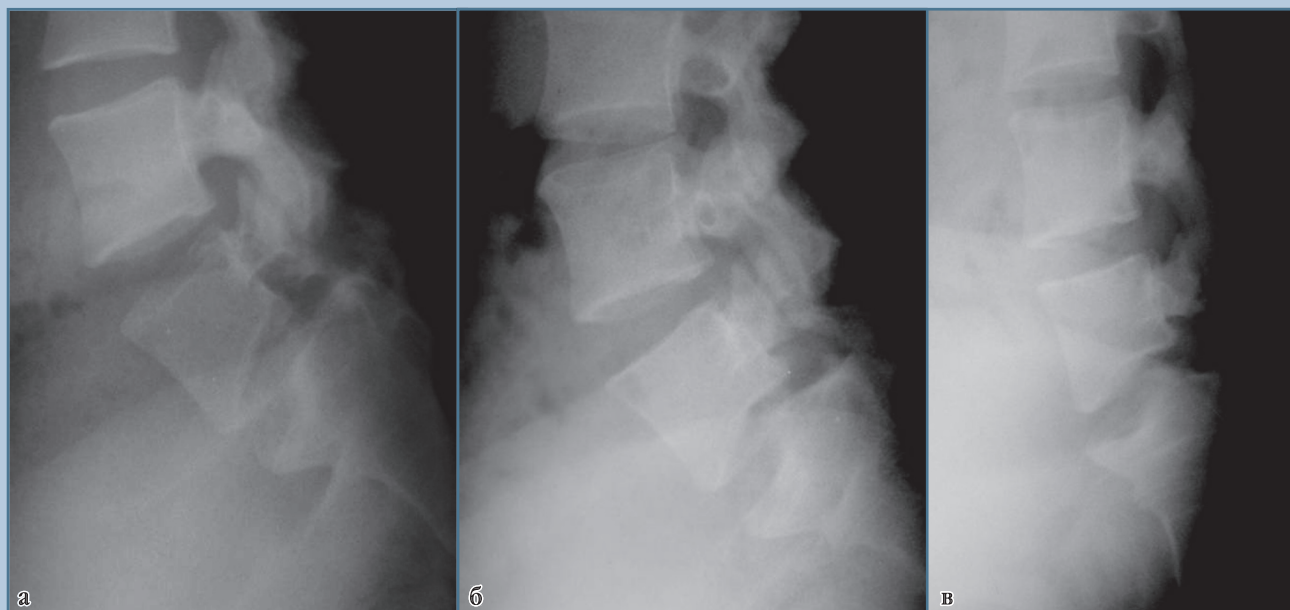


Рис. 1

Рентгенограммы пациента Н., 17 лет, со спондилолистезом L₅ позвонка II степени в нейтральном положении (а), при наклоне вперед (б), при наклоне назад (в)

хний отдел крестца – симптом шапки жандарма. Нередко происходило запрокидывание вверх остистого отростка сместившегося позвонка – симптом воробьиного хвоста по Турнеру (рис. 2).

В 52 % наблюдений отмечалась сколиотическая деформация поясничного отдела позвоночника I–II степени (рис. 3).

КТ-исследование при спондилолистезе выполняли для оценки состояния костных структур задней

опорной колонны позвоночника, размеров основания дуг позвонков L₄–L₅ и крестцового S₁ позвонка. По спиральным компьютерным томограммам проводили предоперационное планирование. Определяли длину тел и диаметр основания дуг позвонков пояснично-крестцового отдела, величину углов введения транспедикулярных винтов в этой области (рис. 4).

При МРТ-исследовании определяли состояние дурального мешка, кореш-

ков спинного мозга, дискового аппарата, степень деформации и стеноза позвоночного канала.

У всех пациентов при МРТ-исследовании отмечены выраженные дегенеративно-дистрофические изменения пояснично-крестцового отдела позвоночника, которые проявлялись снижением высоты, протрузией межпозвонковых дисков, деформацией и стенозом позвоночного канала на патологическом уровне, сужением позвонковых отверстий (рис. 5).



Рис. 2

Рентгенограмма пациентки А., 14 лет, со спондилолистезом L₅ позвонка IV степени, симптомами шапки жандарма и воробьиного хвоста

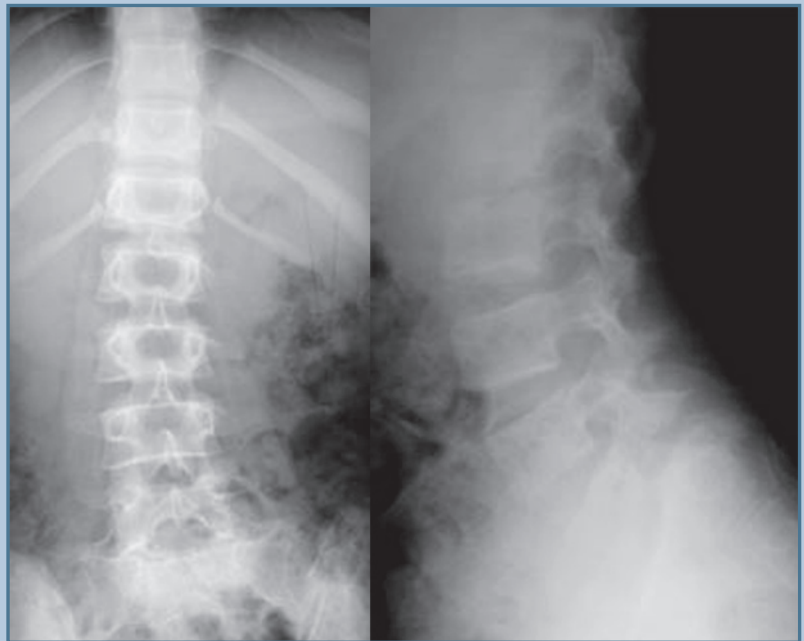


Рис. 3

Рентгенограммы пациента К., 15 лет, со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника I степени и спондилоптозом L₅ позвонка

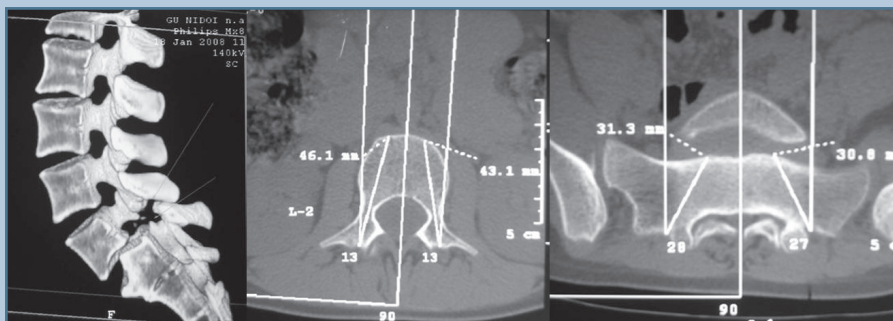


Рис. 4

КТ пациентки В., 15 лет, со спондилолистезом L₅ позвонка II степени

В ходе электронейрофизиологического исследования выявлена умеренная асимметрия мышц спины со снижением электрогенеза на уровне поясничных сегментов. Нарушений проведения по моторным волокнам периферических нервов по сегментам у пациентов не отмечено. При проксимальной стимуляции нервов нижних конечностей в 62 % наблюдений отмечено снижение М-ответа по амплитуде от 40 % по одной из сторон, что характерно для частичного блока проведения компрессионно-ишемического характера на уровнях корешков L₁–L₅ по одной из сторон (рис. 6).

Показания для хирургического лечения спондилолистеза следующие: неврологические нарушения компрессионного генеза на фоне стеноза позвоночного канала или хронической травматизации корешка, люмбалгия вследствие нестабильности позвоночно-двигательного сегмента, спондилоптоз, прогрессирующее смещение L₅ позвонка, неэффек-

тивность консервативного лечения в течение 6 мес.

Цели хирургического лечения: ликвидация вертеброрадикулярного конфликта, устранение стеноза и восстановление анатомии позвоночного канала, предотвращение дальнейшего смещения тела позвонка и деформации пояснично-крестцового отдела позвоночника, восстановление баланса и физиологических контуров позвоночно-двигательного сегмента, окончательная стабилизация пораженного отдела позвоночника в корригированном положении.

Задачи хирургического лечения спондилолистеза делят на ортопедические (редукция тела L₅ позвонка и стабилизация пояснично-крестцового сегмента позвоночника в достигнутом положении, восстановление сагиттального и фронтального профилей пояснично-крестцового отдела позвоночника) и нейрохирургические (купирование болевого синдрома, ликвидация вертебро-

медуллярного конфликта, восстановление анатомии позвоночного канала).

У пациентов с I–II степенью смещения L₅ позвонка (9 больных), с болевым синдромом, рентгенологическими признаками сегментарной нестабильности и без неврологических нарушений оперативное вмешательство выполняли из дорсального доступа в объеме редукции тела смещенного позвонка транспедикулярной моносегментарной металлоконструкцией и стабилизацией на уровне L₅–S₁ позвонков в достигнутом положении в сочетании с задним локальным спондилодезом. Этим больным из заднего доступа была выполнена транспедикулярная моносегментарная фиксация и редукция на уровне L₅–S₁ позвонков в сочетании с задним локальным спондилодезом (рис. 7).

У пациентов с болевым радикулярным синдромом и неврологическими нарушениями оперативное вмешательство выполняли из дорсального досту-

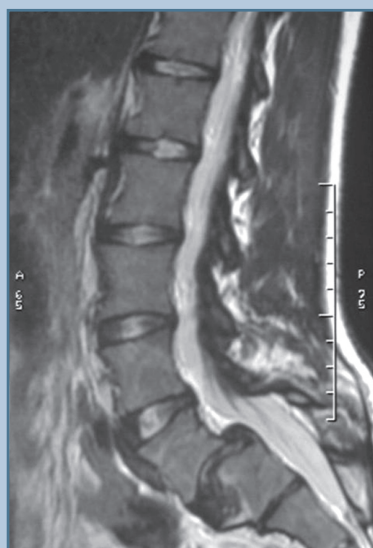


Рис. 5

МРТ пациентки В., 15 лет, со спондилолистезом L₅ позвонка II степени: протрузия диска L₅–S₁, деформация и стеноз позвоночного канала

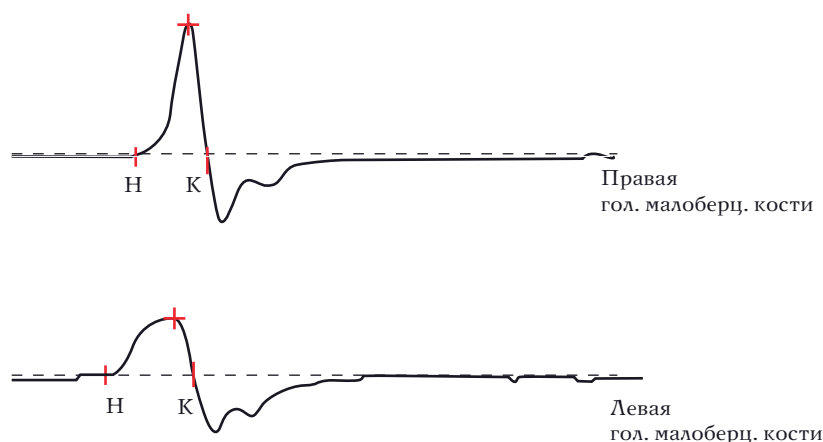
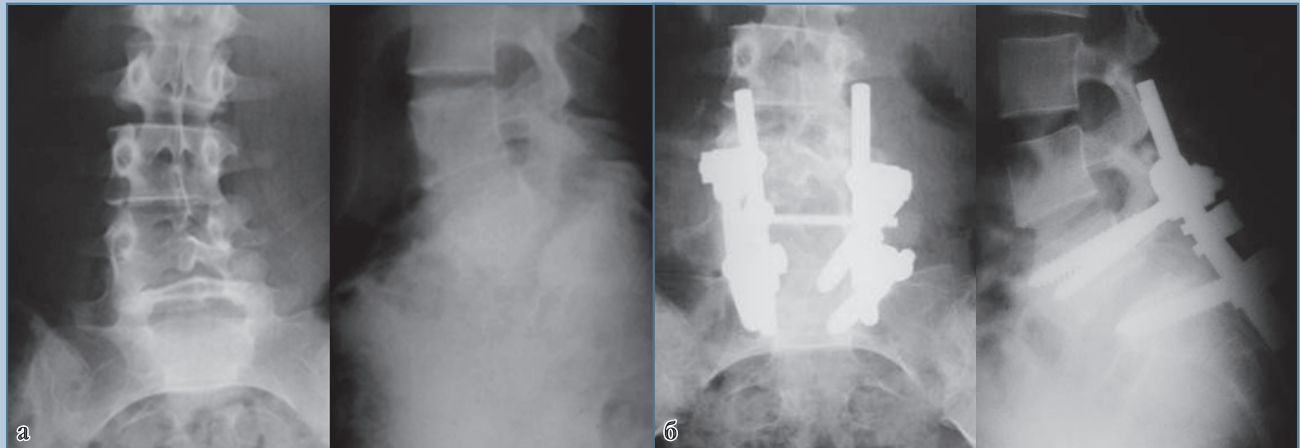


Рис. 6

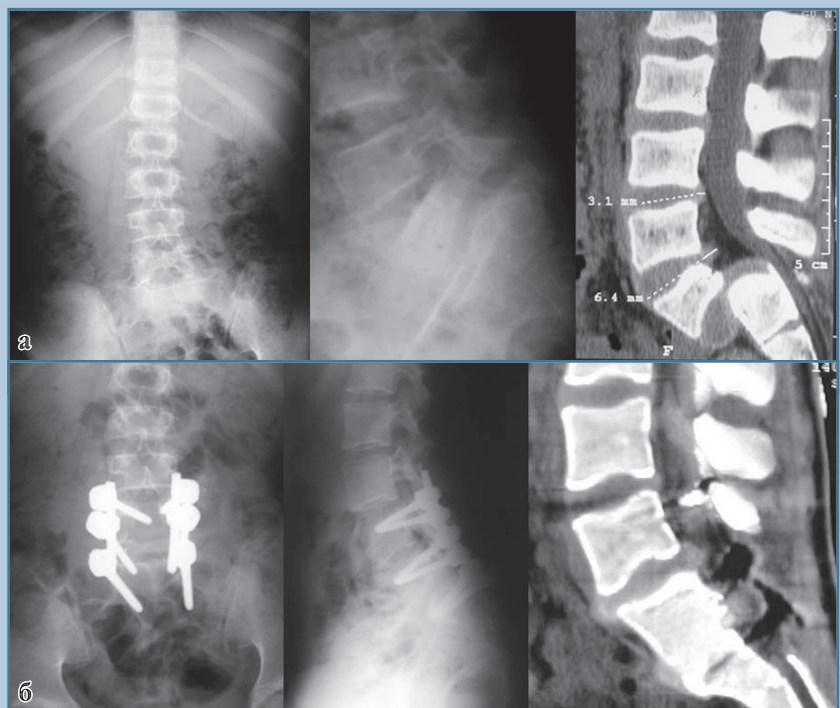
Электронейромиограммы пациента Р., 16 лет, со спондилолистезом L₅ позвонка III степени: амплитуда М-ответа слева – 1,49 мВ; справа – 3,8 мВ (N 3,5 мВ); скорость проведения импульса слева – 54 м/с, справа – 38 м/с (N 50–60 м/с)

**Рис. 7**

Рентгенограммы пациента Г., 14 лет, со спондилолистезом L₅ позвонка II степени до операции (а) и через 5 лет после операции (б)

па в следующем объеме: удаление дуги смещенного L₅ позвонка; транспедикулярная фиксация и редукция по одной стороне на уровнях L₄–L₅–S₁ позвонков; ревизия позвоночного канала, радикулолиз, дискэктомия и межтеловой корпордез аутокостью на уровне L₅–S₁ позвонков; транспедикулярная фиксация по второй стороне, окончательная редукция и стабилизация в достигнутом положении смещенного тела позвонка; задний локальный спондилодез.

Клинический пример. Пациент П., 10 лет, со спондилоптозом тела L₅ позвонка, нижним правосторонним монопарезом, сгибательной контрактурой в правой нижней конечности (рис. 8). Осуществлено оперативное вмешательство из дорсального доступа, состоящее из восьми этапов: удаления дуги L₅ позвонка, транспедикулярной фиксации позвоночника на уровнях L₄–L₅–S₁ позвонков, частичной редукции тела L₅ позвонка, ревизии позвоночного канала на уровне L₅–S₁, радикулолиза на патологическом уровне, дискэктомии и заднего межтелового корпорордеза L₅–S₁, окончательной редукции тела L₅ позвонка и стабилизации, заднего локального спондилодеза.

**Рис. 8**

Рентгенограммы и КТ пациента П., 10 лет, со спондилоптозом L₅ позвонка до операции (а) и через 2 года после операции (б)

У всех больных к послеоперационному ложу устанавливали дренаж по Редону, который удаляли на 2–3-й сут после

хирургического вмешательства. Повреждения дурального мешка и ликвореи не отмечено. Детей ставили на

ноги на 7–10-й день после операции в фиксирующем корсете и выписывали на амбулаторное лечение через 14–18 дней после хирургического вмешательства.

Результаты и их обсуждение

После проведенного хирургического лечения у всех пациентов отмечено купирование болевого синдрома в течение 2–3 дней после операции. У больных с радикулярным синдромом его ликвидация длилась 2–3 недели. У пациентов с нижним монопарезом отмечался регресс неврологических нарушений и восстановление физиологического объема движений конечностей в течение 1–1,5 мес. На протяжении всего периода наблюдения за пациентами жалоб никто из них не предъявлял. У всех пациентов отмечено анатомическое восстановление или улучшение баланса пояснично-крестцового сегмента позвоночника. Рентгенологически при спондилолистезе I, II и III степени отмечалась полная редукция тела L₅ позвонка. При спондилолистезе IV степени и спондилоптозе

редукция в ходе операции достигала уровня II (4 человека) и III (7 человек) степени. По данным нейрофизиологического исследования, после оперативного лечения при проксимальной стимуляции нервов нижних конечностей отмечено улучшение параметров М-ответов в 83 % наблюдений. Разница показателей в нижних конечностях укладывалась в границы физиологической асимметрии (рис. 9).

У пациентов с I–II степенью спондилолистеза и болевым синдромом операция выполнялась из дорсального доступа в объеме редукции тела L₅ позвонка, стабилизации металлоконструкцией в достигнутом положении и заднего локального спондилодеза. Наличие болевого синдрома объяснялось сегментарной нестабильностью на уровне L₅–S₁ позвонков. Выполненное оперативное вмешательство, направленное на восстановление физиологических взаимоотношений и стабилизацию этого сегмента в анатомически правильной позиции, было достаточным для ликвидации клинических проявлений заболевания. Короткий уровень фиксации L₅–S₁

приводил к незначительным ограничениям подвижности в пояснично-крестцовом отделе позвоночника.

Клинические проявления заболевания у больных со спондилолистезом III–IV степени и спондилоптозом с болевым и радикулярным синдромами и парезом диктовали другой объем хирургического вмешательства. У этой группы пациентов необходимо было решать как ортопедические, так и нейрохирургические задачи лечения. Причинами клинических проявлений заболевания, радикулярного синдрома и неврологических нарушений у этой категории больных являлась не только сегментарная нестабильность позвоночно-двигательного сегмента L₅–S₁ позвонков, но и вертебро-радикулярный конфликт на этом уровне. Обе задачи оперативного лечения спондилолистеза у данной категории больных решались из одного доступа. Выполненное хирургическое вмешательство только из дорсального доступа позволяет в один этап ликвидировать все проявления сегментарной нестабильности позвоночно-двигательного сегмента L₅–S₁ при спондилолистезе, не прибегать к тяжелым травматичным двухэтапным операциям из двух доступов. Осуществление данной методики лечения позволяет устранить причину неврологических нарушений путем удаления дегенеративного диска L₅–S₁ и невролиза корешков спинного мозга, восстановить сагиттальный баланс позвоночника на этом уровне путем редукции тела L₅ позвонка и стабилизировать сегмент в физиологически правильной позиции. Стабильная фиксация пояснично-крестцового сегмента металлоконструкцией, сформированный корпородез на уровне L₅–S₁ из дорсального доступа и задний локальный спондилодез вдоль спинального имплантата позволяют удержать достигнутый результат в процессе дальнейшего роста и развития пациента.

Заключение

В ходе операции по поводу спондилолистеза у пациентов удается достичь

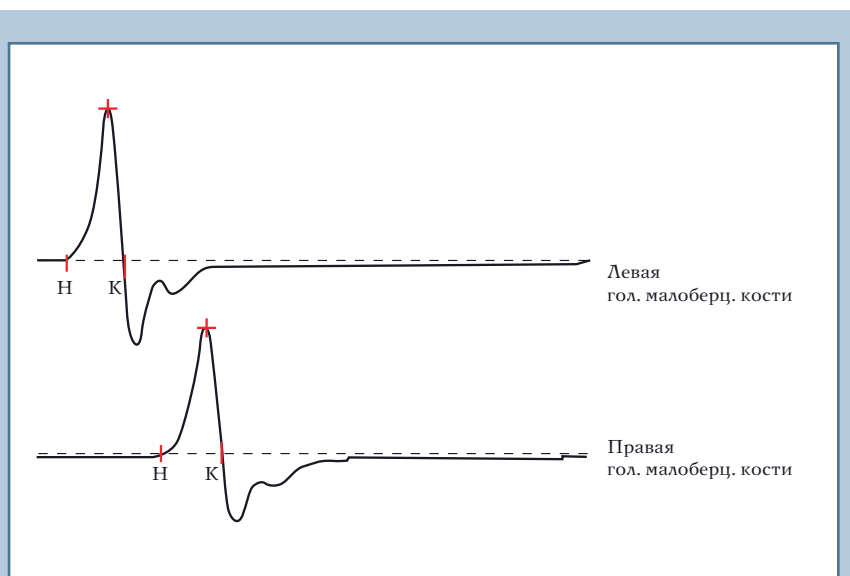


Рис. 9

Электронеуромиограммы пациента Р., 16 лет, со спондилолистезом L₅ позвонка III степени после операции

воссоздания анатомии позвоночного канала, восстановления нормальных физиологических взаимоотношений или улучшения взаимоотношений в пояснично-крестцовом сегменте позвоночника, баланса туловища, лик-

видации клинических проявлений заболевания и купирования неврологических нарушений.

Хирургическое лечение спондилолистеза у детей требует индивидуального подхода. Выбор тактики лечения

зависит от степени смещения тела позвонка, наличия и характера сегментарной нестабильности на этом уровне, выраженности клинических проявлений и неврологических нарушений.

Литература

1. Андрианов В.Л., Баиров Г.А., Садофьева В.И. и др. Заболевания и повреждения позвоночника у детей и подростков. Л., 1985.
2. Глазырин Д.И. Новое в диагностике и лечении спондилолистеза. Свердловск, 1981.
3. Глазырин Д.И. Клинико-биомеханические обоснования и оценка эффективности переднего спондилолиза с редукцией позвонка при спондилолистезе: Автореф. дис. ... д-ра мед наук. М., 1981.
4. Грунтовский Г.Х., Продан А.И., Филиппенко В.А. и др. Стабильно-функциональный спондилодез при повреждениях и заболеваниях позвоночника // Ортопед, травматол. (Киев). 1992. С. 71–73.
5. Дулаев А.К., Надулич К.А., Теремшонов А.В. Лечение пациентки с истинным спондилолистезом L₅ позвонка IV степени // Хирургия позвоночника. 2006. № 1. С. 62–65.
6. Миронов С.П., Ветрилэ С.Т., Ветрилэ М.С. Оперативное лечение спондилолистеза позвонка L₅ с применением транспедикулярных фиксаторов // Хирургия позвоночника. 2004. № 1. С. 39–46.
7. Хвисьок Н.И., Чикуннов А.С., Арсений А.К. Дегенеративный спондилолистез Кишинев, 1986.
8. Borkow S.E., Kleiger B. Spondylolisthesis in the newborn. A case report // Clin. Orthop. Relat. Res. 1971. Vol. 81. P. 73–76.
9. Labelle H., Roussouly P., Berthonnaud E., et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study // Spine. 2004. Vol. 29. P. 2049–2054.
10. Laurent L.E. [Spondylolisthesis] // Nord Med. 1959. Vol. 61. P. 357–360.
11. Takahashi K., Yamagata M., Takayanagi K., et al. Changes of the sacrum in severe spondylolisthesis: a possible key pathology of the disorder // J. Orthop. Sci. 2000. Vol. 5. P. 18–24.
12. Taylor L.J. Severe spondylolisthesis and scoliosis in association with Marfan's syndrome. Case report and review of the literature // Clin. Orthop. Relat. Res. 1987. N 221. P. 207–211.
13. Farfan H.F., Osteria V., Lamy C. The mechanical etiology of spondylolysis and spondylolisthesis // Clin. Orthop. Relat. Res. 1976. N 117. P. 40–55.
14. Duval-Beaupere G., Schmidt C., Cosson P. A Barycentric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position // Ann. Biomed. Eng. 1992. Vol. 20. P. 451–462.
15. Hasegawa S., Yamamoto H., Morisawa Y., et al. A study of mechanoreceptors in fibrocartilage masses in the defect of pars interarticularis // J. Orthop. Sci. 1999. Vol. 4. P. 413–420.
16. Nazarian S. Spondylolysis and spondylolytic spondylolisthesis // Eur. Spine J. 1992. Vol. 1. P. 62–83.
17. Ohmori K., Ishida Y., Takatsu T., et al. Vertebral slip in lumbar spondylolysis and spondylolisthesis. Long-term follow-up of 22 adult patients // J. Bone Joint Surg. Br. 1995. Vol. 77. P. 771–773.
18. Libson E., Bloom R.A., Dinari G. Symptomatic and asymptomatic spondylolysis and spondylolisthesis in young adults // Int. Orthop. 1982. Vol. 6. P. 259–261.
19. Kim N.H., Suk K.S. The role of transitional vertebrae spondylolysis and spondylolytic spondylolisthesis // Bull. Hosp. Jt. Dis. 1997. Vol. 56. P. 161–166.
20. Kim S.M., Lim T.J., Paterno J., et al. A biomechanical comparison of supplementary posterior trans-laminar facet and transfacetopedicular screw fixation after anterior lumbar interbody fusion // J. Neurosurg. Spine. 2004. Vol. 1. P. 101–107.
21. Konz R.J., Goel V.K., Grobler L.J., et al. The pathomechanism of spondylolytic spondylolisthesis in immature primate lumbar spines in vitro and finite element assessments // Spine. 2001. Vol. 26. P. E38–E49.
22. Seitsalo S., Osterman K., Hyvarinen H., et al. Progression of spondylolisthesis in children and adolescent. A long-term follow-up of 272 patients // Spine. 1991. Vol. 16. P. 417–421.
23. Takahashi K., Yamagata M., Takayanagi K., et al. Changes of the sacrum in severe spondylolisthesis: a possible key pathology of the disorder // J. Orthop. Sci. 2000. Vol. 5. P. 18–24.
24. Turnpenny P.D., Alman B., Cornier A.S., et al. Abnormal vertebral segmentation and the notch signaling pathway in man // Dev. Dyn. 2007. Vol. 236. P. 1456–1474.
25. Vidal J., Marnay T. [Morphology and anteroposterior body equilibrium in spondylolisthesis L5-S1] // Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot. 1983. Vol. 69. P. 17–28. French.
26. Winter R.B. Classification and terminology // In: Lonstein L.E., Winter R.B., Bradford D.S., Ogilvie J.W. (eds): Moe's Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities. Philadelphia, 1995. P. 39–43.

Адрес для переписки:

Виссарионов Сергей Валентинович
196603, Санкт-Петербург, Пушкин,
ул. Парковая, 64–68,
НИДОИ им. Г.И. Турнера,
turner01@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.03.2009