

Министерство здравоохранения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Центральный научно-исследовательский институт травматологии и
ортопедии имени Н. Н. Приорова»

На правах рукописи

Морозова
Наталия Сергеевна

Хирургическое лечение поясничного сколиоза взрослых
с применением стержней из нитинола

14.01.15. – «Травматология и ортопедия»

Диссертация
на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук
Колесов Сергей Васильевич

Москва – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР | 11 |
| 1.1 Классификация..... | 12 |
| 1.2 Эпидемиология | 21 |
| 1.3 Особенности клинических проявлений..... | 22 |
| 1.4 Методы хирургического лечения..... | 25 |
| 1.5 Прогноз хирургического лечения деформаций позвоночника взрослых | 32 |
| 1.6 Применение нитинола в хирургии позвоночника | 35 |
| ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ | 38 |
| 2.1 Общая характеристика больных | 38 |
| 2.2. Методы исследования | 39 |
| 2.2.1 Клинические методы исследования | 39 |
| 2.2.1.1 Клинические проявления заболевания у исследованных больных | 40 |
| 2.2.2 Лучевые методы исследования..... | 43 |
| 2.2.2.1 Рентгенографическое обследование | 43 |
| 2.2.2.2 Компьютерная томография поясничного отдела позвоночника | 47 |
| 2.2.2.3 Магнитно-резонансная томография поясничного отдела | 48 |
| 2.2.2.4 Комплекс методов исследования минеральной плотности костной ткани | 51 |
| 2.2.3 Другие методы исследования | 51 |
| 2.2.4 Статистическая обработка результатов исследования..... | 53 |
| 2.3 Распределение пациентов на группы..... | 53 |
| ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ИЗ НИКЕЛИДА ТИТАНА И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ | 57 |
| 3.1 Математическое моделирование биотехнической системы позвоночник-металлоконструкция | 60 |
| 3.2 Разработка оптимальных форм стержней | 66 |
| 3.3 Разработка методики применения динамической спинальной системы | 72 |
| ГЛАВА 4. АНАЛИЗ СОБСТВЕННОГО МАТЕРИАЛА | 78 |
| 4.1 Первичный дегенеративный сколиоз de novo (adult degenerative scoliosis – ADS) | 78 |
| 4.2 Возрастной идиопатический сколиоз (adolescent idiopathic scoliosis – | |

| | |
|--|------------|
| AIS)..... | 83 |
| 4.3 Состояние минеральной плотности костной ткани у больных с поясничным сколиозом взрослых | 87 |
| ГЛАВА 5. ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ЛЕЧЕНИЯ | 95 |
| 5.1 Хирургическая техника у больных с применением ригидной системы | 95 |
| 5.2 Хирургическая техника у больных с применением динамических стержней | 105 |
| ГЛАВА 6. ОЦЕНКА БЛИЖАЙШИХ И ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ И ОСЛОЖНЕНИЙ | 114 |
| 6.1 Результаты лечения пациентов первой группы..... | 114 |
| 6.2 Результаты лечения пациентов второй группы | 118 |
| 6.3 Осложнения хирургического лечения | 122 |
| 6.4 Сравнительный анализ результатов хирургического лечения пациентов с ригидной и динамической фиксацией | 125 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 129 |
| ВЫВОДЫ | 133 |
| ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ | 134 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 135 |

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДТФ – динамический транспедикулярный фиксатор

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

МПКТ – минеральная плотность костной ткани

ПДС – позвоночно-двигательный сегмент

СУ – сверхупругость

СДС – спинальная динамическая система

ЭОП – электронно-оптический преобразователь

ЭПФ – эффект памяти формы

ADS – Adult Degenerative Scoliosis (дегенеративный сколиоз взрослых)

AIS – Adolescent Idiopathic Scoliosis (идиопатический сколиоз подростков)

CSVL – central sacral vertical line (вертикальная линия из центра крестца)

VAS – Visual Analog Scale (визуально-аналоговая шкала)

LL – lumbar lordosis (поясничный лордоз)

ODI – Oswestry Disability Index (индекс нарушения жизнедеятельности Освестри)

PI – pelvic incidence (тазовый наклон)

PLIF – posterior lumbar interbody fusion (задний межтеловой спондилодез поясничного отдела)

PSO – pedicle subtraction osteotomy (остеотомия ножки позвонка)

PT – pelvic tilt (наклон таза)

SF – 36 - the Short Form – 36 (опросник оценки качества жизни)

SPO – Smith-Peterson osteotomy (остеотомия Смита – Петерсена)

SRS – scoliosis research society (Общество исследования сколиоза)

SVA – sagittal vertical axis (сагиттальная вертикальная ось)

ТК – thoracic kyphosis (грудной кифоз)

TLIF – transforaminal lumbar interbody fusion (трансфораминальный межтеловой спондилодез поясничного отдела)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Актуальность данной работы обусловлена сложностью выбора метода хирургического лечения поясничного сколиоза взрослых. Основная проблема заложена в патофизиологии развития данного заболевания. Учитывая клинико-рентгенологическую картину данного заболевания, сложность состоит в том, что стеноз позвоночного канала может развиваться как на фоне длительно существующей сколиотической деформации (например, идиопатического сколиоза), так и дегенеративно-дистрофических изменений пояснично-крестцового отдела позвоночника, обуславливающих развитие вторичной сколиотической деформации (дегенеративный сколиоз) (Aebi M., 2005).

В современной классификации сколиоза взрослых выделяют три основных вида: первичный дегенеративный сколиоз (сколиоз de novo), идиопатический сколиоз с последующим его прогрессированием во взрослой жизни и вторичный дегенеративный сколиоз (деформации, не связанные с первичной патологией позвоночного столба) (Aebi M., 2005). На фоне инволютивных и дистрофических процессов в костно-связочных структурах позвоночного столба и в окружающих паравертебральных мышцах сколиотическая деформация позвоночника во взрослом возрасте декомпенсируется, что приводит к нарушению статики и биомеханики. В связи с этим, на первый план выходят симптомы дегенеративно-дистрофического процесса, и грань между критериями современной классификации сколиоза у взрослых стирается. Таким образом, все сколиозы взрослых можно рассматривать в единой группе.

На настоящий момент никем не предложено единого алгоритма хирургического лечения поясничного сколиоза взрослых. Вариабельность

лечения граничит от минимально инвазивной декомпрессии невральных структур без фиксации до высокотравматичной фиксации с последующей коррекцией и восстановлением баланса туловища. При спондилосинтезе у данной категории пациентов «золотым стандартом» является фиксация заинтересованного отдела позвоночника «жесткой» металлоконструкцией, что в свою очередь нарушает статико-биомеханические основы позвоночного столба, а также, учитывая снижение минеральной плотности костной ткани, приводит к ранним осложнениям в виде нестабильности металлоконструкции и компрессионным переломам выше и ниже фиксации.

На современный рынок вертебральных имплантов в последние десятилетия выходят динамические системы (например, стержни из РЕЕК, металл с памятью формы). Однако данные импланты по своим характеристикам предназначены в основном для применения их в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний.

В настоящее время увеличилось использование имплантов из никелида титана в медицине. Нитинол представляет из себя сплав никеля (55%) и титана (45%), считается уникальным материалом, обладающим памятью формы. По своим характеристикам он в 8 раз пластичнее титана. По данным Коллерова М.Ю. стержни выдерживают нагрузку в 16 млн циклов (Коллеров М.Ю., 2011). Кристаллическая решетка нитинола более прочная и имеет лучшую устойчивость к циклическим нагрузкам.

Данная работа направлена на улучшение статико-биомеханических соотношений в фиксированном отделе позвоночника (стержни из титана или нитинола) при сколиотической деформации.

Цель исследования – улучшить результаты лечения взрослых пациентов со сколиотической деформацией за счет применения новых современных имплантов.

Задачи исследования

1. Изучить клинико-рентгенологические особенности различных типов сколиотических деформаций поясничного отдела позвоночника у взрослых.
2. Изучить особенности кальциево-фосфорного обмена у больных со сколиозом взрослых.
3. Разработать оптимальную форму стержней из никелида титана для применения у пациентов старшей возрастной группы со сколиотической деформацией.
4. Разработать алгоритм и методику постановки стержней из никелида титана при хирургическом вмешательстве.
5. Провести сравнительный анализ отдаленных результатов хирургического лечения пациентов со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника в зависимости от выбора метода фиксации (ригидная фиксация или динамическая).

Научная новизна

- Обоснован метод динамической фиксации оперативного лечения у больных со сколиозом взрослых, повышающий эффективность хирургического вмешательства и снижающий количество осложнений.
- Разработаны оптимальные формы стержней с памятью формы для применения в хирургии деформаций позвоночника у взрослых.
- На большом количестве клинического материала обоснован алгоритм и методика постановки стержней из нитинола у взрослых пациентов со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника.

Практическая значимость

- Анализ результатов проведенного комплексного сравнительного анализа ближайших и отдаленных результатов хирургического лечения пациентов со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника позволил сформулировать показания к применению стержней

из нитинола в вертебрологии.

- Разработана и внедрена в клиническую практику хирургическая тактика лечения взрослых пациентов со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника с применением стержней из нитинола.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Разработана оптимальная форма стержней из никелида титана, которая полностью конгруэнтна изгибам позвоночника.
2. Применение стержней из нитинола позволяет сохранить движения в фиксированном отделе позвоночника при хирургическом лечении сколиотических деформаций поясничного отдела позвоночника у взрослых.
3. Данная методика позволила снизить количество осложнений, характерных для традиционной ригидной фиксации титановыми стержнями, за счёт таких свойств, как сверхупругость, биосовместимость и эффект памяти формы.

Внедрение результатов лечения

Алгоритм лечения пациентов с поясничным сколиозом взрослых и рекомендации по выбору способа стабилизации применяются в отделении нейрохирургии ФГБНУ Научный Центр Неврологии, в отделении травматологии №2 (вертебрологии); БУЗОО «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области»; в ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая Клиническая Больница №1 им. проф. С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края; в отделении патологии позвоночника ЦИТО.

Апробация и реализация диссертационной работы

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на конференции с международным участием:

- X Юбилейный Всероссийский съезд травматологов-ортопедов,

Москва, 2014; - II Конгресс травматологов и ортопедов г. Москвы «Травматология и ортопедия столицы. Настоящее и будущее», Москва, 2014; - Annual meeting of the Israel neurosurgical society in conjunction with the Israel Spine Society and the Israel Trauma Association, Israel, 2015; - 22nd International Meeting on Advanced Spine Techniques, Malaysia, 2015; - VI Съезд Ассоциации хирургов- вертебрологов «Вертебрология в России: перспективы, проблемы и пути решения, Краснодар, 2015; - Всероссийская научно-практическая конференция, посвящённая 70-летию СарНИИТО, Саратов, 2015; - III Конгресс Ассоциации травматологов и ортопедов г. Москвы с международным участием «Травматология и ортопедия столицы. Время перемен», Москва, 2016; - Конференция молодых ученых Северо-Западного Федерального округа «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии», Санкт-Петербург, 2016.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 22 работы, 4 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в патентном ведомстве РФ выдано 3 патента на изобретение – №2568534, №2574365, №2576443.

Личный вклад автора

Проведена обработка литературных источников по теме диссертации. Выполнено 130 операций у 120 пациентов, в 70 операциях автор лично принимал участие при проведении хирургического вмешательства. Проведена статистическая обработка и анализ результатов клинических и лучевых методов исследований. Автором написан текст диссертации, а также все публикации по теме исследования.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 150 страницах компьютерного текста и состоит из введения, шести глав, заключения, выводов, практических

рекомендаций и списка литературы, состоящего из 163 авторов (23 отечественных и 140 зарубежных). Работа иллюстрирована 37 рисунками и 17 таблицами.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Деформация позвоночника у взрослых понятие собирательное и включает различные по происхождению патологические состояния с изменениями нормальной оси позвоночника во всех трех плоскостях. Среди деформаций позвоночника у взрослых выделяют три основные формы: первичный сколиоз «de novo»; нелеченный диспластический сколиоз, продолжающий прогрессировать в зрелом возрасте; и вторичный сколиоз, вызванный дегенеративными, метаболическими и ятрогенными факторами (Aebi 2005).

Структуральные сколиотические деформации, которые развиваются во взрослом возрасте чаще всего вызваны дегенеративными изменениями в ходе старения организма. По мере прогрессирования дегенеративных изменений, нарастающая несостоятельность задних элементов позвоночного столба способствует ротации позвоночно-двигательных сегментов, что, в свою очередь, вызывает слабость связочного аппарата и увеличивает вероятность латерального смещения тел позвонков (Silva 2010). Изменения связочного аппарата и мягкотканых структур позвоночника неуклонно приводит и к дегенеративным изменениям в дугоотростчатых суставах позвоночника и сопутствующим биомеханическим нарушениям в каждом пораженном сегменте. Локальные нарушения стереотипных движений и биомеханики вызывают реактивные анатомические изменения, включающие гипертрофию связок и суставов и образование остеофитов. Часто выявить основной этиологический фактор сколиотической деформации у пожилых пациентов достаточно сложно, особенно если она имеет выраженную степень. Однако патоморфологический и биомеханический механизмы прогрессирования сколиоза у взрослых, наиболее часто локализованного в поясничном и грудопоясничном отделах позвоночника, достаточно предсказуемы. Асимметричные дегенеративные изменения анатомии позвоночного столба

приводят к асимметричным нагрузкам и, как следствие, прогрессируют деформации. Прогрессирование деформации усугубляется изменениями минеральной плотности костной ткани, особенно у женщин постменопаузального возраста.

Не менее важным последствием дегенеративных изменений, приводящих к деформации позвоночника, является сужение позвоночного канала, являющееся причиной большинства клинических проявлений сколиотических деформаций у взрослых. Многоуровневая нестабильность позвоночно-двигательных сегментов у данных пациентов приводит к многоуровневому стенозу позвоночного канала, который проявляется клинически люмбалгией, люмбоишалгией, и, реже, неврологическим дефицитом. По мере общего старения населения, распространенность деформаций, связанных с дегенеративными изменениями позвоночника неуклонно растет (Сампиев 2006, Загородний 2014, Mesfin 2014), как и потребность в их консервативном и хирургическом лечении.

1.1 Классификация

Классификации идиопатического юношеского сколиоза

Большинство схем, применяемых для классификации деформаций позвоночника в большей степени сконцентрированы на деформациях детского и подросткового возраста. До недавнего времени, наиболее широко применялась классификация King, описывающая, в первую очередь, подростковые идиопатические сколиозы (Рис. 1) (King 1983). Классификация King описывает 5 типов деформаций: первый тип – две основных дуги деформации в грудном и поясничном отделе, обе из которых структуральные и требуют фиксации; второй тип – две дуги деформации, пересекающие срединную линию, но только одна основная структуральная дуга в грудном отделе требует фиксации; третий тип – только грудная дуга пересекает

серединную линию и требует фиксации; четвертый тип – протяженная грудная дуга с ротацией L4 позвонка в сторону деформации и центральным расположением L5, при которой фиксация производится до позвонка, разделяемого центральной линией крестца ровно пополам; пятый тип – две грудных дуги, обе из которых структуральные и требуют фиксации. Главное преимущество данной классификации заключается в том, что она предлагает алгоритм лечения, основанный на типе деформации, позволяющий определить уровень и протяженность фиксации.

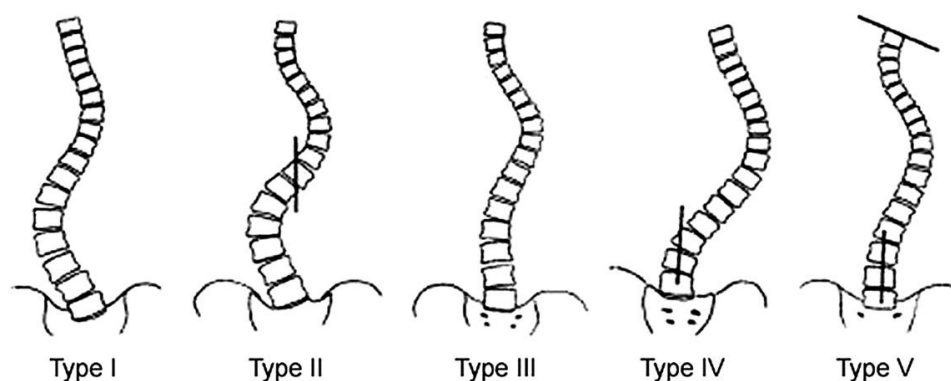
















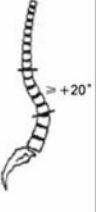
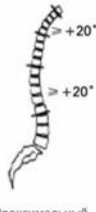


Рис. 1 Классификация по King

Долгое время классификация по King оставалась главным ориентиром при оценке и лечении сколиоза, однако за этот период были выявлены некоторые ее недостатки. Одной из основных проблем в классификации по King было отсутствие описания отдельных груднопоясничных и тройных основных дуг. В то же время, деформации рассматривались только во фронтальной проекции, игнорируя трехмерную природу данной патологии. В связи с указанными недостатками Lenke и соавторами была разработана новая классификация идиопатического сколиоза взрослых (Lenke 2001). Эта классификация описывает все варианты деформаций позвоночника с учетом фронтальной и сагиттальной проекции, вводит понятие структуральной дуги, на основании которого принимается решение о протяженности фиксации. Классификация по Lenke описывает три основных локализации дуг деформации: проксимальная грудная с вершиной на уровне Th3-Th5; основная грудная с вершиной на уровне Th6-Th12; и

грудопоясничная/поясничная с вершиной на уровне Th12-L4. Также Lenke дифференцирует между основной и меньшей дугами, а меньшие дуги разделяет на структуральные и неструктуральные, в зависимости от их мобильности и сагиттального профиля. Структуральные дуги характеризуются ригидностью во фронтальной плоскости или локальной кифотизацией $>20^\circ$. По классификации, тип деформации может быть определен в соответствии с комбинацией основных и меньших структуральных дуг: тип I основная структуральная грудная дуга; тип II, двойная грудная дуга – проксимальная и основная грудные дуги структуральные; тип III, двойная основная дуга – основная грудная и поясничная дуги структуральные, но грудная более выражена; тип IV, тройная основная – все три дуги структуральные; тип V, грудопоясничная или поясничная структуральная дуга; тип VI, основная грудная и грудопоясничная/поясничная структуральные дуги, но поясничная более выражена. Алгоритм хирургического лечения, основанный на данной классификации рекомендует селективную фиксацию дуг деформации, которые можно квалифицировать как структуральные (Рис 2.).

| Типы дуг (1-6) | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|
| Поясничный модификатор | Тип 1 (основная грудная) | Тип 2 (двойная грудная) | Тип 3 (двойная основная) | Тип 4 (тройная основная) | Тип 5 (грудопоясничная / поясничная) | Тип 6 (грудопоясничная / поясничная - основная) |
| A незначительная дуга |  1A* |  2A* |  3A* |  4A* | | |
| B умеренная дуга |  1B* |  2B* |  3B* |  4B* | | |
| C выраженная дуга |  1C* |  2C* |  3C* |  4C* |  5C* |  6C* |
| Критерии структурности дуги (Для компенсаторных дуг) |  Норма |  +20° Проксимальный грудной кифоз |  ≥ +20° Грудопоясничный кифоз |  +20° +20° Проксимальный грудной + грудопоясничный кифоз | | |

*T5-12 сагиттальный модификатор: -, N, или +
 -: < 10°
 N: 10-40°
 +: > 40°

Рис 2. Классификация по Lenke

В настоящее время, классификация деформаций позвоночника по Lenke успешно применяется при лечении и диагностике идиопатического подросткового сколиоза. Вместе с тем, многие авторы пытались применять вышеупомянутые классификации в лечении и диагностике деформаций позвоночника у взрослых, что в большинстве случаев не приводило к оптимальным результатам лечения. Клинический подход, заключающийся в применении параметров оценки деформации у подростков и детей в лечении взрослых пациентов приводит к значительным диагностическим

погрешностям, связанным с гетерогенностью клинических и рентгенологических проявлений деформаций позвоночника взрослых. У пациентов со сколиозом детского и, особенно, юношеского возраста основной причиной обращения за медицинской помощью является косметический дефект и нарушение фронтального баланса, в то время как при деформациях позвоночника у взрослых пациентов основной причиной является болевой синдром (Bess 2009, Glassman 2005, Schwab 2003, Schwab 2002). Таким образом, классификации, предназначенные для диагностики идиопатического юношеского сколиоза, в основном концентрируются на оценке параметров нарушения фронтального баланса, в то время как классификации деформаций позвоночника у взрослых пациентов должны брать в основу количественную оценку болевого синдрома. Первые попытки SRS и, в частности, Aebi разработки классификации деформаций позвоночника взрослых не рассматривали болевой синдром в качестве одного из основных параметров оценки деформации, в связи с чем не были вполне клинически обоснованными, хотя и имели описательную значимость (Lowe 2006, Aebi 2005). Сколиоз и деформации во фронтальной плоскости характерны не только для идиопатического юношеского сколиоза, но и для деформаций позвоночника взрослых, однако неоднократно доказано, что нарушение сагиттального баланса является основным определяющим фактором в развитии болевого синдрома и нарушения трудоспособности взрослых пациентов с деформациями позвоночника (Glassman 2005, Glassman Bridwell 2005, Lafage 2009, Schwab 2009, Schwab 2010). Одно из преимуществ классификации по Lenke является учет нарушения сагиттального баланса, хоть и только в качестве модификатора сколиотической деформации. Основываясь на вышеуказанных факторах, Schwab и соавт. (Schwab 2002) разработали классификацию деформаций позвоночника взрослых, основанную на клинически значимых показателях, которые позволяют связать рентгенологические параметры с параметрами, описывающими качество жизни пациента (Schwab 2005, Schwab 2006). Первая классификация

Schwab (Schwab 2007) описывала 5 типов сколиоза в зависимости от уровня вершины дуги деформации: тип I, только грудная; тип II, верхнегрудная основная (вершина на уровне Th4-Th8); тип III, нижнегрудная основная (вершина на уровне Th9-Th10); тип IV, грудопоясничная основная дуга (вершина на уровне Th11-L1); тип V, поясничная основная дуга (вершина на уровне L2-L4). Типы дуг деформации дополнялись специальными модификаторами: поясничным лордозом и межпозвонковым подвывихом. Снижение поясничного лордоза и наличие межпозвонкового подвывиха соответствуют худшим показателям качества жизни, что позволяет оценить клиническое значение каждого типа деформации. Вскоре после публикации первой классификации по Schwab, стало очевидно, что степень глобального сагиттального дисбаланса является не менее важным предиктором снижения качества жизни пациента, чем локальные нарушения сагиттального баланса, такие как снижение поясничного лордоза. В связи с этим, к классификации был добавлен третий модификатор, названный «модификатором глобального баланса», описывающий рентгенологический характер деформации и связанное с ним нарушение трудоспособности и качества жизни.

Классификация SRS-Schwab

Классификация SRS-Schwab стала наиболее полноценным инструментом для объективного описания деформаций позвоночника взрослых в зависимости от связанных с ними клинических проявлений. Однако дальнейшие исследования показали, что поясничный лордоз и сагиттальная вертикальная ось позвоночного столба не дают полную картину патологических изменений, приводящих к нарушению сагиттального баланса (Sarwahi 2002, Yang 2008, Angevine 2007). Важность значения тазовых параметров для поддержания осанки привлекало все больше внимания и привела к возникновению понятия «позвоночно-тазовый баланс» дающего более полное описание физиологических механизмов, необходимых для поддержания прямого позвоночного столба в положении стоя (Duval-

Beaupere 1987, Lafage 2008, Legaye 2005, Legaye 1998). Тазовые параметры включают тазовый индекс (PI – pelvic incidence), который является постоянной морфологической величиной, и два динамических параметра, которые отражают компенсаторные изменения конфигурации таза в целях поддержания вертикальной осанки: наклон таза (PT – pelvic tilt) и наклон крестца (SS – sacral slope) (Рис. 3). Ретроверсия таза – компенсаторный механизм, который позволяет поддерживать вертикальную осанку в условиях нарушения сагиттального баланса. Повышенный PT говорит о ретроверсии таза и коррелирует со снижением качества жизни (Lafage 2009). Изменения PT также способны нормализовать (снижение ретроверсии таза) сагиттальный баланс при остеотомиях позвоночника (Schwab 2008). Показатель PI является постоянным морфологическим параметром и дает достаточно ограниченную информацию о глобальном сагиттальном балансе, однако соотношение PI и поясничного лордоза (LL – lumbar lordosis) предоставляет очень важную информацию об этом показателе и позволяет хирургу рассчитать необходимые реконструктивные величины для восстановления физиологического сагиттального баланса. Основываясь на этих знаниях, Lafage и соавт. (Lafage 2009) и Schwab и соавт. (Schwab 2009, Schwab 2010, Schwab 2011) определили пороговые значения позвоночно-тазовых параметров для болевого синдрома и нарушения трудоспособности. Была доказана корреляция значений PT более 22°, PI-LL более 11°, и сагиттальной вертикальной оси (CVO) более 46 мм с показателями индекса нетрудоспособности Oswestry (ODI) более 40 (выраженное нарушение трудоспособности) среди взрослых пациентов с деформациями позвоночника (Schwab 2011). Классификация SRS-Schwab была в последствии обновлена с учетом показателей позвоночно-тазовых параметров (Schwab 2012).

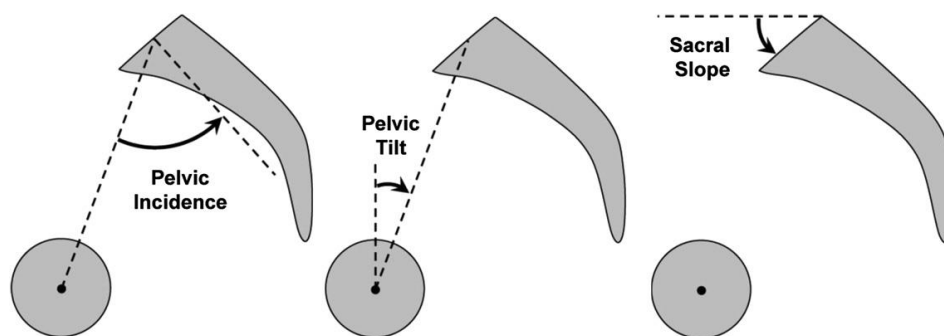


Рис. 3 Сагиттальные позвоночно-тазовые параметры

Точный рентгенологический анализ деформаций позвоночника у взрослых пациентов требует визуализации в полный рост во фронтальной и сагиттальной проекциях с захватом С7 позвонка и головок бедренных костей. Два основных компонента SRS-Schwab классификации включают фронтальный тип дуги деформации и сагиттальные модификаторы (Рис. 4) (Lafage 2009, Schwab 2009, Schwab 2010, Lafage 2008, Schwab 2011).

| Тип фронтальной дуги | Сагиттальный модификатор |
|---|--|
| <p>T: Только грудная поясничная дуга $<30^\circ$</p> <p>L: Грудопоясничная (TL)/только поясничная грудная дуга $<30^\circ$</p> <p>D: Двойная T и $TL/L > 30^\circ$</p> <p>N: Отсутствие выраженной фронтальной деформации все фронтальные дуги $<30^\circ$</p> | <p>PI минус LL 0: в пределах 10° +: умеренный $10-20^\circ$ ++: выраженный $>20^\circ$</p> <p>Глобальный баланс 0: CBO < 4 см +: CBO $4-9,5$ см ++: CBO $> 9,5$ см</p> <p>Наклон таза 0: PT $<20^\circ$ +: PT $20-30^\circ$ ++: PT $>30^\circ$</p> |

Рис. 4 Классификация деформаций позвоночника взрослых SRS-Schwab

Тип дуги деформации основан на локализации и измерении угла по Cobb. Только деформации с углом более 30° рассматриваются классификацией. Типы дуг включают тип T (изолированные основные

грудные дуги $>30^\circ$ с вершиной на уровне Th9 или выше), тип L (изолированные грудопоясничные или поясничные дуги $>30^\circ$ с вершиной на уровне Th10 или ниже), тип D (двойная основная дуга с обеими дугами $>30^\circ$), и тип N (норма, отсутствие сколиотических дуг $>30^\circ$).

Первый сагиттальный модификатор, PI-LL, определяет степень несоответствия PI/LL. Поясничный лордоз должен быть в пределах 10° от PI, следовательно, у пациентов со значением PI-LL менее 10° данный показатель имеет значение «0». У пациентов со значением PI-LL между 10° и 20° показатель имеет значение «+», а при PI-LL более 20° – «++».

Глобальный баланс является вторым сагиттальным модификатором и оценивается относительно вертикальной сагиттальной оси. СВО должна быть более 40 мм, соответственно, у пациентов с меньшими значениями данный показатель составляет «0». У пациентов со значениями СВО от 45 до 95 мм глобальный баланс имеет значение «+», а у пациентов с СВО более 95 мм – «++».

Наклон таза является третьим сагиттальным модификатором. PT более 20° говорит о компенсаторной ретроверсии таза, и чаще всего сочетается с выраженным болевым синдромом и нарушением трудоспособности. При PT менее 20° данный модификатор имеет значение «0», при PT между 20° и 30° – «+», и при PT более 30° – «++».

Помимо корреляции с болевым синдромом и нарушением трудоспособности, данные модификаторы могут применяться для хирургического планирования, так как предоставляют объективную оценку степени сагиттальной позвоночно-тазовой деформации. Пациентам с PI-LL модификатором «++» требуется дополнительные 10° или более для восстановления оптимального соотношения PI и LL. Описанные модификаторы с показателями глобального сагиттального баланса также служат ориентиром при хирургическом планировании за счет обозначения степени сагиттальной деформации и компенсаторных изменениях сагиттального баланса для поддержания вертикальной осанки. У пациентов с

высокими показателями СВО и наклона таза имеют более выраженную степень сагиттальной деформации и требуют более выраженной коррекции за счет не только уменьшения СВО, но и нормализации РТ.

1.2 Эпидемиология

Деформации позвоночника *de novo* рассматриваются в популяции старше 40 лет без предшествующего идиопатического юношеского сколиоза. Деформации позвоночника взрослых могут быть асимптоматичными, а распространенность деформаций с углом менее 10° достигает 64% (Schwab 2005). Более чем у 30% пожилых пациентов не имевших деформаций позвоночника в анамнезе развиваются нарушения конфигурации позвоночника с одинаковой частотой встречаемости среди пациентов обоих полов (в отличие от идиопатического юношеского сколиоза, который значительно более характерен для девочек) (Silva 2010). Пациенты с прогрессирующими дегенеративными деформациями позвоночника обычно впервые отмечают их наличие во время шестой декады жизни. Деформации проявляются комбинацией болей в поясничной области, радикулопатий и синдрома перемежающейся хромоты (Silva 2010). В большинстве случаев, дегенеративные деформации позвоночника прогрессируют до 6° в год (в среднем 3° в год), если не проводится их лечение. Рентгенологические параметры, на основании которых можно прогнозировать высокий риск прогрессирования деформации включают угол (по Cobb) деформации более 30° , наличие латерального спондилолистеза более 6 мм и выраженную ротацию позвонков в области вершины деформации (Silva 2010). Однако хирургическое лечение деформаций позвоночника среди взрослого населения связано с достаточно высокой частотой развития осложнений, которая, по некоторым данным, достигает 86% и связана с высокой кровопотерей, инфекционными и тромботическими осложнениями, наличием сопутствующих заболеваний, нарушением костного метаболизма

(Mummaneni 2014, Schwab 2012, daubs 2013, Acosta 2011).

1.3 Особенности клинических проявлений

Осмотр взрослых пациентов с деформациями позвоночника должен включать подробный анамнез и физикальный осмотр. Наличие постановки диагноза деформация позвоночника в анамнезе (юношеский идиопатический сколиоз, кифоз, врожденные деформации позвоночника), предшествующих оперативных вмешательств на позвоночнике, рентгенологических данных, позволяющих оценить течение дегенеративных изменений и деформации позвоночника в динамике, обеспечивают необходимую информацию для всесторонней оценки деформации и обоснования и планирования хирургического лечения.

Болевой синдром

Как правило, взрослые пациенты с деформациями позвоночника жалуются на боли в груднопоясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в нижние конечности, слабость в нижних конечностях, парестезии, онемение, нейрогенную хромоту, нарушенную походку, нарушение осанки, прогрессирование деформации (Albert 2005, Benner 1979, Epstein 1979, Jackson 1983, Shapiro 2003). Наиболее распространенные клинические проявления характеризуются болью в пояснице, и требуют дифференциации между центральным и периферическим происхождением. Изолированная боль в спине может быть вызвана усталостью и перенапряжением паравертебральной мускулатуры или механической нестабильностью пораженных позвоночно-двигательных сегментов (Aebi 2005). Выраженный болевой синдром чаще всего говорит о нарушении фронтального или сагиттального баланса позвоночника и наиболее характерен при уменьшении поясничного лордоза (Silva 2010, Glassman 2005). Перегрузка паравертебральной мускулатуры может приводить к ее выпадению из сложного механизма биомеханической стабилизации позвоночника, тем

самым образуя порочный круг, приводящий к прогрессированию деформации. Мышечные боли, при этом, относительно разлитые, и зачастую носят постоянный характер в точках крепления к подвздошным костям, крестцу и отростков позвонков. Болевой синдром может быть неспецифичным, что является отрицательным прогностическим фактором при лечении. Если болевой синдром проявляется в основном в положении стоя или сидя, или при определенных движениях или положениях туловища, причина боли скорее всего в механической нестабильности одного или нескольких позвоночно-двигательных сегментов. В таких случаях пациенты могут контролировать боль, принимая удобную позу в положении лежа.

Корешковые боли

Второй наиболее важный симптом дегенеративного сколиоза – корешковая боль или синдром перемежающейся хромоты при ходьбе (Simmons 1979, Winter 1988). При наличии корешковых болей, информация об их продолжительности, усилении при физической активности и сторонность симптомов позволяет принять решение о необходимости декомпрессии невралгических структур. Корешковые боли могут быть вызваны грыжами межпозвонковых дисков, локальной фораминальной или латеральной компрессией нервных корешков остеофитами, фораминальной компрессией на вогнутой стороне сколиотической дуги или растяжением на ее выпуклой стороне или могут быть связаны с одно- или многоуровневым центральным стенозом позвоночного канала (Epstein 1979, Grubb 1992, Guillaumat 1993, Scheier 1991, Shapiro 2003). Короткие грудопоясничные и поясничные компенсаторные дуги деформации часто сопровождаются выраженным стенозом позвоночного канала в области перехода от ригидного вышележащего отдела.

Неврологический дефицит

Третьим чрезвычайно важным клиническим проявлением деформаций позвоночника у взрослых пациентов является неврологический дефицит. Неврологический дефицит менее распространен при деформациях

позвоночника среди взрослого населения, и чаще всего связан с нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента или с врожденным стенозом позвоночного канала, усугубленным дегенеративными изменениями. Данные нарушения могут вовлекать отдельные нервные корешки, несколько корешков или конский хвост, что сопровождается нарушениями функций тазовых органов. При принятии решения об оперативном лечении необходимо учитывать объем декомпрессии позвоночного канала, и протяженность фиксации, основываясь на симптоматике и ее прогрессировании (Aebi 2005).

Прогрессирование деформации

Прогрессирование деформации может продолжаться с молодого возраста, но чаще всего наиболее выражено при достижении определенного угла деформации и при асимметричных изменениях анатомии позвоночника, вызванных нарастанием дегенеративных процессов и остеопорозом. При достижении определенного угла деформации, прогрессирование протекает более стремительно в связи с механической перегрузкой отдельных дугоотростчатых суставов и изменением формы тел позвонков. Прогрессирование деформации как правило является абсолютным показанием к хирургическому лечению. Хирурги должны хорошо представлять возможный исход прогрессирующей деформации при отсутствии хирургического лечения, а также учитывать, что по мере старения пациента риски, связанные с оперативным лечением, как правило, увеличиваются (Мухамадеев 2012, Albert 1995, Ali 2003, Berven 2003).

Косметический дефект

По сравнению с юношеским идиопатическим сколиозом, в случае дегенеративных деформаций у взрослых пациентов роль косметического дефекта при принятии решения о хирургическом лечении минимальна. Подавляющее большинство взрослых пациентов обращаются за медицинской помощью в связи с выраженным болевым синдромом или неврологическими нарушениями. Однако все же данная проблема существует, особенно среди

пациентов женского пола моложе 40 лет, а также при ранних вторичных дегенеративных изменениях у пациентов с идиопатическим грудопоясничным и поясничным сколиозом.

1.4 Методы хирургического лечения

Показания к хирургическому лечению и его планирование требуют тщательного всестороннего анализа, так как они обусловлены многими факторами, включая возраст и общее состояние здоровья пациента, состояние костной ткани, а также желания и ожидания пациента (Albert 1995, Deуо 1992). Хирургическое лечение необходимо рассматривать только если консервативные меры не дают положительного эффекта или не обеспечивают долгосрочного избавления пациента от существующих жалоб (Виссарионов 2014, Bradford 1988, Fowles 1978, Kostuik 1979, Ogilvie 1992).

Подход к хирургическому лечению дегенеративных деформаций у взрослых пациентов требует принятия ряда сложных решений. Технические сложности, связанные с выполнением данных операций, также требуют большого опыта хирурга. Выраженность деформации и возраст пациента в значительной степени определяют мобильность деформации, и понимание данной закономерности помогает выбрать оптимальную методику хирургического лечения (Загородний 2014, Михайловский 2007, Deviren 2002). Также необходимо помнить об особенностях хирургического лечения пожилых пациентов. Они включают различные сопутствующие заболевания и связанные с ними риски осложнений, такие как сердечно-сосудистая недостаточность и тромбоз глубоких вен нижних конечностей, остеопороз, ригидность деформации и фронтальный и сагиттальный дисбаланс. Снижение костной плотности может значительно ослабить прочность фиксации, в связи с чем возможна потеря коррекции и формирование псевдоартроза в послеоперационном периоде. Для профилактики данных

осложнений необходимо проводить терапию остеопороза в предоперационном периоде и применять цемент для профилактики нестабильности винтов. Ригидность деформации усложняет процесс коррекции и снижает вероятность спонтанной коррекции противодуги. Комбинированный фронтальный и сагиттальный дисбаланс, часто наблюдаемый при дегенеративных деформациях, требует полноценной коррекции во всех плоскостях, что значительно усложняет технику выполнения операции и увеличивает вероятность неудовлетворительного результата коррекции. Зачастую коррекция сагиттального дисбаланса имеет значительно большее значение, чем коррекция сколиоза (Виссарионов 2014, Glassman 2005, Simmons 2001, Schwab 2013).

Возможные варианты хирургического лечения можно разделить на методики, выполняемые из заднего доступа, из переднего доступа и комбинированные методики. Все перечисленные варианты позволяют провести декомпрессию позвоночного канала и стабилизацию позвоночника (Сампиев 2005, Aebi 1988, Bradford 1988, Dick 1992, Johnson 1988, Kostuik 1973, Marchesi 1991, Shapiro 2003). В некоторых случаях, дополнительная коррекция может быть осуществлена за счет применения различных методик остеотомии, что особенно актуально для случаев комбинированных деформаций во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

Декомпрессия позвоночного канала без фиксации

Декомпрессия позвоночного канала может быть выполнена как самостоятельная операция при центральных или латеральных стенозах позвоночного канала и неврологических нарушениями в нижних конечностях в отсутствие боли в пояснице, или совместно с фиксацией металлоконструкцией при наличии нестабильности сегментов или прогрессирующей деформации. Операции, ограниченные декомпрессией позвоночного канала при деформациях позвоночника показаны в достаточно ограниченном количестве случаев, хотя могут казаться наиболее простым

решением, особенно у пациентов, имеющих множество сопутствующих заболеваний. Решение о проведении таких операций должно исходить из уверенности в стабильности оперируемого отдела позвоночника. Зачастую после выполнения декомпрессии позвоночного канала без стабилизации приводит к прогрессированию деформации, усугублению нестабильности и необходимости в ревизионном оперативном вмешательстве (Vaccaro 2000). Если декомпрессия выполняется на вершине дуги деформации, риск прогрессирования деформации возрастает в разы. Тот же эффект может наблюдаться при выполнении декомпрессии на нижней границе ригидной дуги деформации, в области перехода к более мобильному поясничному участку позвоночного столба. Ригидность вышележащих отделов приводит к декомпенсации нижележащих сегментов и нарушению баланса позвоночника. Таким образом, в большинстве случаев декомпрессия позвоночного канала должна сопровождаться стабилизацией позвоночного столба.

У более молодых пациентов, которым планируется выполнение частичной коррекции деформации, декомпрессия позвоночного канала может быть достигнута за счет самой коррекции, что устраняет необходимость в выполнении дополнительной процедуры по декомпрессии позвоночного канала.

Коррекция деформации

Если, при удовлетворительном сагиттальном балансе, удастся достичь удовлетворительного баланса во фронтальной плоскости, необходимости в коррекции нет. Стабилизация и фиксация «in situ» является оптимальным решением в такой ситуации, и, в большинстве случаев, декомпенсации в послеоперационном периоде не наблюдается. Часто у хирурга может возникнуть желание скорректировать поясничную или грудопоясничную дугу деформации, так как это возможно практически всегда при выполнении резекции задних элементов и транспедикулярной фиксации.

В случаях, когда поясничная или грудопоясничная дуга возникает в результате дегенеративных процессов как противодуга относительно существующей ригидной или фиксированной в юности идиопатической деформации в грудном отделе, необходимость в проведении коррекции должна быть тщательно взвешена, так как грудная дуга деформации не сможет адаптироваться к новой конфигурации позвоночного столба. В данной ситуации почти неминуемо разовьются декомпенсация грудного отдела позвоночника, нарушение глобального баланса и хронический болевой синдром в нижнегрудном или грудопоясничном отделе позвоночника.

В случаях синдрома «плоской спины» (первичный дегенеративный поясничный сколиоз обычно сочетается с потерей поясничного лордоза), коррекция необходима при наличии хронического болевого синдрома. Такая операция должна включать объемную резекцию задних элементов и частичную передних элементов, особенно при их кальцификации. При необходимости, возможно выполнение релиза через задний доступ на уровне ниже L2. Необходимости в переднем релизе практически никогда не возникает, если не наблюдается ригидности сегментов со смещением позвонков или переднего костного сращения за счет выраженных остеофитов. Операция с комбинированным доступом, однако связана со значительно повышенными рисками у пациентов старше 60 лет. Селективные сегментарные остеотомии также могут потребоваться для достижения оптимального баланса позвоночного столба.

Помимо необходимости в выполнении релиза, крайне важно рассматривать возможность продления фиксации на соседние с основной дугой деформации отделы с частичным захватом противодуги, что позволяет обеспечить оптимальный баланс позвоночного столба в двух плоскостях. В противном случае, высока вероятность коллапса межпозвонкового диска или вторичной нестабильности краниальнее уровня металлофиксации. Очевидно, что из-за большой продолжительности и кровопотери, оперативное

вмешательство такого объема возможно только у пациентов с удовлетворительным общим состоянием здоровья. В связи с этим, рекомендуется рассматривать оперативное лечение дегенеративных деформаций позвоночника в как можно более раннем возрасте. Это в особенности касается пациентов женского пола, так как после наступления менопаузы повышается риск развития остеопороза и, как следствие, более стремительной дегенерации и прогрессии деформации.

При необходимости переднего релиза, возможно одно- или двухэтапное хирургическое лечение. Передняя фиксация у пациентов, которым планируется проведение дорсальной фиксации вторым этапом, не рекомендуется, так как передняя фиксация может ограничить степень дорсальной коррекции. Современные системы дорсальной транспедикулярной фиксации позволяют добиться выраженной коррекции за счет различных методик остеотомии. В случае сохранения мобильности поясничной дуги деформации и возможности компенсации грудной дуги, дорсальная коррекция и фиксация с выполнением декомпрессии при необходимости, не требуют дополнительного оперативного вмешательства через передний доступ.

Методики фиксации позвоночного столба

Если болевой синдром является основной жалобой пациента, вне зависимости от наличия иррадиации боли в нижние конечности, в большинстве случаев необходима фиксация позвоночного столба. Определение протяженности фиксации является одним из самых сложных вопросов в хирургии деформаций позвоночника у взрослых пациентов. Как правило, завершение фиксации на уровне верхних поясничных позвонков приводит к развитию осложнений, в частности декомпенсации вышележащих позвоночно-двигательных сегментов с повышенным риском коллапса смежных межпозвонковых дисков, развития сегментарной нестабильности и вторичного кифоза (Hanley 1996).

Наиболее критичная в отношении стабилизации зона – область пояснично-крестцового соединения. Фиксация данного сегмента полностью лишает поясничный отдел подвижности и наиболее часто сопровождается развитием псевдоартроза. Повышенная частота формирования псевдоартроза в данном сегменте, которая, по разным данным составляет от 5% до 42%, связана с неблагоприятными биомеханическими условиями на стыке фиксированного позвоночного столба и неподвижного крестца (Boachie-Adjei 1991, Dickson 1995, Edwards 2003, Edwards 2003). Применение различных вариантов металлоконструкций в последние годы стало основным способом повышения надежности сращения в области пояснично-крестцового перехода (Сампиев 2012, 12,30,37,60). Все эти конструкции основаны на добавочной фиксации в крестце или крыльях подвздошных костей. Эти методы, однако, не обеспечивают абсолютной надежности фиксации. Наиболее надежным методом остается фиксация на 360°, которая может быть осуществлена через задний доступ путем применения методики PLIF с установкой межтелового кейджа (Schwab 2012).

Показания к крестцово-тазовой фиксации включают низкую плотность костной ткани, остеопороз, нестабильные переломы крестца, коррекцию синдрома плоской спины за счет остеотомий поясничного отдела и спондилолистез высокой степени (Everett 2007). Дополнительная фиксация к крыльям подвздошных костей значительно снижает нагрузку на импланты в S1 позвонке и увеличивает общую стабильность металлоконструкции.

Ограниченная по длине фиксация в сочетании с декомпрессией позволяет стабилизировать оперированный сегмент без травматизации дополнительных сегментов позвоночника. Данная методика является хорошим выбором при умеренных деформациях и подвывихах апикальных позвонков, однако она связана с повышенным риском развития синдрома смежного уровня (Сампиев 2006, Cho 2008). Декомпрессия с последующей коррекцией и протяженной фиксацией остается наиболее оптимальным подходом к хирургическому лечению дегенеративных сколиозов с

выраженной поясничной деформацией и значительным смещением позвонков. Коррекция сколиоза с полноценным восстановлением сагиттального баланса обуславливают высокую вероятность формирования костного блока и купирования болевого синдрома. В то же время, данный подход требует применения сложных в выполнении и более травматичных методик по остеотомии позвоночного столба (Сампиев 2005, Cho 2008, Bradford 1997).

Выбор уровня фиксации при коррекции деформации

Уровень фиксации при коррекции деформаций позвоночника у взрослых пациентов является одним из наиболее значимых факторов достижения положительных результатов лечения. Существует несколько общепринятых правил, которыми следует руководствоваться для достижения оптимальной коррекции (Aebi 2005, Gupta 2003): 1) фиксация не должна заканчиваться на уровне вершины деформации, 2) кифоз переходной зоны должен быть включен в область фиксации, 3) сегменты с латеральным подвывихом позвонков должны быть включены в область фиксации, 4) области анте- и ретроспондилолистеза должны быть включены в область фиксации, 5) наиболее проксимальный позвонок, включенный в зону фиксации должен быть максимально горизонтальным.

Оптимальным проксимальным уровнем фиксации считается Th10, так как он более стабилен, чем Th11 и Th12 в связи с прикреплением соответствующего ребра (Schufflebarger 2006). Не менее важно определение уровня дистального полюса фиксации. Очевидно, что, избегая фиксации пояснично-крестцового сегмента при хирургическом лечении поясничного сколиоза можно снизить риски осложнений и ревизионных оперативных вмешательств, однако в большинстве случаев деформаций у взрослых пациентов данный сегмент дегенеративно изменен, что проявляется уменьшением высоты межтелового пространства, дегенеративными изменениями дугоотросчатых суставов, изменением формы тел позвонков и их ротацией. В таких случаях, необходимо фиксировать данный отдел во

избежание развития нестабильности сегмента вследствие прогрессирования дегенеративных процессов. Даже при отсутствии явных признаков дегенеративных изменений сегмента L5-S1, не вовлечение его в зону фиксации с большой вероятностью приведет к повышенным нагрузкам на него и развитию вторичных дегенеративных процессов (Jackson 1983, Kostuik 1983, Bridwell 2003, Polly 2006). Edwards и соавт. описывают частоту развития дегенеративных процессов с повышением риска повторной операции при фиксации до уровня L5 позвонка в 61% (Edwards 2003). Фиксация с вовлечением крестца может также увеличивать нагрузку на подвздошно-крестцовые сочленения и тазобедренные суставы, что может повышать риск прогрессирования дегенеративных изменений в этих суставах.

1.5 Прогноз хирургического лечения деформаций позвоночника взрослых

Осложнения хирургического лечения деформаций позвоночника взрослых наиболее часто обусловлены неправильной диагностикой и выбором хирургической методики, а также нестабильностью металлоконструкции, недостаточным восстановлением сагиттального и фронтального баланса, сопутствующими заболеваниями пациента (Albert 1995, Ali 2003, Deyo 1992, Dickson 1995).

Результаты лечения в значительной степени зависят от возраста пациента, так как уровень физической нагрузки, профессиональная и бытовая активность значительно отличаются в разных возрастных группах. Большинство пациентов работоспособного возраста с деформациями позвоночника не возвращаются к прежней профессиональной деятельности после операции, однако подавляющее большинство пациентов данной категории завершили ее еще до операции из-за болевого синдрома и ограничений физической активности. При оценке степени ежедневной

активности по различным опросникам, большинство пациентов, независимо от возраста, отмечают улучшение качества жизни во всех категориях. При этом, применение медикаментозной обезболивающей терапии сокращается почти у 70% данных пациентов (Reindl 2003, Rinella 2004). Основной проблемой, которая беспокоит пациентов после операции является остаточный болевой синдром, вызванный чаще всего нарушениями баланса паравертебральной мускулатуры.

Частота развития осложнений в послеоперационном периоде – важная мера эффективности хирургического лечения деформаций позвоночника у взрослых пациентов. Наиболее частые осложнения включают псевдоартроз, синдром смежного уровня, повреждения твердой мозговой оболочки, раневые инфекции, нестабильность имплантов, неврологический дефицит, эпидуральные и раневые гематомы, эмболию легочных артерий, тромбоз глубоких вен и различные системные осложнения. Yadla и соавт описывают 41,2% осложнений в мета-анализе 2175 взрослых пациентов, прооперированных по поводу деформации позвоночника (Yadla 2010). Charosky и соавт описывают частоту развития осложнений в 39% случаев из 306 пожилых пациентов (Acosta 2011). Sansur и соавт. проанализировали 4980 случаев хирургического лечения деформаций позвоночника взрослых и выявили частоту осложнений в 13,4%. При этом частота осложнений была значительно выше при ревизионных операциях и остеотомиях (Sansur 2011). По данным разных исследований, частота ревизионных оперативных вмешательств при этом составляет от 10% до 21% (Charosky 2012, Pichelmann 2010, Kelly 2013, Acosta 2011). Причины ревизионных вмешательств включают формирование псевдоартроза, прогрессирование деформации, инфекции, синдром смежного уровня и неврологический дефицит (Pichelmann 2010, Kelly 2013).

Не смотря на относительно высокую частоту развития осложнений при хирургическом лечении деформаций позвоночника взрослых, средняя степень удовлетворенности операцией среди пациентов достаточно высока.

По данным опросников по качеству жизни хирургическое лечение приводит к значительно более высокому качеству жизни пациентов по сравнению с консервативным лечением (Everett 2007, Smith 2009, Li 2009). По данным разных обзорных исследований, послеоперационные показатели качества жизни были существенно выше у подавляющего большинства пациентов оперированных по поводу деформаций позвоночника (Fairbank 2000, Vago 2009).

В связи с выраженной гетерогенностью клинических проявлений и анатомических изменений при деформациях позвоночника у взрослых очень сложно выявить прогностические факторы, позволяющие оценить вероятность успешности той или иной операции. Однако крайне важно понимать, что, в отличие от идиопатического сколиоза подростков, исход хирургического лечения деформаций позвоночника у взрослых, зависит от множества факторов, каждый из которых должен быть тщательно проанализирован и принят во внимание во время планирования операции. Качество костной ткани является одним из наиболее значимых факторов, влияющих не только на эффективность костного сращения, но и на стабильность конструкции в послеоперационном периоде. В зависимости от выраженности остеопороза может существенно меняться и тактика хирургического лечения, и ведение пациента в послеоперационном периоде, а, следовательно, и исход оперативного лечения. Выбор протяженности и объема фиксации, а также физических характеристик металлоконструкции определяет вероятность развития дегенеративных изменений и осложнений, связанных с перераспределением нагрузки на анатомические структуры позвоночника в послеоперационном периоде. Наконец, помимо коррекции деформации во фронтальной плоскости, у пожилых пациентов крайне важно правильно рассчитывать и максимально восстанавливать сагиттальный баланс позвоночника. Правильный анализ позвоночно-тазовых параметров и планирование хирургической методики позволяет, за счет оптимального перераспределения нагрузки, предотвращать декомпенсацию

нефиксированных отделов позвоночника и суставов нижних конечностей, а также развитие хронического болевого синдрома, вызванного неправильной конфигурацией позвоночного столба.

1.6 Применение нитинола в хирургии позвоночника

При дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника применяются различные методы стабилизации оперированных сегментов (Ветрилэ С.Т., 2004). Достижение стабильности позвоночно-двигательных сегментов – основная задача хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника. Однако при стандартной ригидной транспедикулярной фиксации, полное выключение фиксированного ПДС из динамической системы позвоночного столба приводит к радикальному перераспределению нагрузки на смежные сегменты, вследствие чего увеличивается вероятность развития дегенеративных изменений в выше- и нижележащих межпозвонковых дисках. Данное обстоятельство связано с тем, что в металлоконструкциях с транспедикулярной фиксацией используются металлические стержни высокой жесткости, в частности из титана, кобальтовых и молибденовых сплавов и нержавеющей стали, в сочетании с межтеловыми имплантатами.

Одним из перспективных путей решения проблемы синдрома смежного уровня является применение стержней из нитинола. Данный материал представляет собой сплав на основе никелида титана (55% никеля, 45% титана), который был открыт в 1959 г. сотрудниками лаборатории морской артиллерийской школы США (Naval Ordnance Laboratory) У. Бюлером и Ф. Вангом (Buehler 1963, Wang 1965, Kauffman 1997). Применение стержней из нитинола позволяет достичь высокой степени стабильности фиксации при сохранении минимальной подвижности в фиксированном сегменте. Это становится возможным благодаря уникальным физико-механическим

характеристикам нитинола. Нитинол обладает свойствами памяти формы, сверхэластичности и высокой коррозионной и эрозионной стойкостью (Амирханова Н.А., 2006). При деформации стержня из нитинола и последующем нагревании происходит возвращение к изначальной форме за счет изменения конфигурации кристаллической решетки. Температура активации нитинола – 40° С (Ильин А.А., 1998). В то же время, нитинол на порядок эластичнее других металлов, применяемых в хирургии позвоночника и приближается к характеристикам скелетообразующих тканей (Хачин В.Н., 1992). В то же время широкое применение нитинола в хирургии позвоночника ограничено сложностью его производства. В промышленных масштабах его могут получать в ограниченном числе стран, включая Россию. Исследования по применению данного материала при фиксации позвоночника в качестве альтернативы существующим металлическим имплантам продемонстрировали близость его характеристик к характеристикам костно-хрящевых структур организма (Давыдов Е.А., 2010).

Математический анализ подвижности позвоночно-двигательных сегментов демонстрирует важность сохранения ограниченного объема движений на локальном уровне для поддержания общего биомеханического баланса позвоночного столба (Орлов С.В., 2009, Зуев И.В., 2009). В настоящее время ведутся активные исследования эффективности нитиноловых конструкций в качестве динамической стабилизации позвоночника. Существующие на данный момент варианты стабилизации позвоночника при помощи имплантов из нитинола включают применение стяжек и компонентов систем транспедикулярной фиксации (Давыдов Е.А., 2010, Зуев И.В., 2014, Муслов С.А., 2007). Первые результаты данных исследований показали эффективность динамической фиксации позвоночного столба нитиноловыми конструкциями при его дегенеративно-дистрофических заболеваниях, что позволяет выполнять достаточно объемную декомпрессию нервнососудистых структур, но, в то же время, обеспечивает высокий уровень стабильности фиксации в сочетании с

сохранением минимального объема движений в оперированном сегменте в послеоперационном периоде.

Потенциальными недостатками широкомасштабного применения имплантов из нитинола для динамической стабилизации позвоночника являются сложность их изготовления, отсутствие на данный момент четко определенных технологических параметров деформации имплантата, оптимальных для применения в хирургии позвоночника, а также недостаток исследований степени токсичности нитиноловых имплантов повышенного объема для человеческого организма.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Общая характеристика больных

Нами проведено исследование 120 пациентов со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника, проходивших хирургическое лечение в отделении патологии позвоночника ФГБУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ с 2010 по 2015 гг.

Критерием включения больных в исследование было наличие у них болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, не купирующегося консервативным лечением, а также наличие деформации поясничного отдела позвоночника, которая сформировалась на фоне диспластического сколиоза или на фоне сколиоза *de novo*. Критерием исключения было наличие болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника на фоне сколиотической деформации в данном отделе вследствие врожденных сколиозов, посттравматических сколиозов и других деформаций позвоночника, возникших на фоне других заболеваний (воспалительные процессы, опухолевые процессы), а также пациенты, которым было проведено хирургическое вмешательство на поясничном отделе позвоночника.

Учитывая вышеуказанные критерии, в исследование были включены пациенты в возрасте от 45 до 80 лет. Характеристика исследуемых больных по полу не имела каких-либо закономерностей и составила: 90 женщин и 30 мужчин (табл. 2.1). По характеру деформации поясничного отдела позвоночника в 42 случаях у пациентов наблюдался диспластический сколиоз, в 78 случаях - сколиоз *de novo*.

Таблица 2.1. Возрастная характеристика больных по полу

| Пол | Возраст, лет | | | | | | | Итого | |
|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-----|
| | 45-50 | 51-55 | 55-60 | 61-65 | 66-70 | 71-75 | >76 | абс. | % |
| Женщины | 10 | 10 | 15 | 25 | 20 | 7 | 3 | 90 | 75 |
| Мужчины | 4 | 5 | 5 | 4 | 6 | 4 | 2 | 30 | 25 |
| Всего | 14 | 15 | 20 | 29 | 26 | 11 | 5 | 120 | 100 |

2.2. Методы исследования

В нашей работе использовали методы исследования, которые позволили всесторонне рассмотреть изучаемую проблему. Были применены следующие методы.

2.2.1 Клинические методы исследования

- Жалобы
- Анамнез заболевания
- Определение уровня болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале (ВАШ)
- Данные ортопедического осмотра
- Данные неврологического осмотра
- Определения качества жизни у больных с болевым синдромом в поясничном отделе позвоночника (опросник Oswestry и SF-36)
- Определение качества жизни больных со сколиотической деформацией позвоночника по рекомендациям общества изучения сколиоза (SRS) с помощью опросника SRS – 22.

2.2.1.1 Клинические проявления заболевания у исследованных больных

Основными жалобами у пациентов было наличие болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника 120 (100%) больных, в 49 (40,9%) случаях болевой синдром в поясничном отделе сопровождался иррадиацией в обе нижние конечности. У 30 (25%) - в правую нижнюю конечность, у 41 (34,2) - в левую нижнюю конечность. В 61 случае пациенты отмечали признаки онемения в нижних конечностях, причем в 34 случаях онемение носило характер перемежающейся хромоты.

При изучении анамнеза заболевания нам удалось выяснить, что в 42 случаях (35%) деформация поясничного отдела позвоночника выявлена в подростковом возрасте, а болевой синдром впервые стал беспокоить в возрасте 30 лет (25%), по поводу чего проводилась консервативная терапия в виде физиотерапии (магнитотерапия, иглорефлексотерапия), медикаментозная терапия (нестероидные противовоспалительные препараты, сосудистая терапия), также пациенты были обучены ЛФК. В 5% применялись паравертебральные блокады.

В 78 случаях (65%) пациенты отметили появления болевого синдрома в возрасте 36-40 лет, который купировался после консервативного лечения (физиотерапия, ЛФК, блокады, медикаментозная терапия), но имел тенденцию к рецидивированию 2-3 раза в год. После дебюта болевого синдрома через 5-10 лет пациенты стали отмечать появление деформации поясничного отдела позвоночника.

Используя ВАШ, мы выявили, что на момент обращения в нашу клинику у 120 (100%) пациентов болевой синдром в поясничной области варьировал от 8,6 до 8,9, болевой синдром в нижних конечностях составил от 8,7 до 9,1.

При ортопедическом осмотре обращало на себя внимание наличие декомпенсированности деформации (как во фронтальной, так и сагиттальной плоскостях) в 90 (75%) случаях, в 30 (25%) случаях деформация была

компенсирована. При осмотре положения крыльев таза в 35 случаях (29,2) крылья таза были ассиметричны, но при этом длина нижних конечностей была одинакова. Перекос таза встречался только у пациентов с диспластическим сколиозом, что связано с декомпенсацией деформации во фронтальной плоскости. При неврологическом осмотре (проводился штатным неврологом нашей клиники) отмечено проявление радикулоалгии в 40 случаях (33,3%) с уровня L2 по L5. Радикулопатия в 40 случаях (33,3%) с уровня с уровня L3 по L5. В 34 случаях (28,3%) отмечены признаки перемежающейся хромоты, при этом 28 (82,4%) пациентов проходили 100-150 метров, 6 (17,6%) - 200-250 метров. Дистальный парезы нижних конечностей наблюдался у 27 (22,5%) человек, односторонний - у 25 (92,6%) пациентов, двусторонний – у 2 (7,4%).

Сводные результаты вертебро-неврологического осмотра представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Результаты вертебро-неврологического исследования пациентов

| Симптомы и синдромы | Количество пациентов | |
|--|----------------------|------|
| | абс. | % |
| Изменения походки, осанки | 90 | 75 |
| Ассиметрия надплечий, перекос таза | 60 | 50 |
| Нарушение сагиттального баланса (наклон туловища кпереди) | 90 | 75 |
| Нарушение фронтального баланса | 42 | 35 |
| Болезненность при пальпации по остистым отросткам и в паравертебральных точках с одной или с двух сторон в пояснично-крестцовом отделе | 120 | 100 |
| Симптомы натяжения корешков спинного мозга (Нери, Ласега) | 90 | 75 |
| Гипо- или гиперестезия | 44 | 36,6 |
| Снижение мышечной силы в конечностях | 37 | 30,8 |
| Гипотрофия мышц конечностей | 35 | 29,2 |
| Нейрогенная перемежающаяся хромота | 34 | 28,3 |

Анализируя таблицу, мы пришли к выводу, что у всех пациентов стеноз позвоночного канала и сколиотическая деформация сопровождались статико-биомеханическими и неврологическими расстройствами. Все это сопровождалось парезами (22,5% больных), мышечными гипотрофиями (29,2%), а также нарушением походки, осанки и сагиттального баланса.

Оценка вертебро-неврологического статуса не позволила выявить достоверных различий в группах пациентов.

Для оценки качества жизни пациентов был использован опросник качества жизни Освестри – Oswestry Disability Index (ODI), разработанный в 1980 г. для оценки степени нарушения жизнедеятельности, обусловленного патологией позвоночника. Опросник Освестри доступен в версии 2.1a и состоит из 10 разделов. Максимальный балл для каждого раздела равен 5. Индекс ответов (ODI) высчитывается по формуле: сумма набранных баллов/максимально возможное количество баллов и умноженная на 100. У всех пациентов, включенных в исследование, уровень качества жизни был значительно снижен (78-79).

Для оценки качества жизни, а именно ее составляющих в виде душевного и физического благополучия, использовался опросник The Short Form – 36 (SF – 36), рекомендованный Межнародным центром исследования качества жизни. Опросник состоит из 11 вопросов, включающих в себя 36 пунктов, которые сгруппированы в восемь шкал: физическое функционирование, ролевая деятельность, телесная боль, общее здоровье, жизнеспособность, социальное функционирование, эмоциональное состояние и психическое здоровье. Показатели каждой шкалы варьируют между 0 и 100, где 100 представляет полное здоровье. Все шкалы формируют два основных показателя: душевное и физическое благополучие. Подсчет ведется по специальным формулам для каждого пункта или с использованием статистических пакетов для обработки результатов – StatSoft Statistica v.8.0, SPSS 9.0. Полученные данные составляли, PH (физическое благополучие) - от 18,2 до 19,1, а MH (душевное благополучие) - от 21,4 до

21,7.

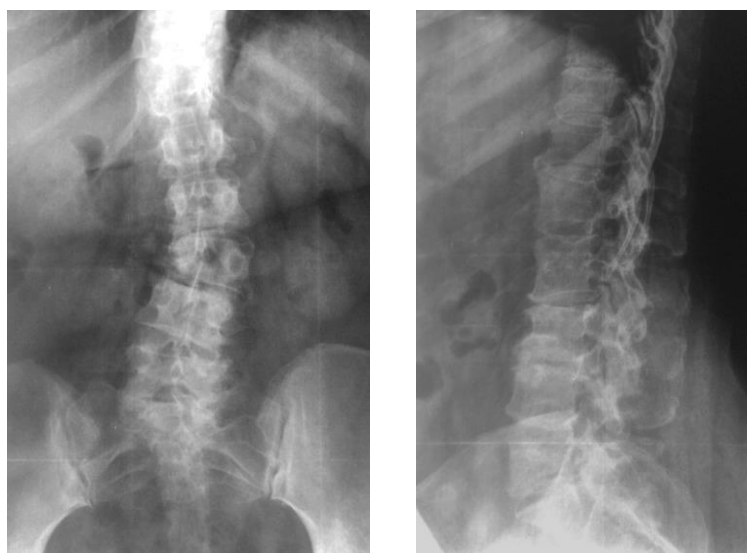
Для оценки и сравнения состояния пациентов после хирургической коррекции была разработана анкета SRS-22, являющаяся результатом модификации и усовершенствования оригинального опросника SRS-24. Анкетированный опросник SRS – 22 включает в себя 22 анкетных вопроса по четырем областям: боль, общий внешний вид и вид после операции, уровень двигательных функций после операции и общая активность, удовлетворенность результатами оперативного лечения (психическое здоровье). Каждый вопрос оценивается по 5-балльной системе (1 – низкий показатель, 5 – высший показатель).

2.2.2 Лучевые методы исследования

Лучевые методы исследования позволили нам детально изучить структурные параметры деформации не только со стороны угла деформации, параметров сагиттального баланса, но и характер изменения дугоотростчатых суставов и желтой связки, формирующих у исследуемых пациентов явления дегенеративного стеноза позвоночного канала. Применялись следующие методы исследования: рентгенография, КТ, МРТ поясничного отдела позвоночника.

2.2.2.1 Рентгенографическое обследование

Проводилась обзорная рентгенография позвоночного столба в положении стоя и лежа (рис. 2.1).

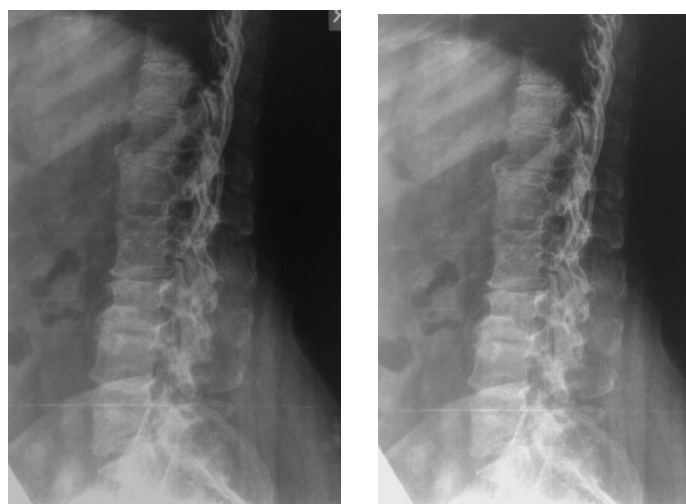


а

б

Рисунок 2.1. Пациентка П., 75 лет. Ds: Дегенеративный правосторонний поясничный сколиоз. Стандартные рентгенограммы позвоночника: а – прямая проекция; б – боковая проекция

В нашей работе всем пациентам рентгенография выполнялась также и с функциональными тестами в боковой проекции при максимальном сгибании и разгибании позвоночника в пояснично-крестцовом отделе (рис. 2.2).



а

б

Рисунок 2.2. Пациентка П., 75 лет. Функциональные рентгенограммы: в положении сгибания (а) и разгибания позвоночника (б).

Анализируя спондилограммы, мы оценивали рентгенологические признаки остеохондроза, уровень преимущественного поражения, а также

определяли наличие и степень деформации позвоночника и функциональные возможности заинтересованного отдела.

Измерялся угол деформации поясничного отдела позвоночника стоя и лежа по Коббу (табл. 2.3) и величина поясничного лордоза (табл. 2.4).

Таблица 2.3 Распределение пациентов по степени сколиотической деформации позвоночника по Kobb (n=120)

| | Сколиотическая деформация в градусах (°) | | | |
|----------------------|--|--------|--------|--------|
| | 10-20° | 21-30° | 31-40° | 41-50° |
| Количество пациентов | 35 | 60 | 20 | 5 |

Таблица 2.4 Распределение пациентов по величине поясничного лордоза (n=120)

| | Поясничный лордоз в градусах (°) | | | |
|----------------------|----------------------------------|----------|--------|-----|
| | -20-(-11) | -10-(-1) | 0 - 10 | >11 |
| Количество пациентов | 15 | 50 | 40 | 15 |

В рамках данного исследования оценивалось влияние нестабильности ПДС и позвоночного столба в целом на клиническую картину заболевания и степень выраженности стеноза позвоночного канала.

Нестабильность ПДС оценивалась по функциональным рентгенограммам пояснично-крестцового отдела позвоночника в положении максимального сгибания/разгибания. То есть нестабильность – это патологическая подвижность сегмента позвоночника, выявленная рентгенологически (косвенно МРТ – исследования), с формированием анте-, ретро- и латеролистеза позвонка, а также сочетающаяся с подвывихом в межпозвонковых суставах.

Анализируя все данные клинико-рентгенологической картины, была выявлена прямая зависимость между степенью нестабильности ПДС и выраженностью болевого синдрома. Чем больше нестабильность, тем более

выражен болевой фактор. Степень стеноза также напрямую зависит от данного фактора. При нестабильности ПДС выраженность стеноза позвоночного канала увеличивалась за счет гипертрофии связочного аппарата, а также образования рубцово-спаечного процесса в канале, который был выявлен при ревизии.

На функциональных рентгенограммах пояснично-крестцового отдела позвоночника у 115 пациентов (95,8%) были выявлены признаки нестабильности позвоночно-двигательного сегмента и сужение межпозвонковых промежутков. Данная патология чаще встречалась у пациентов старшей возрастной группы (60 лет и более) и была выявлена у 70 человек (58,3%).

Так же была отмечена прямая клинико-рентгенографическая зависимость между степенью выраженности дегенеративно-дистрофических изменений по данным рентгенограмм и клинической симптоматикой с соответствующего уровня.

Для оценки сагиттального и фронтального баланса, а также позвоночно-тазовых соотношений всем пациентам выполнялись рентгенограммы позвоночника (с захватом всех отделов) в двух стандартных проекциях в положении стоя (рис. 2.3).

Оценка типа сколиотической деформации осуществлялась в соответствии с классификацией Scoliosis Research Society (SRS) (Schwab F. et al., 2012). На основании анализа рентгенограмм оценивались следующие показатели: тазовый наклон (pelvic incidence – PI), поясничный лордоз (lumbar lordosis – LL), грудной кифоз (thoracic kyphosis – ТК), отклонение сагиттальной вертикальной оси (sagittal vertical axis – SVA).

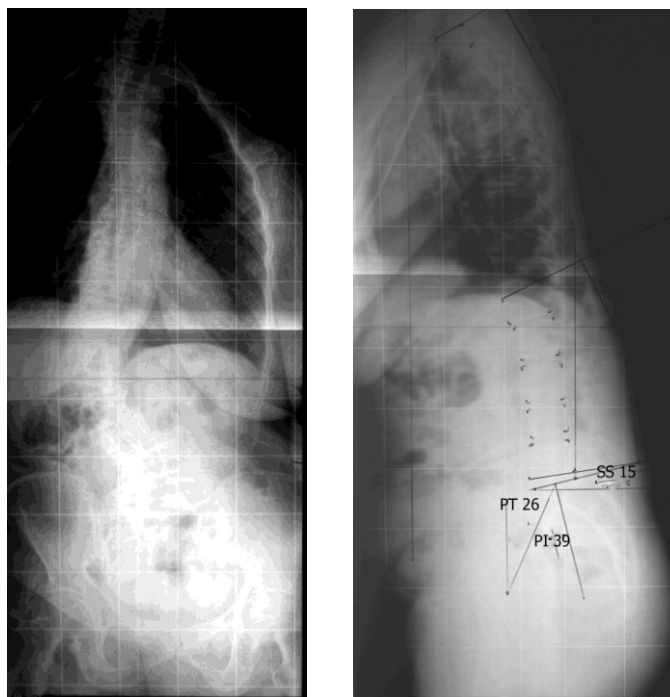


Рисунок 2.3. Рентгенограммы пациентки П., 74 года, выполненные в положении стоя

По степени тяжести распределение было следующим:

- нормальный сагиттальный баланс с отклонением SVA до 4 см по SRS-Schwab выявлен у 30 (25%) человек;
- умеренный сагиттальный дисбаланс (POSITIVE по SRS – Schwab) (отклонение SVA на 4–9,5 см) – у 60 (50%) пациентов.
- выраженный сагиттальный дисбаланс (VERY POSITIVE по SRS – Schwab) (отклонение SVA более 9,5 см) – у 30 (25%) больных.

Была выявлена прямая зависимость между степенью тяжести сагиттального дисбаланса и выраженностью болевого синдрома. У пациентов с выраженным сагиттальным дисбалансом была наиболее выражена клиническая картина (болевого синдром, нарушение походки, осанки, слабость в нижних конечностях, гипотрофия мышц нижних конечностей), а также снижение качества жизни.

2.2.2.2 Компьютерная томография поясничного отдела позвоночника

Компьютерная томография позвоночника в качестве

предоперационной подготовки использовалась для уточнения взаимоотношения позвонков заинтересованного отдела, выявления аномалий развития, а также для косвенного определения минеральной плотности костной ткани пациентов.

По данным КТ изучали следующие показатели:

1. Гипертрофия дугоотростчатых суставов;
2. Латеролистез;
3. Стеноз позвоночного канала.

2.2.2.3 Магнитно-резонансная томография поясничного отдела позвоночника

МРТ на сегодняшний день является самым информативным методом исследования при стенозе позвоночного канала. Достоинствами МРТ является то, что это неинвазивный, нерентгенологический метод обследования, то есть полное отсутствие лучевой нагрузки. МРТ – исследования представляют собой высокое разрешение и широкое поле изображения, возможность получения срезов любой ориентации, визуализация содержимого дурального мешка, невральных структур, мягких тканей не только околопозвоночной зоны, но и всей зоны сканирования. Стандартное обследование поясничной области включает в себя T1- и T2-взвешенные изображения в сагиттальной плоскости, которые охватывают область от конуса до крестца и от одного корешкового отверстия до другого. Также выполняются аксиальные срезы на интересующем врача уровне. Данное обследование позволяет выявлять не только наличие, степень и положение сужения позвоночного канала, а также – гипертрофию и другие патологические изменения структур, непосредственно отвечающие за стенозирование позвоночного канала. МРТ - исследование было выполнено 120 (100%) пациентам, в связи с отсутствием противопоказаний к проведению данного исследования (рис. 2.4).

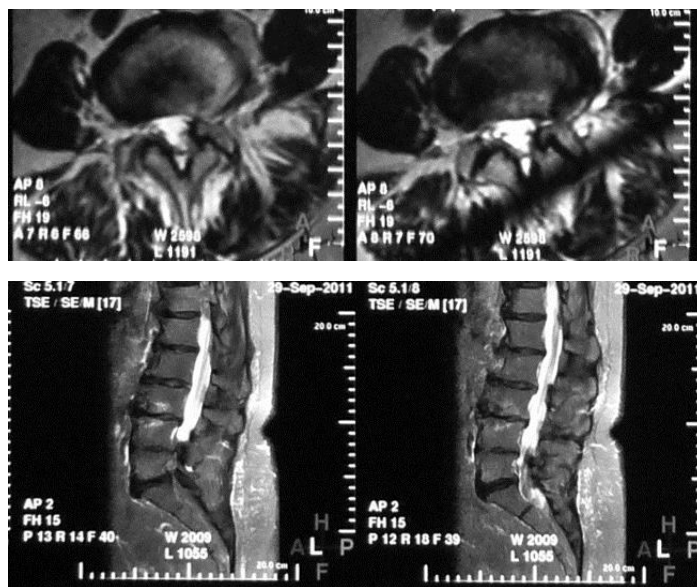


Рисунок 2.4. МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника: на уровне L4-L5, L5-S1 стеноз позвоночного канала.

Учитывая развитие неврологической симптоматики у пациентов, необходимо было выяснить патоморфологические причины стеноза позвоночного канала.

Проанализировав данные методов лучевой диагностики, можно прийти к выводу, что причины развития стеноза косвенно зависят от возрастной категории.

Мы выявили три патоморфологические причины развития стеноза:

1. Грыжи межпозвонкового диска.

Чаще встречались у молодых пациентов до 55 лет (50 %). Статистически значимых различий по полу выявлено не было.

2. Гипертрофия связочного аппарата.

Одинаково часто встречалась как у пациентов молодого возраста (до 55 лет), так и более старшего (от 55 и выше). Статистически значимых различий по полу также выявлено не было.

3. Гипертрофия суставных отростков и проявления дегенеративно-дистрофических заболеваний (остеофиты).

Чаще данная причина развития стеноза развивалась в более старшем

возрасте, начиная с 60 лет (74%). Различий по полу выявлено не было.

У всех пациентов, вошедших в исследование, диагностирован стеноз позвоночного канала (клинически значимый) на уровне деформации.

В нашем исследовании были пациенты с многоуровневым стенозом позвоночного канала степеней C и D согласно классификации C. Schizas и N. Theumann от 2009 г. (рис. 2.5).

По уровням стеноза пациенты были распределены следующим образом: 3-4 уровня стеноза было выявлено у 55 человек, 2-х уровней – у 35 человек. Пациенты с одноуровневым стенозом – 30 человек. Степень выраженности стеноза позвоночного канала была следующая: тип C – 60 человек, что составляет 50 %, тип D имели 30 человек (25 %), тип A2 - 30 человек (25 %).

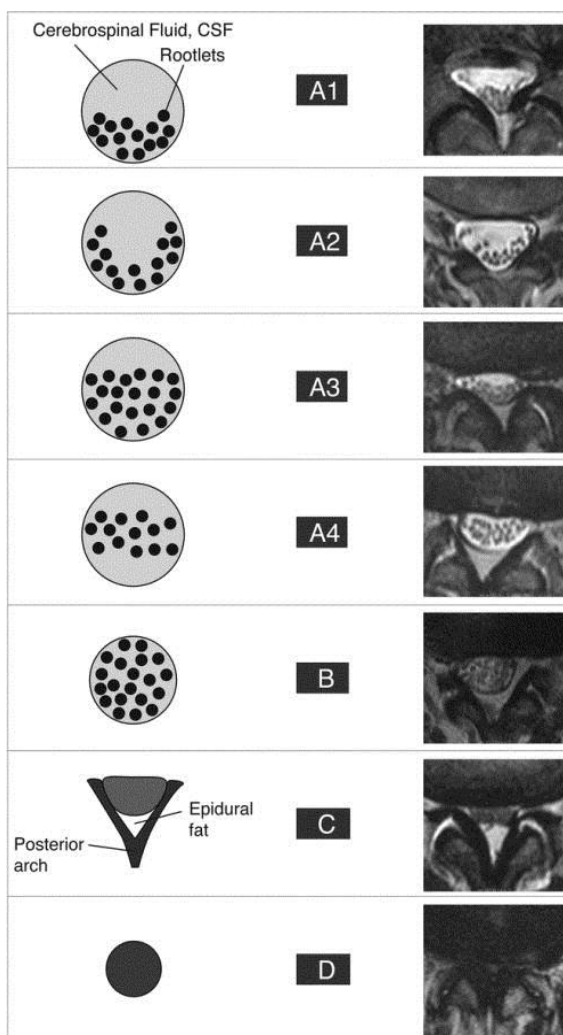


Рис. 2.5. Классификация стеноза позвоночного канала C. Schizas и N. Theumann 2009 г.

2.2.2.4 Комплекс методов исследования минеральной плотности костной ткани

Рентген - денситометрия – метод определения минеральной плотности костной ткани, применяемый для измерения в ней содержания кальция, основного структурного элемента кости. Нестабильность металлоконструкции, резорбция костной ткани вокруг элементов фиксации и сопутствующие патологические переломы позвонков на фоне остеопороза, обязывают выполнять это исследование в ходе предоперационной подготовки. Рентген-денситометрия захватывала область поясничного отдела позвоночника, а также проксимальный отдел бедра. С учетом возрастной группы исследуемых пациентов денситометрия была выполнена 120 (100%) больным с целью прогнозирования рисков постоперационных осложнений и необходимости назначения соответствующего лечения. Изменения минеральной плотности костной ткани интерпретировались согласно рекомендациям ВОЗ (1994) по уровню T – критерия в связи с возрастной группой. T – критерий: количество стандартных отклонений выше и ниже среднего показателя пика костной массы. Данный критерий обратно пропорционален относительно возраста пациента. Параллельно увеличению возраста критерий уменьшается, что связано с постепенным снижением костной массы. Так, показатели минеральной плотности T - критерия до (-1) стандартного отклонения от пиковой костной массы считаются нормальными. При явлениях остеопении T - критерий варьирует от (-1) до (-2,4). Показатель T - критерия от (-2.5) и ниже свидетельствует об остеопорозе.

2.2.3 Другие методы исследования

Лабораторные методы исследования.

Всем пациентам выполнялся стандартный набор исследований: общий

анализ крови, полный биохимический анализ крови, коагулограмма. Также выполнялся общий анализ мочи. Данные исследования проводились с целью исключения острых и хронических воспалительных процессов и хронических соматических заболеваний. У всех больных исследовалась реакция Вассермана крови, проводился анализ на ВИЧ и ИФА.

При выявлении во время предоперационной подготовки у пациента снижение минеральной плотности костной ткани (Т – критерий $<(-2,5)$) выполнялись специфические анализы на остеопороз. Данное обследование включало в себя анализ крови на соотношение кальциево-фосфорного обмена (кальций общий, кальций ионизированный, фосфор), содержание остеокальцина, витамина Д и определение уровня паратгормона, для исключения вторичного явления остеопороза. Также определялось содержание дезоксипиридинолина в утренней моче и кальция и фосфора в суточной.

Осмотр специалистов.

Обязательными в предоперационном периоде были осмотр стоматолога, гинеколога (для женщин) для исключения очагов хронических инфекций. Все пациенты были осмотрены терапевтом и неврологом. По показаниям было выполнено эхокардиографическое исследование сердца.

Дополнительные методы исследования. Всем пациентам в обязательном порядке выполнялось:

- электрокардиографическое исследование для определения характера ритма и исключения кардиологической патологии.
- УЗДГ сосудов нижних конечностей для выявления наличия тромбоза и других нарушений проходимости артерий и вен.
- эзофагогастродуоденоскопия для исключения нарушений слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки.

2.2.4 Статистическая обработка результатов исследования

Для статистической обработки данных, полученных в результате клинических исследований, использовался метод вариационной непараметрической статистики. Полученные данные были представлены в виде среднего арифметического значения, стандартного отклонения и в процентах.

Проводилось вычисление следующих показателей: M – среднее арифметическое значение величины вариационного ряда; σ – среднеквадратичное отклонение; m – величина ошибки среднего значения; n – количество наблюдений.

Различия между величинами и корреляционные связи рассматривались как статистически достоверные при значениях $p < 0,05$, которое принято в медико-биологических исследованиях.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась на персональном компьютере средствами статистической программы SPSS, используемое программное обеспечение: Microsoft Office Excel, StatSoft Statistica v.8.0, SPSS 16.0.1.

2.3 Распределение пациентов на группы

В данной работе проанализированы результаты хирургического лечения пациентов старшей возрастной группы со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника и сопутствующим стенозом на фоне деформации степеней C и D (по классификации С. Schizas и N. Theumann 2009 г.), нарушением сагиттального и фронтального балансов на фоне уменьшения величины поясничного лордоза. Деформация также сочеталась с явлениями нестабильности ПДС, которые мы выявили на функциональных рентгенограммах, вплоть до латеролистеза, со снижением минеральной плотности костной ткани, вплоть до остеопороза (по данным

остеоденситометрии), с выраженным болевым синдромом и сопутствующей неврологической картиной.

В зависимости от выбора метода фиксации поясничного отдела позвоночника мы выделили две основные группы пациентов:

1 группа (ретроспективная и проспективная) включала в себя 55 больных со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника и сопутствующим стенозом позвоночного канала. В этой группе техника хирургического вмешательства была следующая: выполнялся стандартный задний доступ. Устанавливались транспедикулярные полиаксиальные винты. Выполнялась декомпрессия позвоночного канала путем гемиламинэктомии. При захвате S1 выполнялся межтеловой спондилодез L5-S1 по методу PLIF или TLIF с использованием кейджа. Проводилась установка стержней из титана. Дополнительно проводилась костная пластика по поперечным отросткам и задним элементам позвонков с использованием аутооттрансплантатов.

Вторая группа (проспективная) состояла из 65 человек с идентичным клиническим диагнозом. В данной группе оперативная техника включала в себя: выполнение стандартного заднего доступа. Затем проводились транспедикулярные винты, при их проведении мы старались сохранить межпозвонокковые суставы не поврежденными (если не требовалось проведение остеотомий). После установки стандартных полиаксиальных винтов выполнялась декомпрессия позвоночного канала путем гемиламинэктомии. После этого проводилась установка двух нитиноловых стержней, заранее охлажденных до температуры активации. Стержни были заранее моделированы по поясничному лордозу (35°-40°). Спондилодез и костная пластика не выполнялись.

Для коррекции сагиттального баланса производилась многоуровневая остеотомия по методике SPO (osteotomy по Смит-Петерсену) или PSO (педикулярная субтракционная остеотомия).

Мы посчитали необходимым разделить две основные группы на

подгруппы в зависимости от выявленного и верифицированного у них диагноза «системный остеопороз», показателем разделения был Т-критерий (рис. 2.6).

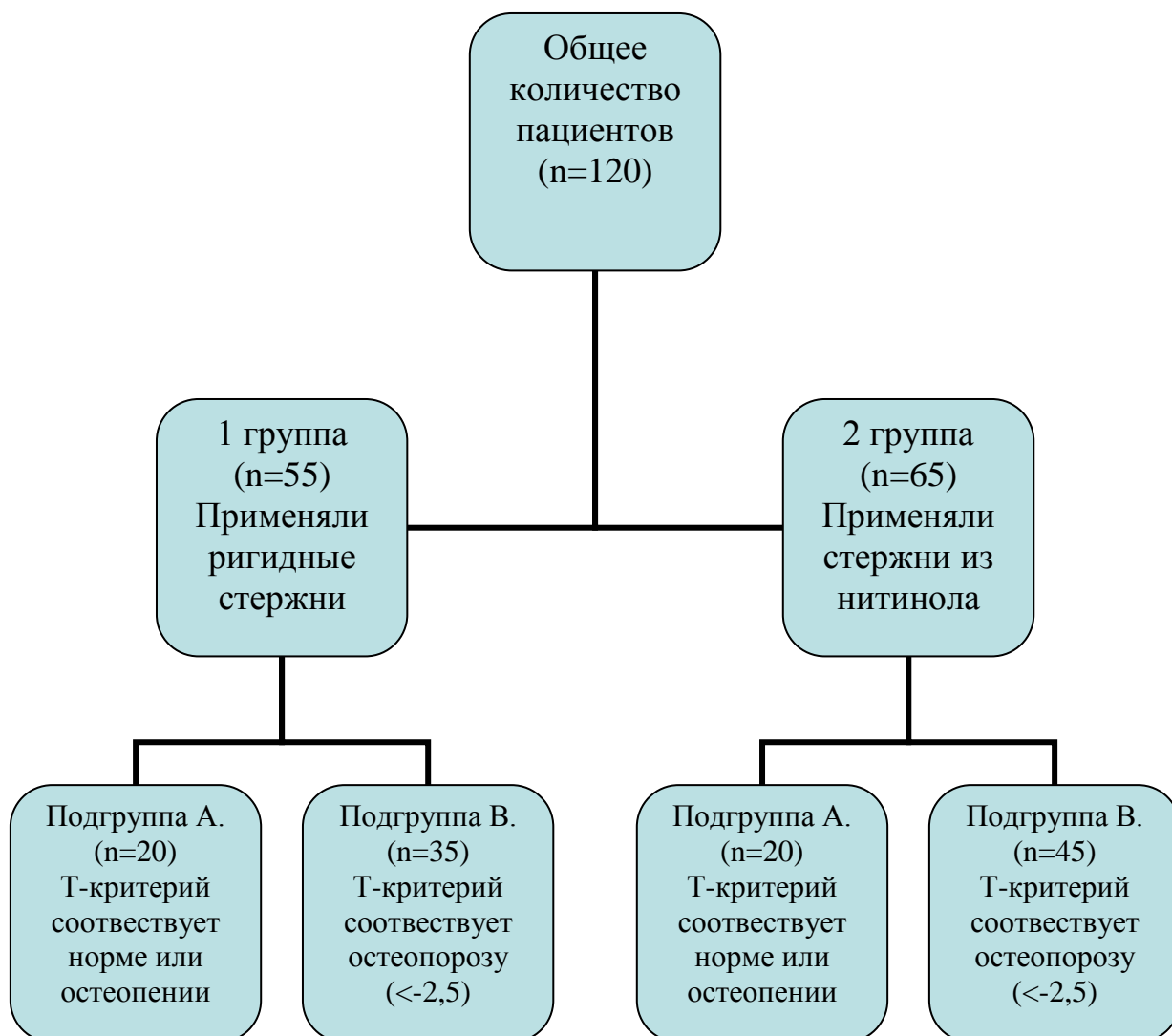


Рисунок 2.6. Распределение пациентов по группам.

Анализируя данные, мы пришли к выводу, что у большинства исследуемых пациентов выявлены признаки нарушения кальциево-фосфорного обмена. Верифицированный диагноз «системный остеопороз» был поставлен 80 больным, что составляет 66,7 %.

В зависимости от результатов остеоденситометрии у данных подгрупп отличалась тактика хирургического лечения. Пациентам с диагнозом «системный остеопороз» применялись фенестрированные винты с костной

пластикой цементом в обеих группах с последующим назначением терапии остеопороза и фиксация осуществлялась методом *in situ*.

Все группы пациентов были репрезентативны и не имели статистически значимых различий между собой.

Таким образом, резюмируя данную главу, следует отметить, что существует три патоморфологические причины развития стеноза позвоночного канала. В более молодом возрасте основную роль в стенозировании канала играет грыжа межпозвонкового диска. В старшей возрастной группе основную роль играют дегенеративно-дистрофические процессы (гипертрофия суставных отростков и связочного аппарата и остеофиты), а также нестабильность позвоночно-двигательного сегмента. Нарушение сагиттального баланса имеет немаловажную роль в становлении клинической картины заболевания. Чем больше дисбаланс, тем клиническая картина ярче выражена.

Пациенты со сколиотической деформацией и стенозом позвоночного канала на фоне деформации требует более тщательного и комплексного подхода в ходе предоперационной подготовки. Клинические проявления у них представляют совокупность вертеброгенных (болевого синдром, сагиттальный дисбаланс) и неврологических (нарушение походки, гипотрофия мышц, парезы, перемежающаяся хромота) признаков. В ходе оперативного лечения необходимо не только выполнять декомпрессионную часть оперативной техники, но и обязательно требуется проведение коррекции и восстановления баланса, как во фронтальной, так и сагиттальной плоскостях.

ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ИЗ НИКЕЛИДА ТИТАНА И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Деформация позвоночника (сколиоз, гиперкифоз, кифосколиоз и другие) является относительно частым заболеванием, приводящим к инвалидности больного и требующим длительного и сложного лечения. Причины возникновения деформации позвоночника связаны с генетическими нарушениями, возрастными дегенеративно-дистрофическими заболеваниями, травмами и прочие. При прогрессировании деформации позвоночника, которую обычно оценивают по углу Кобба, требуется хирургическое вмешательство, сопровождаемое установкой различных типов имплантируемых металлоконструкций, фиксирующих позвоночник в более правильном с анатомической точки зрения положении (Колесов С.В., 2014).

В настоящее время основным хирургическим методом лечения сколиозов является метод Котреля-Дебюссе, который заключается в фиксации стержня с помощью крюков и транспедикулярных винтов к позвонкам. Особенностью этой методики является так называемый деротационный маневр. Он заключается в том, что изогнутый по деформации позвоночника стержень вводится в крепления винтов и крюков, но не фиксируется в них. Затем стержень с помощью специальных зажимов разворачивается вдоль оси на 90° . При этом наиболее отклоненные в какую-либо сторону от нормальной оси позвонки оказываются смещенными развернутым стержнем в другую сторону. Это позволяет значительно снизить деформацию позвоночника.

Однако данная методика не лишена определенных недостатков, приводящих к различного рода осложнениям. Во-первых, эффективность деротационного маневра зависит от соотношения жесткости (способности менять форму под действием нагрузки) деформированного позвоночника и металлического стержня. Чтобы наиболее полно устранить деформацию

позвоночника стержень должен обладать большей жесткостью, чем позвоночник. Это вынуждает использовать сплавы с высоким модулем упругости.

Кроме того, высокая жесткость фиксации позвоночника делает его чрезмерно ригидным и может приводить к развитию дегенеративных процессов в смежных с фиксированными позвоночно-двигательных сегментах (ПДС).

Во-вторых, применение «деротационного маневра» не позволяет полностью прогнозировать результат взаимодействия стержня и позвоночника. Поэтому форма фиксированного позвоночника может быть далека от оптимальной и требует дополнительной коррекции. Кроме того, могут возникать локальные перегрузки в точках контакта металл-кость. Это может приводить как к интенсивной резорбции костной ткани вокруг винтов и крюков, опасной их миграцией и потерей стабильности, так и пластической деформации стержня, что чревато разрушением элементов металлоконструкции. Поэтому очень часто используют вариант, когда стержню придают промежуточную форму между деформированным позвоночником и нормальным. В этом случае не требуется деротационный маневр, а усилия исправления контролируются степенью отклонения от деформированной формы позвоночника. Однако полностью решить проблемы таким способом не всегда удается.

Одним из способов борьбы с указанными недостатками является попытка использования для изготовления стержней нового функционального материала с эффектом памяти формы (ЭПФ) – нитинола. Этот материал обладает способностью восстанавливать при нагреве до определенной температуры свою исходную форму, предварительно измененную в охлажденном состоянии (Miyazaki S., Ostuka K., 1989). То есть стержень с формой, отвечающей правильной анатомической форме позвоночника после охлаждения, может быть изогнут по форме деформированного позвоночника и закреплен на нем фиксирующими элементами. После нагрева стержень

стремится вернуться к исходной форме и оказывает силовое воздействие на позвоночник, устраняющее деформацию. В этом случае «деротационный маневр» не нужен, а результат коррекции позвоночника более прогнозируем.

Кроме того, в нагретом состоянии нитинол проявляет сверхупругие (СУ) характеристики, то есть способен при нагрузке накапливать, а при разгрузке устранять значительные (до 3 – 5%) деформации. Это приближает механическое поведение нитинола к механическому поведению биологических структур (костных, связочно-хрящевых). В этом случае позвоночник стабилизирован динамически, что приближает его функцию к физиологической. Соответственно, устраняется перегрузка смежных с фиксированными ПДС и снижается риск развития синдрома смежного уровня.

Известно несколько попыток реализовать такую возможность для лечения деформаций позвоночника. Использовался стержень Харрингтона из нитинола, проводились эксперименты по использованию транспедикулярных винтов и крюков для крепления нитиноловых стержней. Однако однозначных успехов этого направления не наблюдается. Во многом это объясняется сложностью задания нитинолу требуемых функциональных характеристик – температур восстановления формы и развиваемых усилий. В результате этого либо не происходит желаемое исправление деформации позвоночника, либо усилия превышают допустимый уровень и вызывают риск разрушения костных структур. Кроме того, необходима уверенность, что нитинол будет сохранять свои рабочие характеристики на всем протяжении периода жизни больного.

Устранение указанных недостатков возможно при комплексном решении проблемы как со стороны инженеров – материаловедов, так и врачей-вертебрологов.

В последние 10 – 15 лет материаловедение нитинола и его использование для изготовления имплантатов значительно продвинулось. Определены требования к химическому составу и структуре материала,

предназначенного для имплантации (ASTM 2063-12), разработаны технологические процессы, обеспечивающие требуемые характеристики восстановления формы, успешно применяются различные медицинские изделия из него для травматологии, ортопедии и нейрохирургии. Этот материал позволяет обеспечить необходимые характеристики работоспособности металлоконструкциям для исправления деформации позвоночника (Колеров М.Ю., 2011; Колеров М.Ю., 2013), но некоторые специфические вопросы требуют дальнейшего исследования.

3.1 Математическое моделирование биотехнической системы позвоночник-металлоконструкция

Моделирование биотехнических систем позволяет определить взаимодействие биологических тканей и имплантируемых материалов при различных воздействиях на систему. Это дает возможность оптимизировать конструкцию имплантата и методику его применения. Особенно это видно при использовании новых функциональных материалов, все особенности работы которых в сложной системе не могут быть однозначно определены аналитически. Это в полной мере относится к системе позвоночник-металлоконструкция, в которой в качестве основного силового элемента предполагается использовать стержни из нитинола. Это связано с тем, что механическое поведение резко отличается от поведения обычных конструкционных материалов, которые чаще всего используются для изготовления стержней для спинальных металлоконструкций.

Рассмотрим эти различия на результатах статических испытаний транспедикулярных конструкций по стандарту ASTM F1717 (рис. 3.1). В процессе таких испытаний стержни с помощью транспедикулярных винтов закрепляются в блоки из сверхмолекулярного полиэтилена, имитирующих тела позвонков. Блоки шарнирно закрепляются в захватах испытательной

машины на расстоянии друг от друга, отвечающему ситуации отсутствия промежуточного позвонка. При перемещении захватов нагрузка через шарниры передается к блокам, соответствуя направлению осевой нагрузки на позвоночник. Транспедикулярная конструкция при этом подвергается изгибающей нагрузке.

В зависимости от конструкции и материалов, из которых она изготовлена, ее сопротивление действию нагрузок различается. В случае использования стержней из медицинской стали 316L конструкция имеет наиболее высокую жесткость (отношение нагрузки, действующей на блоки, к их перемещению под данной нагрузкой).

При этом необходимо отметить, что уже при небольших перемещениях блоков после разгрузки стержни не возвращаются к своей исходной форме. Титановые стержни такого же диаметра под нагрузкой ведут себя менее жестко и способны упруго изгибаться до более значительных перемещений блоков. Это все связано с различием физико-механических свойств металла.

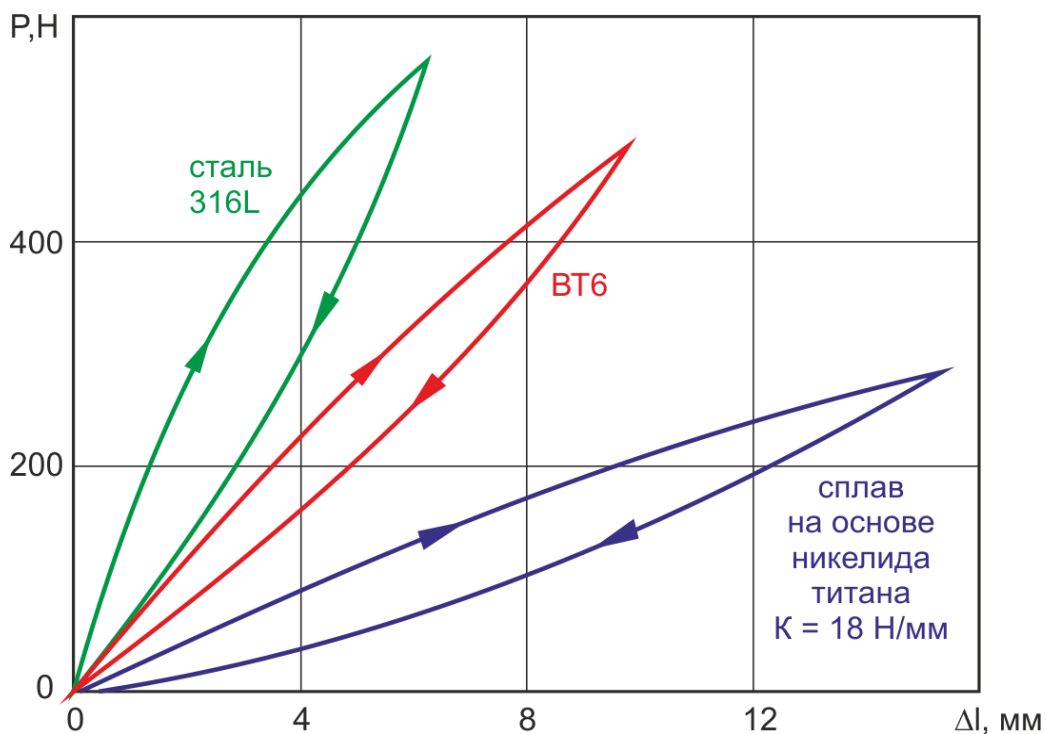


Рисунок 3.1. Статические испытания транспедикулярных конструкций по стандарту ASTM F1717.

Механическое поведение конструкции со стержнями из нитинола отличается от поведения стали и титанового сплава. Во-первых, оно зависит от температуры, при которой испытывается система. При температуре A_K^B (температура активации), которая для медицинских изделий должна быть $35 \pm 1^\circ\text{C}$, аппарат обладает очень низкой жесткостью и способен сверхупруго восстанавливать свою исходную форму при разгрузке после значительного перемещения блоков. То есть при температуре тела человека стержни обеспечивают аппарату динамическую работу при значительном объеме функциональных движений позвоночника. В то же время при температуре M_n , которая для медицинских изделий должна быть $10 \pm 5^\circ\text{C}$, сопротивление аппарата нагрузкам становится меньше примерно в 4 раза, а форма, измененная нагрузкой, сохраняется и после разгрузки. Возвращение к исходной формы стержней происходит только после нагрева выше A_K^B . Это означает, что стержень, охлажденный до температуры 10°C , может быть легко пластически деформирован (руками или специальным инструментом), а после установки конструкции на позвоночник и нагрева до температуры тела человека, он будет стремиться к восстановлению своей исходной формы, и его механическое поведение под нагрузкой, возникающей при этом, будет в 4 раза жестче.

Результаты расчета при использовании упругопластической модели механического поведения материала балок (стержней) показали, что при исправлении деформации позвоночника независимо от материала стержней в них наличествуют пластические деформации.

Стержни с высокой исходной жесткостью, даже при минимальных пластических деформациях обладают значительными остаточными деформациями, в то время как в нитиноловых стержнях, при значительно больших пластических деформациях, остаточные деформации невелики и при разгрузке способны сверхупруго восстановить свою исходную форму.

Анализ значений углов Кобба в деформированном во фронтальной плоскости позвоночнике до и после установки продольных стержней (табл.

3.1) показал, что при больших деформациях позвоночника продольные стержни работают в условиях упругопластической перегрузки и остаточная пластическая деформация, вместе с высоким сопротивлением позвоночника, не позволяют им полностью исправить деформацию позвоночника. Резекция части межпозвонковых дисков и уменьшение жесткости позвоночника также не привело к уменьшению углов Кобба (табл. 3.2) в ходе моделирования.

Таблица 3.1. Углы Кобба при упруго-пластической модели расчета напряженно-деформированного состояния в продольных стержнях.

| | Материал балок | | |
|---|----------------|-------|---------------|
| | сталь | титан | никелид титан |
| Угол Кобба, град | 37 | 39 | 40 |
| Величина изменения угла относительно начального (42°) | 0,12 | 0,071 | 0,048 |

Таблица 3.2. Углы Кобба при упругопластической модели расчета напряженно-деформированного состояния в продольных балках, в случае частичной резекции межпозвонковых дисков.

| | Материал стержней | | |
|---|-------------------|-------|---------------|
| | сталь | титан | никелид титан |
| Угол Кобба, град | 36 | 37 | 39 |
| Величина изменения угла относительно начального (42°) | 0,14 | 0,12 | 0,071 |

Следует учитывать, что максимально возможная коррекция искривленной дуги позвоночника ограничено величиной остаточных деформаций в стержнях. В случае использования балок из стали и титана, величина их разгрузки, как в случае, когда стержни не связаны с

позвоночником, так и в случае моделирования системы стержень-позвоночник, при частичной резекции межпозвонковых дисков, сопоставима.

Таким образом, можно говорить, о том, что величина остаточных деформаций в системах с данными материалами не позволяет получить углы Кобба, приводящие к значительной коррекции сколиотической деформации.

В таблице 3.3 представлены значения углов Кобба, в случае если бы продольные стержни могли разгрузиться на максимальные значения с учетом остаточных деформаций (полное восстановление упругой деформационной составляющей). Эти условия моделируют постоперационную ситуацию, когда сопротивление позвоночника упругому нагружению со стороны балок постепенно уменьшается. Это связано с релаксацией напряжений в костных и связочно-хрящевых структурах позвоночника в течение 1-3 суток, а также перестройкой биологических структур в течение 1-3 месяцев.

Таблица 3.3. Теоретически возможные углы Кобба в результате максимально упруго-возвратной разгрузки стержней

| | Материал стержней | | |
|---|-------------------|-------|---------------|
| | сталь | титан | никелид титан |
| Угол Кобба, град | 36 | 30 | 17 |
| Величина изменения угла относительно начального (42°) | 0,14 | 0,29 | 0,59 |

Углы Кобба при использовании стержней изменяются незначительно, что связано с их работой в пластической области деформации, и неспособностью восстановить свою начальную форму.

В то же время, при использовании стержней из никелида титана величина этого угла значительно уменьшается, что связано с тем, что данные стержни работают в условиях упругой (или сверхупругой) деформации. А значения таблицы 3.4 показывают сравнительный потенциал стержней из никелида титана в области исправления сколиотической деформации

позвоночника.

Расчет напряжений в межпозвоночных дисках, телах позвонков и в элементах креплений стержней показал, что максимальные значения наблюдаются в телах позвонков в верхней части позвоночника в области наибольшего выгиба стержней. В теле позвонка максимальные напряжения сосредотачиваются в области отверстий под крепления транспедикулярных винтов.

Данные расчетов напряжений в элементах модели сведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Расчетные величины напряжений в элементах модели

| Элементы модели | Максимальные эквивалентные напряжения, МПа (мегапаскалей) | | |
|----------------------|---|-------|---------------|
| | сталь | титан | никелид титан |
| стержни | 705 | 851 | 167 |
| тела позвонков | 89,5 | 128 | 55,4 |
| межпозвоночные диски | 0,94 | 1,55 | 0,78 |
| элементы креплений | 1160 | 2340 | 1540 |

В телах позвонков, за исключением случая со стержнями из никелида титана, напряжения превысили уровень прочности и приведут к разрушению позвонка в месте крепления стержня. При использовании стержней из никелида титана максимальные эквивалентные напряжения составляют 55 МПа и с учетом релаксации напряжений не должны приводить к разрушению позвонков.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что наличие пластической деформации в продольных стержнях является ограничивающим фактором работоспособности устройства. В этом случае стержни перестают выполнять свою функцию исправления деформации позвоночника. В то же время стержни из никелида титана можно использовать при больших углах деформации позвоночника, так как из-за

низкой начальной жесткости они остаются в области сверхупругих деформаций.

Низкий модуль упругости стержней из никелида титана является как положительным фактором – даже при больших деформациях балки работают в упругой области, так отрицательным – низкая жесткость не позволяет воспринимать высокие нагрузки и преодолеть сопротивление позвоночника. Установка стержней из никелида титана, обладающих сравнительно низкой жесткостью, не позволяет сразу исправить деформацию в большей степени, но, работая в сверхупругой области деформаций и создавая длительное время разгибающий момент, они, со временем, обеспечат уменьшение угла Кобба, в то время как стержни из других рассмотренных материалов, такого последствия иметь не будут, и угол Кобба с течением времени не уменьшится.

Результаты математического моделирования биотехнической системы позволяют сделать следующий вывод, что система может быть рекомендована больным пожилого возраста (свыше 50 лет) с дегенеративно-дистрофическим сколиозом или деформациями позвоночника в сагиттальной плоскости. В этом случае использование стержней из материала с памятью формы позволяет снизить нагрузку от винтов на костную ткань и уменьшить риск ее резорбции. Таким образом, снижается вероятность развития нестабильности импланта при его установке пациенту со сниженной минеральной плотностью костной ткани.

3.2 Разработка оптимальных форм стержней

Одну из основных требований должно быть предъявлено к форме стержней из нитинола. Это связано с тем, что в отличие от стержней из титановых сплавов коррекция формы конструкции из нитинола в процессе операции практически невозможна. Несмотря на легкость деформации такого

стержня в охлажденном состоянии, при нагреве до температуры тела он стремится вернуться к исходной форме. Поэтому если его форма не отвечает форме позвоночника в сагиттальной плоскости, то стержень будет оказывать силовое воздействие на винт в его осевом направлении. В том случае, если его воздействие направлено кзади, то возникает опасность миграции винта. При этом несоответствие формы стержня и позвоночника во фронтальной плоскости не должно приводить к каким-либо проблемам, так как усилие от стержня направлено перпендикулярно оси винта и приходится на всю площадь винтовой части (длина x диаметр винта), в то время как в сагиттальной плоскости - сопротивление оказывает только образующая резьбы (высота зуба резьбы + периметр окружности винта).

Кроме того, при вкручивании винта во время операции частично разрушаются трабекулы костной ткани, что должно приводить к их растворению и потере способности к сопротивлению усилиям стержня «вытянуть» винт из позвонка. Поэтому конгруэнтность формы стержня и позвоночника в сагиттальной плоскости должна быть максимальной. Причем совпадение форм необходимо иметь в исправленном, то есть близким к нормальному анатомическому состоянию.

Клинические результаты использования динамического транспедикулярного фиксатора (ДТФ) 1-го поколения показали, что основная доля осложнений при использовании нитиноловых стержней связана с неполной конгруэнтностью их формы форме стабилизируемого участка позвоночника. В частности, это выражается в том, что на уровне L4, L3 позвонков стержень имел больший изгиб, чем позвоночник больного, что и приводило к возникновению постоянно действующей силы, направленной на вырывание транспедикулярного винта из костных структур. В результате этого наблюдалась миграция винта кзади и потеря его фиксирующих свойств. Это приводит к развитию нестабильности. Причем это проявляется, как правило, на ранней стадии, в период до 6 месяцев.

Другим видом осложнения, связанным с некогерентностью формы

стержня, является его перелом, связанный с постоянно действующим значительным усилием, дополнительно изгибающим стержень в сагиттальной плоскости. При этом необходимо отметить, что на поверхности стержня, контактирующей с блокирующей гайкой, возникают значительные растягивающие напряжения. Если конфигурация блокирующей гайки не обеспечивает ее хорошее сопряжение со стержнем, то могут возникать дополнительные концентраторы напряжений и «травмирование» балки.

Поэтому на основании проведенного анализа были приняты следующие решения об улучшении конструкции ДТФ:

1. Обеспечение конгруэнтности формы стержня форме нормального позвоночника. Причем адекватность формы должна обеспечиваться по сегментам.
2. Разработка основных типоразмеров стержней, включая не только изгибы, но и соответствующие длины.

Для определения такой формы был осуществлен промер рентгенограмм 86 человек разных половых и возрастных групп, состав которых указан в табл. 3.5.

В исследование включали здоровых людей и больных дегенеративно – дистрофическими заболеваниями, но без деформации позвоночника.

Таблица 3.5. Возрастные и половые группы наблюдений

| Пол | Возраст | | | |
|------|---------|---------|---------|----------|
| | 14-29 | 30 – 49 | 50 – 70 | Более 70 |
| Муж. | 7 | 14 | 12 | 6 |
| Жен. | 9 | 15 | 14 | 9 |

Замеры проводили по предполагаемым точкам введения винтов и закрепления стержней. Определяли расстояние между такими точками (ΔL) и их угловое соотношение (α) (табл. 3.6, рис. 3.2).

Анализ результатов показал, что доверительный интервал в размерах

ПДС и угловых соотношений находится в пределах 1-2 мм и 2-3°, соответственно. Поэтому при использовании балок с шагом по длине ± 5 мм и полиаксиальных винтов с углом отклонения оси $\pm 12^\circ$ различие в размерах легко компенсируется конструкцией. Однако при включении в стабилизацию более 4 ПДС отклонения в размерах и углах может накапливаться и приводить к значительному несоответствию формы стержней и позвоночника.

Таблица 3.6. Линейные и угловые размеры позвоночно-двигательных сегментов.

| Возрастная группа, лет | Пол | Позвоночно-двигательный сегмент A/α , мм/ $^\circ$ | | | | |
|------------------------|------|---|-----------|----------|----------|-----------|
| | | S1 – L5 | L5 – L4 | L4 – L3 | L3 – L2 | L2 – L1 |
| 14 – 29 | Муж. | 20,1/21,8 | 27,5/15,4 | 29,0/4,0 | 29,1/2,0 | 30,1/1,1 |
| | Жен. | 18,2/24,1 | 26,3/16,5 | 28,3/3,9 | 28,7/2,1 | 29,2/0 |
| 30 – 49 | Муж. | 21,0/22,5 | 28,1/16,1 | 29,1/3,5 | 30,1/2,0 | 30,4/0,5 |
| | Жен. | 19,5/23,7 | 27,2/16,8 | 28,7/3,8 | 29,5/2,2 | 30,0/0,3 |
| 50 – 70 | Муж. | 20,1/23,0 | 27,7/15,2 | 28,5/3,0 | 29,5/1,5 | 30,1//0,5 |
| | Жен. | 19,1/25,1 | 27,1/14,7 | 28,1/2,9 | 28,2/1,2 | 29,5/0,7 |
| Более 70 | Муж. | 20,0/22,7 | 27,4/13,1 | 28,3/3,1 | 28,6/1,3 | 28,8/0,5 |
| | Жен. | 19,0/25,2 | 26,8/13,6 | 27,5/2,7 | 27,4/1,0 | 27,6/0,2 |

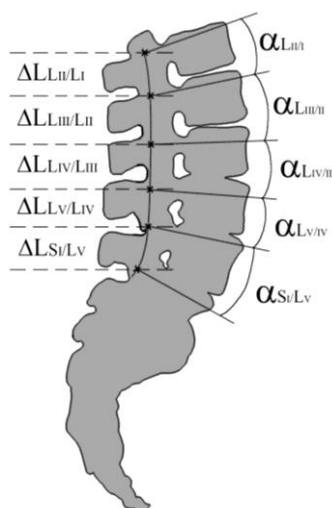


Рисунок 3.2. Схема определения геометрии позвоночно-двигательных сегментов, где x – точки введения винтов;
 α – угол соответствующего сегмента;
 ΔL – расстояние между точками введения винтов соответствующего сегмента.

Поэтому необходимо определить частоту использования транспедикулярных фиксаторов для стабилизации конкретных ПДС.

Был проанализирован пятилетний опыт применения металлоконструкций при лечении дегенеративно – дистрофических заболеваний и деформаций позвоночника (N=142) в отделении патологии позвоночника ЦИТО им. Н.Н. Приорова (табл. 3.7).

Таблица 3.7. Частотные характеристики стабилизированных участков позвоночника.

| | Количество фиксированных ПДС | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|
| | 2 | | | 3 | | | | | |
| Уровни | S1 – L5 | L5 – L4 | L4 – L3 | S1 – L4 | L4 – L3 | L3 – L2 | L2 – L1 | | |
| Количество наблюдений | 28 | 28 | 2 | 59 | 24 | - | 1 | | |
| | Количество фиксированных ПДС | | | | | | | | |
| | 4 | | | 5 | | | 6 | | |
| Уровни | S1 – L3 | L5 – L2 | L4 – L1 | S1 – L2 | L5 – L1 | L4 – Th12 | S1 – L1 | L1 – Th12 | L4 – Th11 |
| Количество наблюдений | 20 | 16 | - | 7 | 14 | - | 5 | 6 | 2 |
| | Количество фиксированных ПДС | | | | | | | | |
| | 7 | | | 8 | | | | | |
| Уровни | S1 – Th12 | L5 – Th11 | L4 – Th10 | S1 – Th11 | L5 – Th10 | L4 – Th12 | | | |
| Количество наблюдений | 3 | 4 | - | 3 | 2 | - | | | |

В случаях сколиозов стабилизация происходит, начиная с 5 уровней, используя в качестве исходного S1 и L5, и заканчивается на L1, то есть охватывается поясничный отдел позвоночника. Окончание стабилизации на

Th12 и Th11 используется реже.

Следующая часто используемая фиксация при сколиозе охватывает уровни S1 – Th10 и L5 – Th10. И, наконец, полная стабилизация позвоночника, охватывающая поясничный и грудной отдел включает в себя S1 – Th2 и L5 – Th2.

Таким образом, в 95% случаев необходимо иметь как минимум 9 типоразмеров стержней с длиной и формой, отвечающим средним размерам позвоночника для указанных выше отделов (рис. 3.3).

Рассмотрим вариабельность этих типоразмеров. Для двух уровней размер точек крепления балок может изменяться от 22 до 32 мм. С учетом места для крепления головки транспедикулярных винтов длина стержня может изменяться в пределах от 40 до 50 мм. При этом углы между направлениями введения винтов находятся в пределах от 0 (для уровней L3 – L4, L3 – L2, L2 – L1) до 40° для уровня S1 – L5. С учетом использования полиаксиальных винтов, которые могут компенсировать до 24° (винт стандартной конструкции позволяет отклонять резьбовую часть на угол не менее 12°). Поэтому изгиб стержня на средний угол в 20° обеспечивает возможность его применения на всех уровнях. Для трех уровней, которые в подавляющем большинстве случаев ограничены S1 – L4 и L5 – L3, суммарный угол изгиба стержня меняется от 45 до 15° и не может быть компенсирован полиаксиальностью винтов. Поэтому необходимо как минимум два типоразмера под соответствующие фиксации с суммарным углом в 40 и 15°. Причем изменение изгиба стержня должно быть не равномерным, а максимальным в одной половине (25 или 15°) и минимальным (15 или 0°) в другой. В редких случаях стабилизации на 3 уровнях от L3 до L1 можно использовать прямой стержень, а незначительные изгибы позвоночника (суммарно до 10°) компенсируются полиаксиальными винтами. Длина стержня для стабилизации 3 уровней изменяется от 70 до 80 мм для ПДС от S1 до L4.

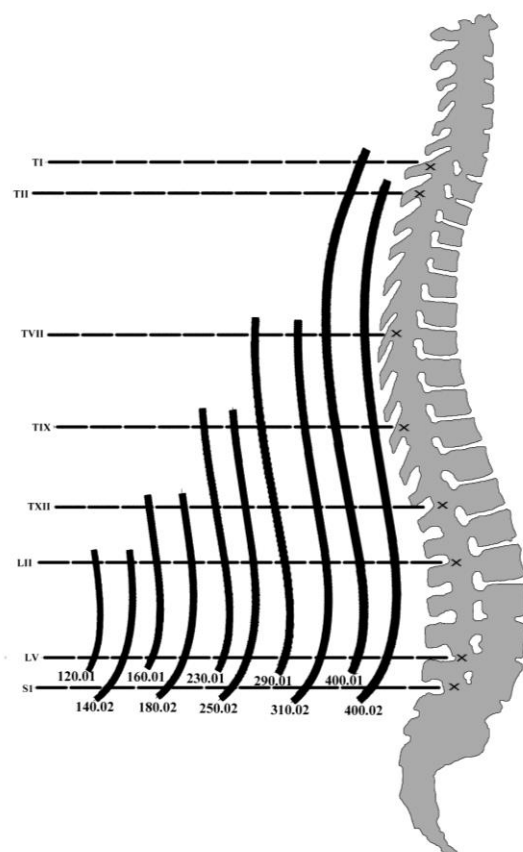


Рисунок 3.3. Основные типоразмеры стержней из титанола

При использовании металлоконструкций на 4 и 5 уровнях фиксация всегда начинается от S1 или L5. В этом случае основной изгиб приходится на 3 и 2 нижних уровня, соответственно. Далее стержень остается прямым в соответствии с формой позвоночника. Поэтому если достигается коррекция стержня и позвоночника на уровнях S1 – L4, то на более высоких уровнях (вплоть до T10) несоответствий не должно быть.

3.3 Разработка методики применения динамической спинальной системы

Эта задача требует решения двух основных вопросов: уточнения показаний к применению и отработка техники установки металлоконструкции и методов реабилитации больного.

Показания к применению спинальной динамической системы (СДС) должны основываться на особенностях характеристик работоспособности металлоконструкции со стержнями из нитинола. Как показали расчеты методом математического моделирования (см. п. 3.1), использование динамических стержней позволяет снизить напряжения на костную ткань, возникающие от усилий, передаваемых от транспедикулярных винтов при функциональных движениях больного. Следовательно, снижается риск резорбции костной ткани, и появление нестабильности винтов даже в случаях снижения механических свойств кости в результате развития остеопороза. Поэтому одним из перспективных направлений применения СДС является хирургическая коррекция дегенеративных деформаций позвоночника, наблюдаемых, как правило, у больных пожилого возраста на фоне развития остеопороза.

Основным условием для эффективного использования СДС является адекватность формы стержней и позвоночника в сагиттальной плоскости, рассмотренная в п. 3.2. Это связано с возможностью развития значительных усилий вдоль оси винта, которые могут привести к его миграции кзади в остеопорозной кости. Если стержень конгруэнтен позвоночнику в сагиттальной плоскости, то усилия исправления деформации во фронтальной плоскости не должны увеличивать риск миграции винтов.

Другой важной особенностью СДС является низкая жесткость, которая позволяет стабилизированному участку позвоночника сохранить необходимую подвижность при функциональных нагрузках и избежать развития синдрома «смежного сегмента».

Особенности установки СДС определяются использованием стержней из материала с эффектом памяти формы. Остановимся на этом более подробно. На первом этапе установки стержней необходимо определиться с выбором их типоразмера. Это лучше всего осуществлять на предоперационном планировании по результатам рентгеновского анализа. Во-первых, требуется определиться с участком позвоночника, который будет

стабилизирован СДС. Как правило, он включает в себя пояснично-крестцовый отдел, а также нижнегрудной и верхнегрудной отделы. В зависимости от вида и степени деформации решаются вопросы мест введения фиксирующих элементов (транспедикулярных винтов, крюков) и их типоразмер (моно- или полиаксиальные винты, диаметр и длина резьбовой части винтов). Это проводится по результатам компьютерной томографии по размерам костных структур (диаметру корня дужки, величине тела позвонка и прочее) и выбранного места и направления введения винтов. Далее требуется определить типоразмер стержня. Для этого определяется каудальная точка введения винтов. В большинстве случаев, как правило, это либо S1, либо L5. В соответствии с этим производится выбор варианта стержня с обозначением O2, имеющего значительный изгиб для фиксации, начиная с S1, или O1 с меньшим изгибом для поясничного отдела, начиная с L5.

Длина стержня выбирается из планируемого положения крайних краниально расположенных фиксирующих элементов. При этом необходимо учитывать длину позвоночника между крайними точками фиксации с учетом его деформации. Для этого лучше использовать линию остистых отростков позвонков. К полученной по результатам компьютерной томографии длине стержня необходимо прибавить примерно 20-30 мм для его крепления в крайних точках фиксации.

При необходимости длина стержня может быть уменьшена с помощью специальных кусачек. Уменьшение длины должно выполняться с краниальной стороны стержня.

В процессе операции стержень выбранного типоразмера охлаждается в стерильном физиологическом растворе с температурой 5-10°C. Для этого емкость с раствором помещается не менее чем за 4 часа до операции в холодильную камеру. Стержень извлекается из упаковки и охлаждается в холодном растворе не менее одной минуты. После этого он захватывается держателем примерно в середине и так, чтобы держатель был

перпендикулярен плоскости изгибов стержня. Стержень изгибается во фронтальной плоскости специальным инструментом так, чтобы соответствовать деформации позвоночника и положению головок фиксирующих элементов. Изгиб стержня необходимо распределять по максимально возможной длине, стараясь избежать концентрации деформации в какой-либо точке.

Желательно начинать установку стержня со стороны выпуклой деформации позвоночника. В этом случае требуется меньшая степень изгиба стержня. Крепление стержня к фиксирующим элементам должно начинаться как можно ближе к середине. Гайки фиксирующих элементов наживляются, но не затягиваются. Стержень последовательно от середины к концам соединяется с фиксирующими элементами. Необходимо следить, чтобы плоскость исходных изгибов стержня совпадала с сагиттальной плоскостью позвоночника. Для этого на конце стержня устанавливается ключ балки, нижняя часть которого располагается в плоскости исходных изгибов стержня.

После наживления всех фиксирующих элементов проводится предварительная затяжка гайки винта, расположенного ближе к середине стержня. Стержень орошается теплым (40-45°C) стерильным физиологическим раствором из шприца по всей длине. Необходимо орошать стержень до тех пор, пока его температура не превысит температуру тела (37-38°C). При этом стержень должен стремиться вернуть исходную форму и частично устранить деформацию позвоночника.

Необходимо следить за возможностью движения стержня в головках фиксирующих элементов с наживленными гайками и контролировать соответствие плоскости исходных изгибов стержня сагиттальной плоскости позвоночника.

После орошения стержня гайки фиксирующих элементов предварительно затягивают с небольшим усилием и приступают к установке второго стержня. Его установку осуществляют аналогично первому. К

моменту нагрева стержня теплым раствором необходимо ослабить крепление гаек фиксирующих элементов (кроме расположенного посередине) первого стержня.

После установки и нагрева стержней их предварительно затягивают гайками фиксирующих элементов и проводят коррекцию расстояния между головками винтов и крюков. После выполнения этих манипуляций осуществляется окончательная затяжка гаек фиксирующих элементов.

Проведенный анализ конструкции и характеристик работоспособности динамического аппарата для исправления сколиотической деформации показал:

- его применение по сравнению с традиционными системами более эффективно у больных пожилого возраста. Это обеспечивается меньшей ригидностью стержней из нитинола по сравнению с титановыми сплавами;

- надежность и безотказность динамического аппарата во многом определяется конгруэнтностью формы стержней и позвоночника в исправленном состоянии. Анализ рентгенограмм пациентов различного возраста позволил определить среднестатистическую форму стержней, обеспечивающую необходимую нагруженность по всей длине пояснично-крестцового и грудного отделов не менее 87% случаев наблюдения. При более коротких фиксациях в пояснично-крестцовом отделе совпадение формы стержней и позвоночника обеспечивается в 95 % случаев;

- для того, чтобы не происходила избыточная деформация стержней из нитинола их установка должна производиться с выпуклой стороны деформации позвоночника. Это позволяет провести частичное устранение деформации перед установкой второго стержня с вогнутой стороны деформации;

- при установке стержней необходимо их фиксацию в головных винтах начинать ближе к середине, чтобы дать возможность их взаимного перемещения в других точках при восстановлении формы стержней в процессе нагрева теплым стерильным раствором. Необходимо соблюдать

строгое соответствие плоскости исходных изгибов стержня сагиттальной плоскости больного.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ СОБСТВЕННОГО МАТЕРИАЛА

4.1 Первичный дегенеративный сколиоз de novo (adult degenerative scoliosis – ADS)

ADS – это искривление позвоночника, которое диагностируется у взрослых пациентов после созревания скелета с углом деформации по Cobb более 10° во фронтальной плоскости.

В нашем исследовании диагноз первичный дегенеративный сколиоз был поставлен 72 пациентам (60%). В 1 группе - 35 человек (63,6%), во 2 группе – 37 больных (56,9%).

Патоморфологические причины сколиоза de novo.

В основе патоморфологии данной формы сколиоза лежит дегенерация межпозвонкового диска и фасеточных суставов. Первичная кривизна является дискогенной, учитывая, что в основе лежит результат асимметричной дегенерации межпозвонкового диска. Также немаловажную роль в развитии деформации играет чаще асимметричная дегенерация фасеточных суставов, спондилолиз и спондилоартроз и результат склероза и последующего разрушения замыкательных пластин тел позвонков. Асимметричность поражения ведет к асимметричной нагрузке на позвоночно-двигательный сегмент, и в целом на заинтересованный отдел позвоночника. Что в свою очередь приводит к усугублению асимметрии позвоночных структур, задействованных в патофизиологии позвоночника. Тем самым создается порочный круг, который приводит со временем к увеличению угла деформации (рис. 4.1)

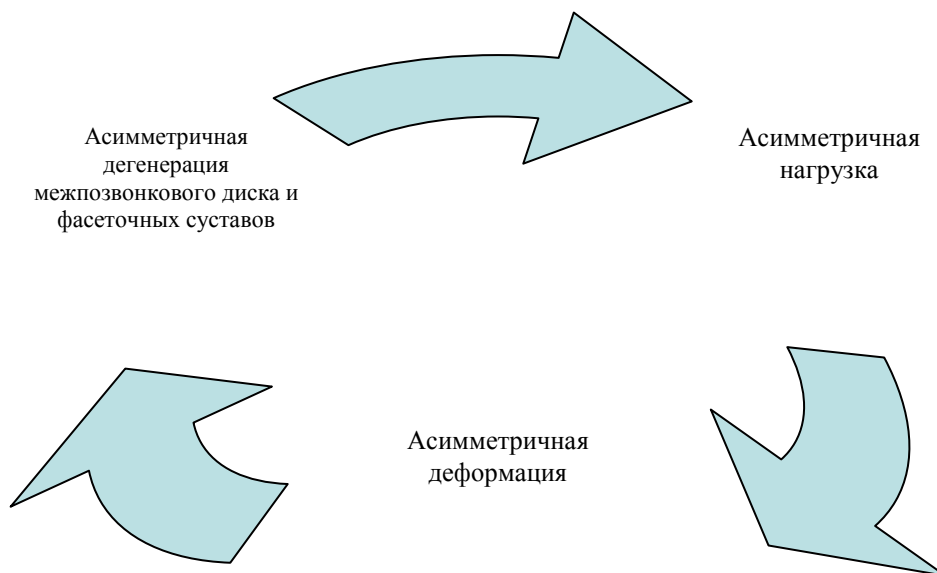


Рисунок 4.1. Патоморфология развития ADS.

«Разрушение» межпозвонковых дисков, суставных отростков и капсульно-связочного аппарата при дегенеративных изменениях ведет к формированию одно- или мультисегментарной нестабильности как в сагиттальной плоскости, так и во фронтальной. Это может выражаться не только спондилолистезом (анте-, ретро- и латеролистезом), который встречается в 55% случаев по данным литературы), но и приводит к трансляции позвонка, что выражается в его ротации (выявлена от 13% до 34% случаев по данным литературы) (D. Perennou, 1994; Pritchett J.W., 1993). Возрастные изменения вызывают так называемые «дегенеративные миопатии», которые представляют собой саркопению паравертебральных мышечных волокон, приводящие к потере баланса позвоночника и формированию кифотической деформации (сагиттальный дисбаланс) (Murata Y., 2002). Повторяющиеся скручивающие нагрузки постепенно провоцируют ротационные изменения задних структур позвонка, что приводит к формированию трехплоскостных деформаций (Benoist M., 2003; Veldhuizen A.G., 1987). Все это усугубляется на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани.

Анализируя все вышесказанное, можно сделать вывод, что фактором

риска развития первичного дегенеративного сколиоза являются боковые костные разрастания в виде остеофитов более чем на 5 мм и асимметричный наклон дискового пространства более чем на 3 мм (Kobayashi T., 2006).

Дегенеративные изменения в межпозвонковом диске и в капсульно-связочном аппарате позвоночника приводят к формированию стеноза. Причинами стеноза являются краевые остеофиты фасеток дугоотростчатых суставов (спондилоартрит), спондилез, гипертрофия и кальциноз желтой связки, также ключевую роль играет выраженная нестабильность ПДС.

Учитывая, что первичный дегенеративный сколиоз развивается на фоне дегенеративно-дистрофических процессов в структурах позвонка, а чаще всего эти процессы встречаются в поясничном отделе позвоночника, то и локализация преимущественно в данном отделе.

Клиническая картина.

Наиболее частой клинической проблемой являются жалобы пациентов на нарушение походки и боль в ноге. Выраженные неврологические расстройства, перемежающаяся хромота являются результатом стеноза позвоночного канала и прогрессией деформации позвоночника как во фронтальной, так и в сагиттальной плоскостях. Поясничный стеноз представляет собой патологическое состояние, при котором нервные элементы компремированы костными и мягкоткаными структурами, что приводит к их ишемии (Garfin S.R., 2001). Выделяют несколько типов стенозов: центральный, фораминальный и латеральный. При центральном стенозе преобладают симптомы нейрогенной хромоты, при остальных – радикулопатии (Sengupta D.K., 2003). При формировании стеноза на вершине деформации, как правило, болевой синдром в поясничной области и в нижней конечности исчезает, и развивается нейрогенная хромота.

Вторым важным симптомом при дегенеративном сколиозе является боль в области поясничного отдела позвоночника. Болевой синдром чаще локализуется либо с вогнутой стороны деформации, либо на ее вершине.

Боль в пояснице складывается из двух факторов: артроз дугоотростчатых суставов и дегенеративные изменения диска, с одной стороны, и мышечного компонента боли с другой. Отличительной особенностью больных с первичным дегенеративным сколиозом являются нейрогенные боли, то есть боли, возникающие из-за развития дегенеративно-дистрофических процессов. Болевой синдром возникает при меньших углах деформации во фронтальной плоскости, но при наличии латеролистезов и ротационных изменений. Боковое смещение позвонков является важным прогностическим фактором в формировании болевого синдрома (Kostuik J., 1997), также, как и сагиттальный дисбаланс (Li F.C., 2013; Schwab F.J., 2002).

Третьим важным клиническим проявлением является клиника поражения конуса и/или эпиконуса, что выражается в нарушении функции тазовых органов. Все это приводит к неврологическому дефициту, который может нарастать при увеличении сколиотической дуги и развитии нестабильности в позвоночно-двигательном сегменте.

Лучевая характеристика.

Основным методом лучевой диагностики в постановке данного диагноза является рентгенография позвоночника в двух проекциях (прямая, боковая) с функциональными снимками.

Рентгенограммы проводились как в положении стоя, так и лежа. В положении стоя были выполнены рентгенограммы заинтересованного отдела позвоночника в прямой и боковой проекциях, а также функциональные снимки (в боковой проекции при максимальном сгибании и разгибании), в положении лежа - только в прямой проекции (рис. 4.2).

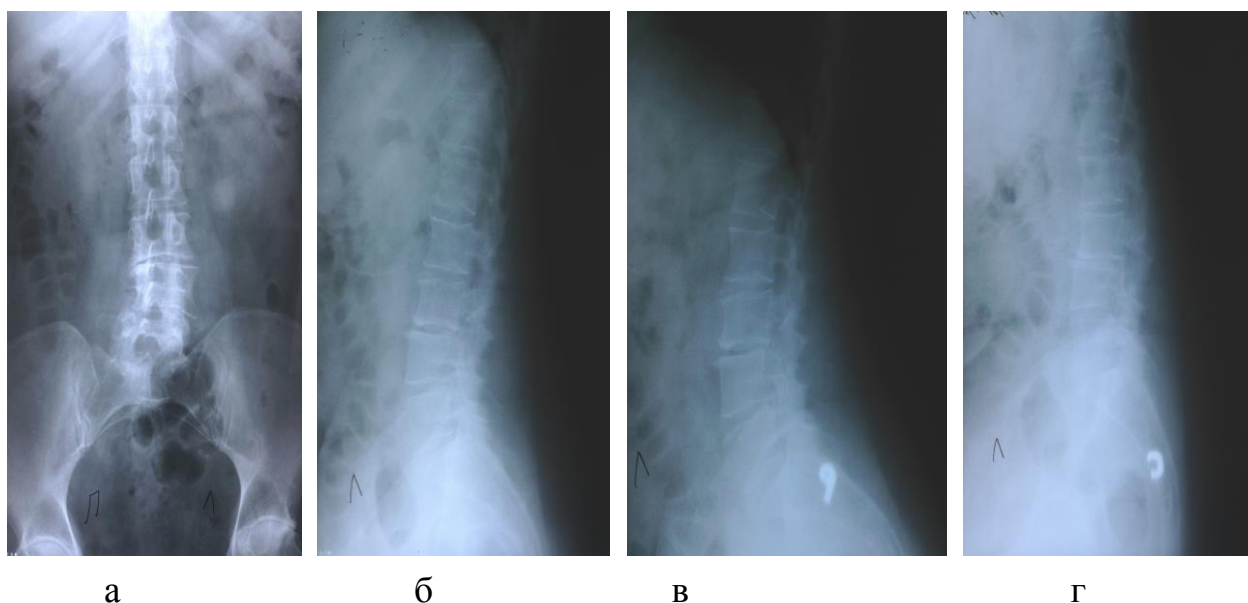


Рисунок 4.2 Пациентка Л, 55 лет. Ds: Левосторонний поясничный сколиоз (de novo). Рентгенограммы в прямой (а), боковой (б) проекциях, функциональные рентгенограммы (в, г).

Проанализировав рентгенограммы пациентов, было выявлено несколько особенностей.

Дуга искривления при первичном дегенеративном сколиозе представляет собой локальное искривление с отсутствием противодуги преимущественно в поясничном отделе позвоночника. Локальное искривление формируется за счет смещения позвонков относительно друг друга. Смещение позвонков чаще вызвано латеролистезом, в меньшей степени анте- и ретролистезами. Все это дает право утверждать, что при сколиозе de novo отсутствует классическая дуга и степень искривления имеет меньшие величины. Деформация относительно ригидна, то есть угол деформации не изменяется при вертикальном и горизонтальном положении тела.

Что касается вовлеченных в патологический процесс позвонков, то это чаще локальные искривления.

Также пациентам были выполнены рентгенограммы всего позвоночного столба с захватом головок бедренных костей для оценки позвоночно-тазовых соотношений. У всех 72 пациентов был выявлен

сагиттальный дисбаланс.

Следующий метод диагностики, который мы применяли, была магнитно-резонансная томография. По данному исследованию определяли наличие, степень и положение сужения позвоночного канала, а также – гипертрофию и другие патологические изменения структур, непосредственно отвечающие за стенозирование позвоночного канала.

Стеноз позвоночного канала был выявлен у всех пациентов с диагнозом первичный дегенеративный сколиоз. Степень стеноза С по C.Schizas и N.Theumann была выявлена у 42 человек (58,3%), степень D – 30 больных (41,7%).

Всем пациентам в ходе предоперационной подготовки также была выполнена компьютерная томография для уточнения взаимоотношения позвонков заинтересованного отдела, выявления аномалий развития, а также для косвенного определения минеральной плотности костной ткани пациентов. Аномалий развития выявлено не было ни у одного пациента, признаки спондилолистеза были выявлены у 72 пациентов.

Следующий метод лучевой диагностики – это рентген-денситометрия. Данный метод будет более подробно изложен в следующей главе.

4.2 Возрастной идиопатический сколиоз (adolescent idiopathic scoliosis – AIS)

AIS – это искривление позвоночника, которое диагностируется в подростковом возрасте с дальнейшей прогрессией во взрослой жизни.

В нашем исследовании диагноз возрастной идиопатический сколиоз был поставлен 48 пациентам (40%). В 1 группе - 20 человек (41,6%), во 2 группе – 28 больных (58,4%).

Патоморфологические причины возрастного идиопатического сколиоза.

В основе патоморфологии данной формы сколиоза лежит несколько теорий: диспластическая, неврологическая, генетическая и теория об аномалии соединительной ткани. В результате в подростковом возрасте у пациентов формируется прогрессирующая сколиотическая дуга, которая завершает свое увеличение с окончанием созревания костной системы. В дальнейшем данная патология не беспокоит больных. Однако с инволютивными изменениями в костно-мышечной системе сколиотическая дуга вновь начинает прогрессировать. Это все связано с дегенеративно-дистрофическими проявлениями в структурах позвоночника, а также с нарушением кальциево-фосфорного обмена, то есть с признаками остеопороза. В патогенезе данного заболевания первичную роль играет деформированный позвоночник, который на фоне вторичных дегенеративных изменений начинает прогрессировать.

Клиническая картина.

Основные жалобы при данной патологии — это болевой синдром в грудопоясничном отделе позвоночника, быстрая утомляемость, слабость мышц спины. Все эти жалобы взаимосвязаны.

Болевой синдром при возрастном идиопатическом сколиозе состоит из двух составляющих: мышечный компонент и атроз дугоотростчатых суставов.

Однако в клинической картине данного вида сколиоза основную роль играет мышечный компонент. Мышечный компонент боли возникает из-за асимметрии работы паравертебральных мышц, вследствие дуги искривления. При постоянной нагрузке мышечные волокна перегружаются, что способствует нарушению биомеханики позвоночного столба. Чаще это наблюдается при сглаживании поясничного лордоза. Мышечный компонент боли имеет разлитой характер, распределяется по всему поясничному отделу позвоночника. Беспокоит пациента только в вертикальном положении (стоя)

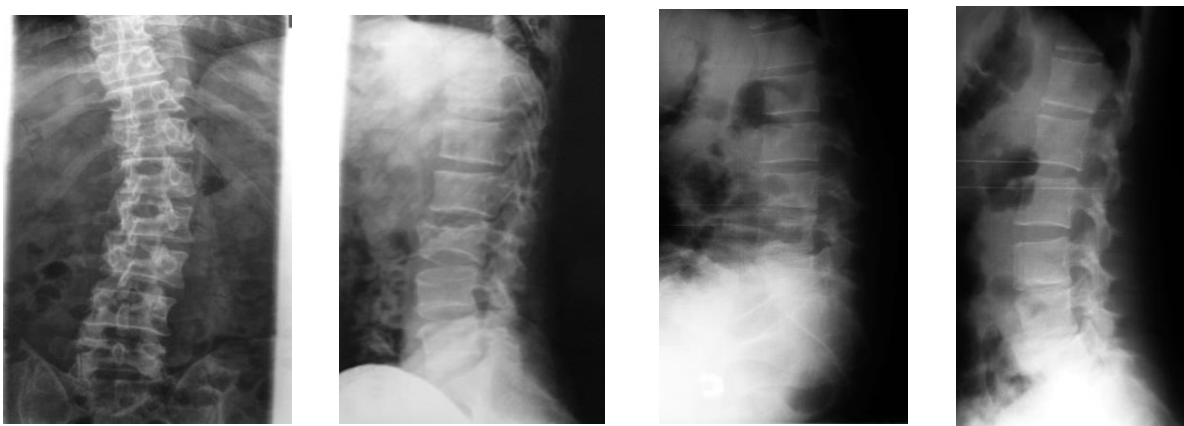
или в положении сидя, так называемая «аксиальная» боль. Периодически болевой синдром возникает только при движении или физической активности, что указывает на механическую нестабильность в позвоночно-двигательном сегменте. Чаще при горизонтальном положении пациенты отмечают уменьшение или полное отсутствие болевого синдрома.

И в меньшей степени пациенты предъявляют жалобы на боли в нижних конечностях. Корешковая симптоматика наименее характерна при возрастном идиопатическом сколиозе, однако на фоне вторичных дегенеративных изменений может проявляться болями в одной или обеих нижних конечностях. Чаще данный болевой синдром возникает на выпуклой стороне деформации вследствие перерастяжения корешков.

Лучевая характеристика.

Основным методом лучевой диагностики в постановке данного диагноза также является рентгенография позвоночника в двух проекциях (прямая, боковая) с функциональными снимками.

Рентгенограммы были выполнены в таком же положении и в таких же проекциях, что и при разборе предыдущего заболевания (рис.4.3).



а

б

в

г

Рисунок 4.3 Пациентка Е., 65 лет. Ds: Левосторонний поясничный сколиоз (возрастной идиопатический). Рентгенограммы в прямой (а), боковой (б) проекциях, функциональные рентгенограммы (в, г).

Оценив рентгенограммы пациентов, мы выявили следующие закономерности.

Дуга искривления представляет собой классическую дугу. Чаще с вершиной на уровне 1 и 2 поясничного позвонков, периодически с вовлечением и нижнегрудных позвонков. Дуга пологая, более протяженная, чем при первичном дегенеративном сколиозе, имеется противодуга. Локализация дуги практически всегда в грудном отделе.

Также пациентам были выполнены рентгенограммы позвоночника с захватом головок бедренных костей для оценки позвоночно-тазовых соотношений. У 18 (37,5%) пациентов был выявлен сагиттальный дисбаланс.

Также были проведены МРТ исследования, по данным которых только у 18 (37,5%) пациентов был выявлен стеноз позвоночного канала. Степень стеноза соответствовала уровню С по классификации С. Schizas и N. Theumann.

В плане предоперационной подготовки была выполнена компьютерная томография для уточнений отсутствия аномалий костной системы позвоночника. По данным КТ-исследований аномалий было не выявлено.

Следующий метод лучевой диагностики – это рентген-денситометрия. Данный метод будет более подробно изложен в следующей главе.

Таким образом, резюмируя данный раздел, хочется остановиться на особенностях каждого вида сколиоза.

Первичный дегенеративный сколиоз:

- в патоморфологии основную роль играют дегенеративно-дистрофические проявления;
- в клинической картине главенствующую позицию занимает неврологическая симптоматика (нейрогенная хромота, корешковые боли) и нейрогенный болевой синдром;
- по методам лучевой диагностики: это локальное искривление, не имеющие противодуги, с сагиттальным дисбалансом;
- дуга искривления представляет собой чаще смещение позвонка (анте-, ретро- и латеролистез) с меньшей степенью искривления;
- локализация дуги преимущественно в поясничном отделе

позвоночника;

- стеноз позвоночного канала наиболее выражен и возникает за счет дегенеративных изменений костных и капсульно-связочных структур.

Возрастной идиопатический сколиоз:

- первичную роль в патогенезе играет дуга искривления, сформированная в подростковом возрасте;

- в клинической картине превалирует мышечный компонент болевого синдрома;

- по методам лучевой диагностики: это многоуровневое искривление с противодугой, однако нарушения сагиттального дисбаланса практически не наблюдается;

- сколиотическая дуга представляет собой классическую дугу с большей степенью искривления;

- локализация дуги преимущественно в грудном отделе позвоночника;

- стеноз позвоночного канала наименее выражен и возникает за счет вторичных дегенеративных изменений костных и капсульно-связочных структур.

4.3 Состояние минеральной плотности костной ткани у больных с поясничным сколиозом взрослых

В настоящее время все чаще ставится диагноз «системный остеопороз».

Остеопороз - метаболическое заболевание костной системы, которое характеризуется снижением костной массы в единице объема и нарушением микроархитектоники кости, приводящими к повышению хрупкости костей и увеличению риска переломов. По данным НЦАГиП РАМН (2008 г.) частота первичного остеопороза в развитых странах составляет 25-40%. Остеопорозом страдает приблизительно 30% женщин и еще почти 50%

женщин имеют низкую костную массу шейки бедра, позвоночника или костей дистального отдела предплечья, то есть высокий риск развития заболевания (Castelo-Branco С., 2004, Melton L.J., 2004). Вследствие остеопороза в США ежегодно происходит 1,3 млн. переломов, в том числе 500 000 переломов тел позвонков и 24 000 переломов шейки бедра (Melton L.J., 2004). Частота переломов, тяжесть осложнений, экономические потери, связанные с остеопорозом, огромны, и с каждым годом имеют тенденцию к увеличению.

Остеопороз - медленно развивающееся заболевание с длительным латентным периодом. Зачастую диагноз ставится только при проявлении клинических признаков снижения минеральной плотности костной ткани. Чаще всего это: компрессионные переломы тел позвонков, перелом шейки бедренной кости и переломы других костей скелета. Все переломы происходят в условиях низкоэнергетической травмы или на фоне полного благополучия (переломы позвонков).

В условиях современных методов лечения в травматологии и ортопедии также необходимо учитывать минеральную плотность костной ткани. В связи с развитием остеосинтеза при хирургии переломов, эндопротезирования при артрозах суставов, а также постановка металлоконструкции при различных заболеваниях позвоночника стал очень остро вопрос о необходимости сохранения металлоконструкции на длительный период. В условиях остеопороза чаще всего возникает нестабильность металлоконструкции, что приводит к ревизионным операциям.

Факторы риска и патогенез.

Развитие остеопороза прямо связано со снижением костной массы и соответственно минеральной плотности костной ткани (МПКТ), определяющей прочность кости и ее устойчивость к чрезмерному физическому воздействию. Костная масса нарастает приблизительно до 25

лет и затем остается неизменной в течение длительного возрастного периода. Однако в период старения резорбция начинает превалировать над синтезом костной ткани, что как раз и обуславливает уменьшение костной массы.

В настоящее время считается, что уровень костной массы в пожилом возрасте и риск развития остеопороза, в равной степени зависит от двух факторов - массы кости, сформированной в детском и подростковом периодах (так называемой пиковой костной массы), и скорости ее потери в процессе старения (Древаль А.В., Марченкова Л.А., Мылов Н.М. и соавт. 1999). На величину пиковой массы влияют: генетический фактор, уровень физической активности, пищевой фактор, особенно адекватное потребление кальция, витамина D и белка. Однако со временем происходит потеря костной массы. Потеря в первую очередь потенцируется недостатком половых гормонов (менопауза естественная или искусственная, гипогонадизм), возрастными изменениями, с которыми связано ослабление абсорбции кальция в желудочно-кишечном тракте за счет уменьшения синтеза витамина D. Еще одним фактором риска развития остеопороза или остеопении являются хронические заболевания и прием гормональной терапии. В итоге все это приводит к снижению минеральной плотности костной ткани (МПКТ), следовательно, и к высокому фактору риска получения перелома и нестабильности металлоконструкции в послеоперационном периоде. Следует учесть, что снижение МПКТ влияет и на формирование сколиотической дуги. При первичном дегенеративном сколиозе на фоне дегенеративно-дистрофических процессов происходит формирование сколиотической дуги. Учитывая нарушение минеральной плотности костной ткани, дуга искривления больше прогрессирует из-за более выраженного смещения позвонка. Что касается возрастного идиопатического сколиоза, то только за счет дегенеративно-дистрофических проявлений и снижения МПКТ сколиотическая дуга начинает прогрессировать.

В вертебрологии крайне важен показатель состояния костной ткани,

так как большая часть операций в настоящее время проводится с установкой металлоконструкций.

Результаты исследования.

Диагностика остеопороза основана на количественном исследовании МПКТ путем остеоденситометрии.

Рентген - денситометрия – метод определения минеральной плотности костной ткани, применяемый для измерения в ней содержания кальция, основного структурного элемента кости. При выполнении рентген-денситометрии захватывали проксимальный отдел бедра, а также поясничные позвонки, которые не входили в структуру сколиотической дуги. В нашем исследовании все 120 человек были дообследованы на остеопороз.

Изменения минеральной плотности костной ткани интерпретировались согласно рекомендациям ВОЗ (1994) по уровню T – критерия в связи с возрастной группой. T – критерий: количество стандартных отклонений выше и ниже среднего показателя пика костной массы. Данный критерий обратно пропорционален относительно возраста пациента. Параллельно увеличению возраста критерий уменьшается, что связано с постепенным снижением костной массы. Так, показатели минеральной плотности T - критерия до (-1) стандартного отклонения от пиковой костной массы считаются нормальными. При явлениях остеопении T - критерий варьирует от (-1) до (-2,4). Показатель T - критерия от (-2.5) и ниже свидетельствует об остеопорозе (рис. 4.4).

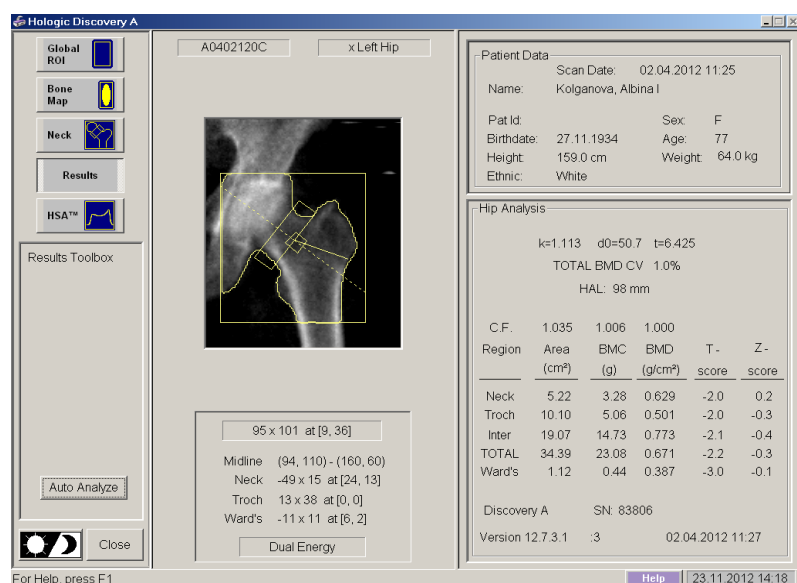
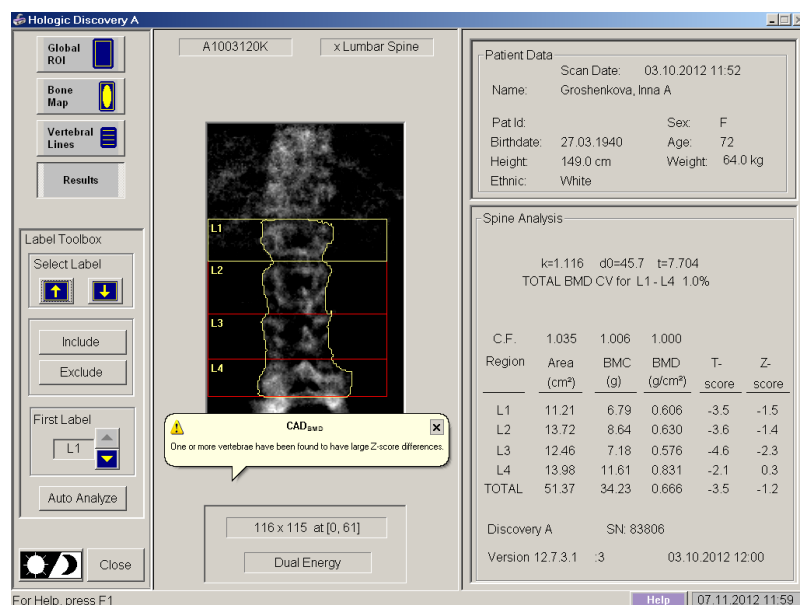


Рисунок 4.4. Результаты рентген-денситометрии.

По данным рентген-денситометрии у 40 пациентов Т-критерий варьировал от (-1,5) до (-2,4), по 20 человек в 1 и 2 группе. Данное значение критерия входило в средние границы показаний, что соответствовало остеопении. У 80 человек Т- критерий находился в диапазоне от (-2,5) до (-3,8). Распределение по группам было следующим: 35 человек (63,6%) в 1 группе и 45 больных (69,2%) во 2 группе соответственно.

После выполнения рентген-денситометрии пациенты с Т-критерием, находившимся в диапазоне резкого снижения минеральной плотности костной ткани, что соответствовало остеопорозу, были лабораторно

дообследованы на содержания кальция и витамина D.

У 80 пациентов был произведен забор крови и мочи. В крови оценивались следующие показатели: кальций общий (Ca), кальций ионизированный (Ca^{2+}), фосфор (P), щелочная фосфатаза, остеокальцин, паратгормон и витамин D (25(OH)D3). Также был взят анализ суточной мочи на содержания кальция и фосфора и анализ утренней мочи на содержание ДПИД (дезоксипиридинолин).

Маркеры моделирования костной ткани:

1. Остеокальцин - неколлагеновый белок костного матрикса, который синтезируется остеобластами. Концентрация в крови отражает метаболическую активность остеобластов костной ткани.

2. Костный фермент щелочной фосфатазы (остаза) - показатель состояния костной ткани.

Маркеры состояния обмена:

1. Паратгормон (ПТГ) регулирует восстановление костной ткани.

2. Кальций и фосфор обеспечивают минеральную плотность кости.

3. Витман D - регуляция кальциевого обмена.

Маркеры резорбции костной ткани:

1. Дезоксипиридинолин утренней мочи определяет темп резорбции костной ткани.

Анализируя все лабораторные показатели, мы пришли к выводу, что основная причина развития остеопороза у пациентов, включенных в наше исследование, это недостаточное количество витамина D. У 60 (75%) больных был выявлен дефицит витамина D. У оставшихся 20 (25%) пациентов было выявлено повышение резорбции костной ткани.

При верифицированном диагнозе остеопороза хирургическая тактика отличалась от стандартной.

Хирургическая техника: выполнялся стандартный задний доступ. Тупо и остро осуществлялся доступ к задним элементам позвонков. Устанавливались фенестрированные транспедикулярные полиаксиальные

винты. Затем с помощью канюль производилась костная пластика путем введения цемента. Выполнялась декомпрессия позвоночного канала путем геми- и ламинэктомии. Устанавливались стержни из титана *in situ* или охлажденные балки из нитинола, которые после нагрева корригировали деформацию. Окончательная фиксация строжней гайками.

Особенностями оперативного вмешательства было использование фенестрированных транспедикулярных полиаксиальных винтов и цемента (рис. 4.5).

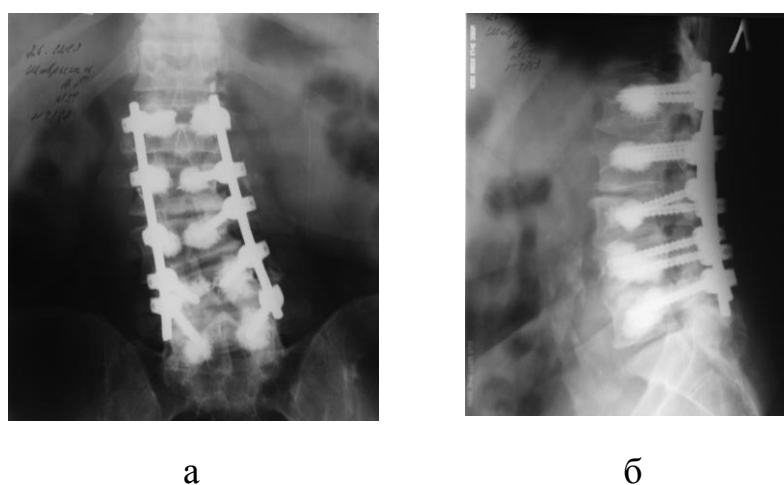


Рисунок 4.5. Пациент Ш., 67 лет. Ds: Правосторонний поясничный сколиоз. Системный остеопороз. Рентгенограммы после операции: прямая (а) и боковая (б) проекции. Использовались транспедикулярные фенестрированные винты.

В послеоперационном периоде пациентам обязательно была назначена специальная терапия остеопороза, которая включала в себя диету, обогащенную кальцием и белком, препараты кальция, витамина Д, а также при повышении резорбции костной ткани были назначены препараты группы бисфосфонаты (препараты, влияющие на снижение резорбции).

Резюмируя данный раздел, хочется отметить, что остеопороз играет существенную роль в формировании сколиотической дуги у взрослых пациентов с поясничным сколиозом. При нарушении кальциево-фосфорного обмена дегенеративно-дистрофические процессы развиваются значительно

раньше, что в свою очередь приводит либо к формированию сколиотической дуги на фоне первичного дегенеративного сколиоза, либо к прогрессированию дуги на фоне идиопатического сколиоза. МПКТ играет и основную роль в ходе постоперационных осложнений в виде нестабильности металлоконструкции. Поэтому очень важно при предоперационном планировании учитывать плотность костной структуры позвонков. При выявлении снижения МПКТ пациентам необходимо обязательное адекватное назначение заместительной терапии для восстановления кальциево-фосфорного обмена.

ГЛАВА 5. ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ЛЕЧЕНИЯ

Хирургическое лечение поясничного сколиоза взрослых со стенозом позвоночного канала представляет собой сложную задачу для ортопедов-травматологов и нейрохирургов. Этиопатогенез заболевания, наличие ригидных деформаций с нарушением фронтального и сагиттального балансов, многоуровневые стенозы позвоночного канала, дегенеративные изменения различной степени тяжести, снижение минеральной плотности костной ткани и обширный список сопутствующей патологии заставляет искать более современные подходы к лечению и применяемым металлоконструкциям.

Предоперационное планирование протяженности металлоконструкции, оценка сагиттального профиля производились не только на основании измерения величины отклонения SVA, но и согласно расчетам по формуле с доказанной чувствительностью в 91% для прогнозирования сохранения нормального сагиттального баланса в течение 24 месяцев после операции: $PI + LL + TK \leq 45^\circ$ (Aebi M., 2005).

Пациенты были распределены на две основные группы в зависимости от выбора метода фиксации. При нарушении сагиттального баланса выполнялась многоуровневая остеотомия по методике SPO (Smith-Peterson osteotomy) или PSO (pedicle subtraction osteotomy).

Результаты хирургического лечения оценивались по данным лучевых методов диагностики, а также с помощью анкетирования пациентов.

5.1 Хирургическая техника у больных с применением ригидной системы

В 1 группу вошли 55 человек (45 женщин и 10 мужчин). У 35 пациентов был поставлен диагноз: первичный дегенеративный сколиоз

поясничного отдела позвоночника, у 20 – возрастной идиопатический сколиоз поясничного отдела позвоночника. У 20 пациентов выявлены признаки нарушения минеральной плотности костной ткани в виде остеопении, а 35 пациентам верифицирован диагноз «системный остеопороз».

Хирургическое вмешательство проводилось с использованием ригидной фиксации.

У всех пациентов в ходе предоперационной подготовки оценивалось наличие рентгенологических признаков нестабильности ПДС, состояние фронтального и сагиттального дисбаланса.

В 1 группе из 55 человек у 5 отсутствовала нестабильность ПДС по данным функциональных рентгенограмм. У 12 больных сагиттальный баланс соответствовал норме (с отклонением SVA до 4 см по SRS-Schwab). У 15 пациентов наблюдался сагиттальный дисбаланс с отклонением SVA на 4–9,5 см и у 28 – выраженный сагиттальный дисбаланс (SVA более 9,5 см).

Хирургическая техника.

Доступ к дорсальным элементам позвонков осуществлялся при помощи стандартного заднего доступа. Выделение задних отделов позвонков проводилось поэтапно с рассечением подкожно-жировой клетчатки, фасции, мышц. В ходе осуществления доступа осуществлялась коагуляция сосудов. Субпериостально выделялись остистые отростки, дугоотросчатые суставы и поперечные отростки. Связочный аппарат заднего стабилизирующего комплекса максимально сохранялся. При помощи инструментария формировался канал в корне дуги для установки винта. Вводились транспедикулярные полиаксиальные винты через корень дуги. Выполнялся рентген-контроль с помощью электронного оптического преобразователя (ЭОП). В условиях остеопороза вводились фенестрированные полиаксиальные винты с последующей пластикой костным цементом или стандартные транспедикулярные винты после предварительной

вертебропластики позвонков. Для повышения прочности фиксации металлоконструкции в условиях остеопороза достаточным считается установка с использованием костного цемента краниальных и каудальных винтов (Cornell C.N., 2003). Выполнялась декомпрессия невралжных структур посредством резекции желтой связки, путем геми- и ламинэктомии, в редких случаях выполнялась фораминотомия. При нарушении сагиттального баланса выполнялась остеотомия по методике SPO или PSO (рис. 5.1 и 5.2).

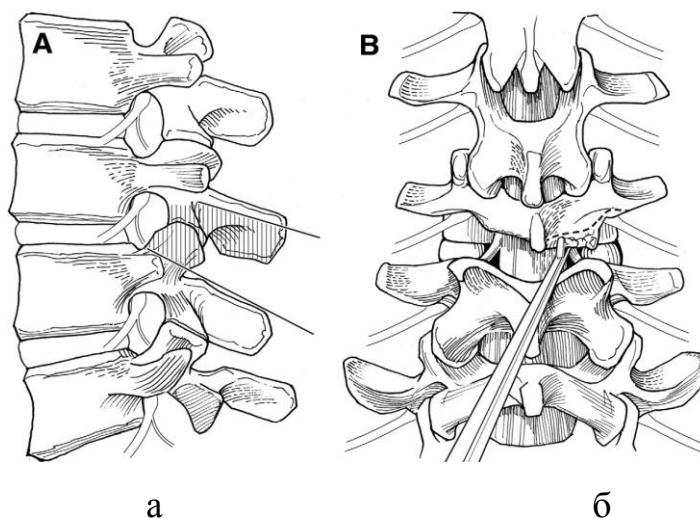
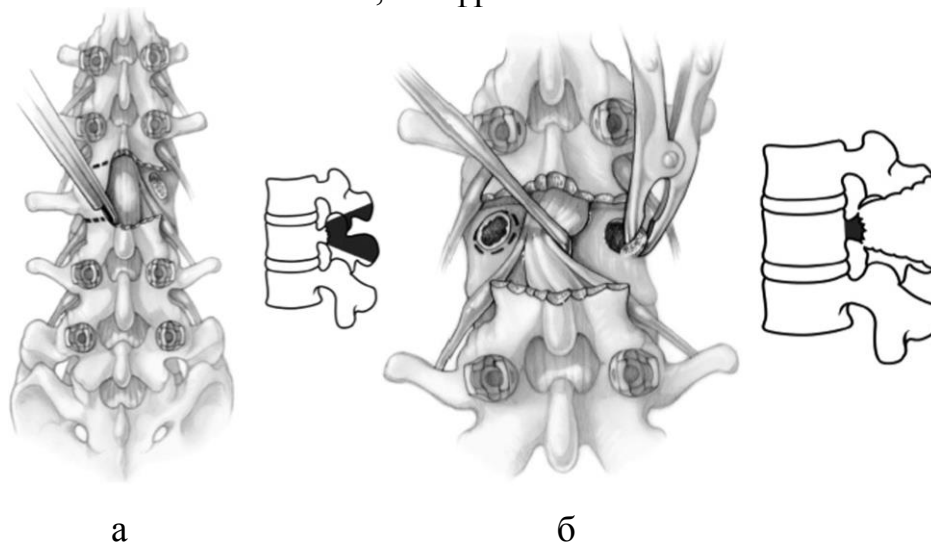


Рис. 5.1. Область резекции дуги позвонка и дугоотростчатых суставов при выполнении остеотомии по Smith-Petersen:
а – сагиттальная, б – фронтальная плоскости



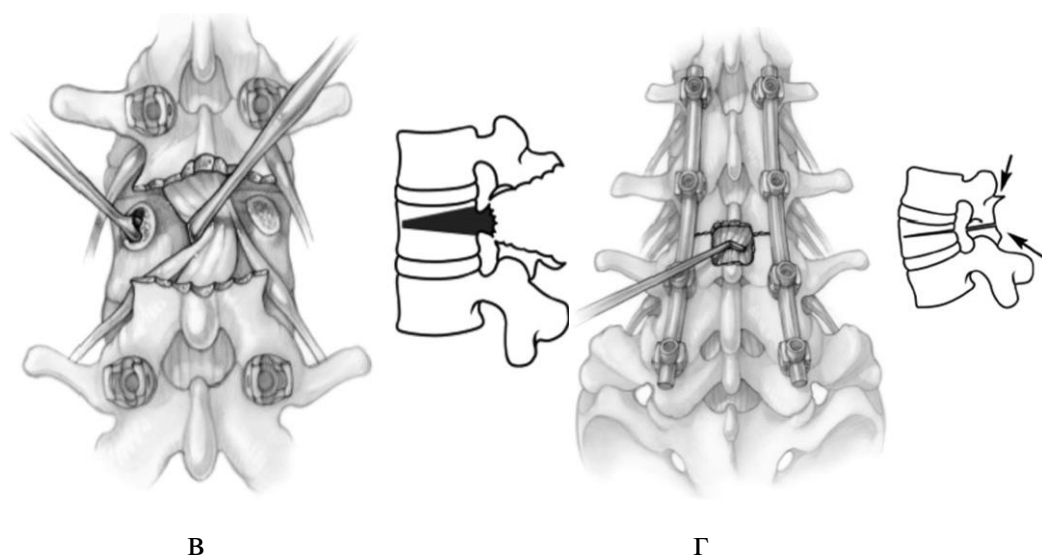


Рис. 5.2. Схема и этапы выполнения педикулярной субтракционной остеотомии (PSO)

На винты укладывались заранее изогнутые с учетом имеющейся деформации стержни из титана. Выполнялась коррекция деформации при помощи деротационного маневра. В условиях остеопороза стержни укладывались *in situ*. Производилась окончательная стабилизация системы. При протяженной фиксации устанавливались поперечные тяги для дополнительной стабилизации. При вовлечении в фиксацию S1 позвонка выполнялся межтеловой спондилодез по методу TLIF или PLIF, а при протяженной фиксации - сакро-пельвик фиксация. Обязательным условием для формирования адекватного заднего блока являлся задний спондилодез аутокостью. ЭОП – контроль. Послойное ушивание раны с оставлением активных дренажей на срок до 3-4 дней.

Пациенты данной группы активизировались на 2-3 сутки после операции.

Клинический пример №1.

Пациентка Е., 65 лет.

Ds: Дегенеративный левосторонний поясничный сколиоз (*de novo*). Стеноз позвоночного канала на уровнях L3-L4, L4-L5. Люмбоишалгия

справа.

Поступила в отделение с жалобами на боли в поясничном отделе позвоночника, с иррадиацией в правую нижнюю конечность по задненаружной поверхности, онемение правой стопы.

На этапе предоперационного планирования были выполнены: стандартные и функциональные рентгенограммы пояснично-крестцового отдела позвоночника, по данным которых не отмечено нестабильности ПДС, МРТ – исследование, по данным которой выявлен стеноз позвоночного канала на уровнях L3-L4, L4-L5.

Болевой синдром по VAS в поясничной области составил 8 баллов, в правой нижней конечности – 7 баллов. Индекс ODI – 74%. SF – 36: физическое благополучие – 24, психическое – 20.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 19°.

Выполнена операция: дорсальная стабилизация и коррекция пояснично-крестцового отдела позвоночника металлоконструкцией, интерламинэктомия на уровнях L3-L4, L4-L5, декомпрессия невралных структур, межтеловой спондилодез кейджем на уровне L5-S1, задний спондилодез аутокостью.

Продолжительность операции составила 4 часа 35 минут. Кровопотеря – 700 мл.

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей, пациентка активизирована на 3 сутки после операции с дополнительной фиксацией пояснично-крестцового отдела позвоночника (корсет). Осложнений не было выявлено.

Через 2 года результаты опросников: болевой синдром по VAS в поясничной области составил 2 балла, в правой нижней конечности – 0 баллов. Индекс ODI – 24%. SF – 36: физическое благополучие – 74, психическое – 80.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 10° (рис. 5.3)



а



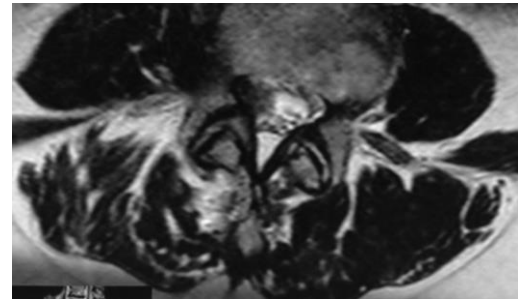
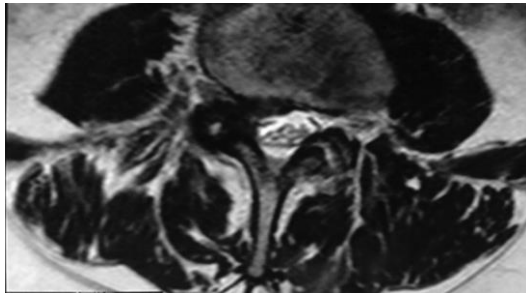
б



в



г



д



е



ж

Рисунок 5.3 Пациентка Е., 65 лет. Ds: Дегенеративный левосторонний поясничный сколиоз (de novo). Стеноз позвоночного канала на уровнях L3-L4, L4-L5. Люмбоишалгия справа. Рентгенограммы до операции в прямой (а) и боковой (б) проекциях, функциональные рентгенограммы (в, г). МРТ до операции (д). Рентгенограммы через 2 года после операции: прямая (е) и боковая (ж) проекции.

Клинический пример №2.

Пациент Н., 63 лет.

Ds: Левосторонний поясничный сколиоз (возрастной идиопатический).
Многоуровневый стеноз позвоночного канала, нижний парапарез.
Системный остеопороз.

Поступил с жалобами на выраженные боли в грудопоясничном отделе позвоночника, с иррадиацией в обе нижние конечности по задненаружной поверхности до стоп, чувство онемение, слабость в обеих ногах.

В ходе предоперационного планирования выполнены рентгенограммы пояснично-крестцового отдела позвоночника (стандартные и функциональные). Выраженных нарушений сагиттального баланса не выявлено. На МРТ: многоуровневый стеноз позвоночного канала на уровнях L1-L4.

Интенсивность болевого синдрома по VAS в поясничной области – 8 баллов, в нижних конечностях – 6. Индекс ODI – 84%. SF – 36: физическое благополучие – 21, психическое – 17.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 41°.

Выполнена операция: дорсальная стабилизация и коррекция грудопоясничного отдела позвоночника металлоконструкцией (с использованием фенестрированных винтов и цемента), интерламинэктомия на уровне L1-L4 с обеих сторон, декомпрессия позвоночного канала, задний спондилодез аутокостью.

Продолжительность операции составила 4 часа 55 минут. Кровопотеря – 800 мл.

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей, пациент активизирован на 2 сутки после операции с дополнительной фиксацией пояснично-крестцового отдела позвоночника корсетом. Осложнений не было выявлено.

Через 2,5 года результаты опросников: болевой синдром по VAS в поясничной области составил 1 балл, в нижних конечностях – 0 баллов.

Индекс ODI – 18%. SF – 36: физическое благополучие – 75, психическое – 76.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 41°.

Угол сколиотической дуги не корригировался, в связи с верифицированным диагнозом «системный остеопороз». Стабилизация проводилась по методу *in situ* (рис. 5.4).

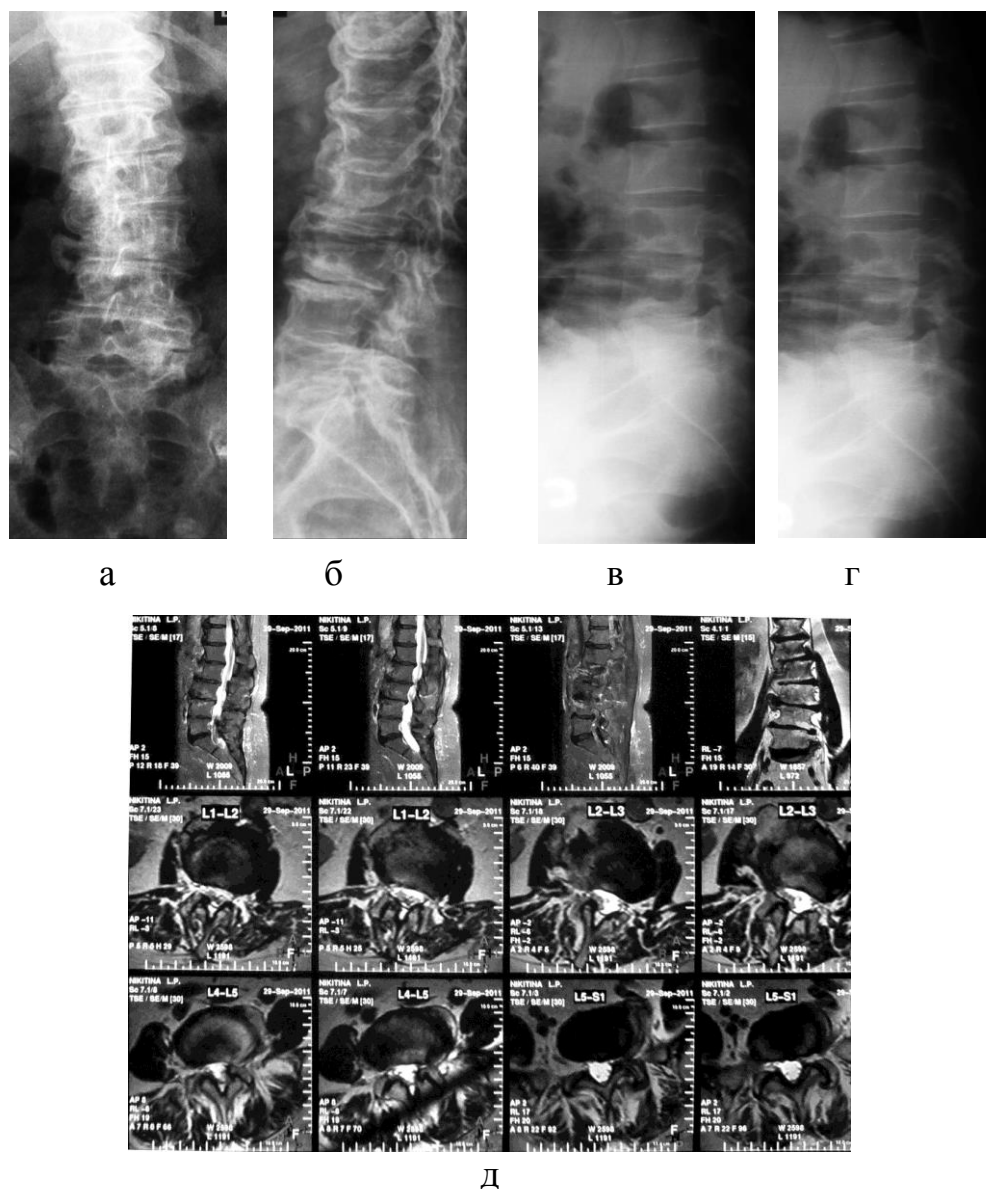


Рисунок 5.4. Пациент Н., 63 лет. Ds: Левосторонний поясничный сколиоз (возрастной идиопатический). Многоуровневый стеноз позвоночного канала, нижний парапарез. Системный остеопороз. Рентгенограммы до операции в прямой (а), боковой (б) проекциях, функциональные рентгенограммы (в,г). МРТ до операции (д).

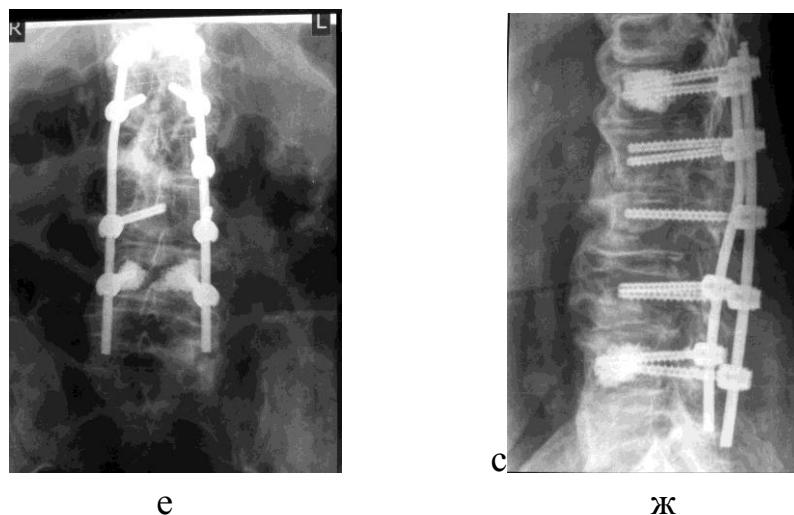


Рисунок 5.4 (продолжение). Пациент Н., 63 лет. Ds: Левосторонний поясничный сколиоз (возрастной идиопатический). Многоуровневый стеноз позвоночного канала, нижний парапарез. Системный остеопороз. Рентгенограммы через 2,5 года после операции: прямая (е) и боковая (ж) проекции.

Клинический пример №3.

Пациентка Б., 72 лет.

Ds: Дегенеративный левосторонний поясничный сколиоз (de novo), комбинированный стеноз позвоночного канала на уровнях L3-5, нижний парапарез, Выраженный болевой синдром.

Поступила в отделение с жалобами на выраженные боли в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в обе нижние конечности по заднебоковой поверхности до стоп, незначительную слабость в ногах.

В предоперационном периоде пациентке выполнены рентгенограммы. Анализируя рентген снимки, выявлен сагиттальный дисбаланс (отклонение SVA кпереди на 5,5 см). По данным МРТ – исследования: клинически значимых стенозов не выявлено.

Интенсивность болевого синдрома по VAS составлял 8 баллов в поясничной области и 9 баллов в нижних конечностях. Индекс ODI был равен 71%. SF – 36: физическое благополучие – 19, психическое – 17.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 25°.

Выполнена операция: дорсальная стабилизация и коррекция

пояснично-крестцового отдела позвоночника металлоконструкцией + сакропельвик фиксация, многоуровневая остеотомия по Смит-Петерсену на уровнях L3-L4, L4-L5, задний спондилодез аутокостью.

Продолжительность операции составила 3 часа 50 минут. Кровопотеря – 1000 мл.

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей, пациентка активизирована на 3 сутки после операции с дополнительной фиксацией пояснично-крестцового отдела позвоночника корсетом. Осложнений не было выявлено.

Через 3 года результаты опросников: болевой синдром по VAS в поясничной области составил 2 балла, в нижних конечностях – 1 балл. Индекс ODI – 24%. SF – 36: физическое благополучие – 70, психическое – 71.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 10°.

Во время хирургического вмешательства была выполнена многоуровневая остеотомия SPO для коррекции сагиттального дисбаланса (рис. 5.5).

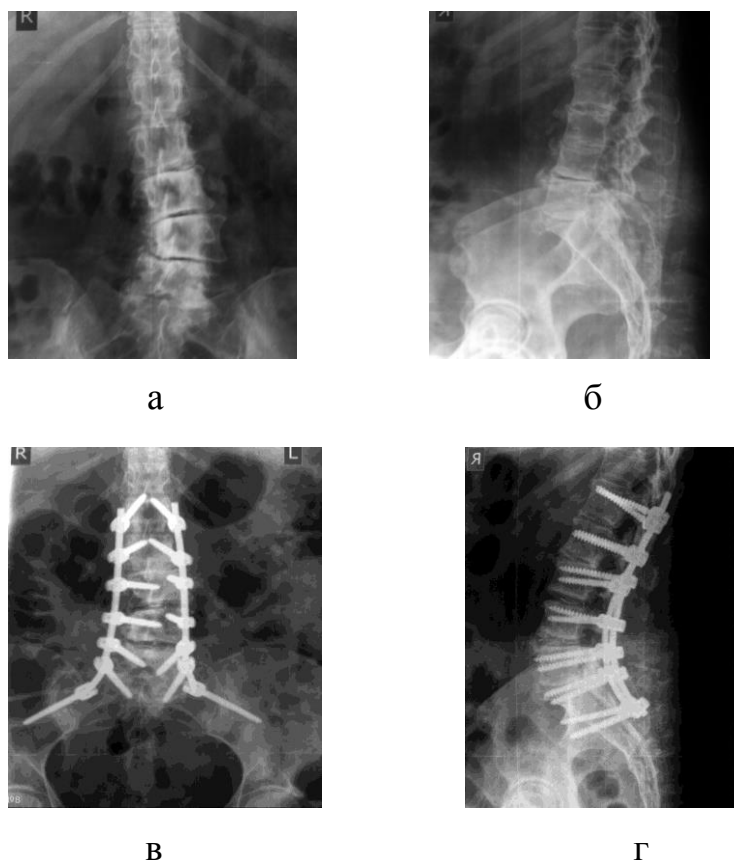


Рисунок 5.5. Пациентка Б., 72 лет. Ds: Дегенеративный левосторонний поясничный сколиоз (de novo), комбинированный стеноз позвоночного канала на уровне L3-5, нижний парапарез, Выраженный болевой синдром. Рентгенограммы до операции в прямой (а), боковой (б) проекциях. Рентгенограммы через 3 года после операции: прямая (в) и боковая (г) проекции. У данной пациентки была выполнена многоуровневая остеотомия для восстановления сагиттального баланса.

5.2 Хирургическая техника у больных с применением динамических стержней

Во 2 группу вошли 65 человек (45 женщин и 20 мужчин). У 37 пациентов был поставлен диагноз: первичный дегенеративный сколиоз поясничного отдела позвоночника, у 28 – возрастной идиопатический сколиоз поясничного отдела позвоночника. У 20 пациентов выявлены признаки нарушения минеральной плотности костной ткани в виде остеопении, а 45 пациентам верифицирован диагноз «системный остеопороз».

Хирургическое вмешательство проводилось с использованием

динамической фиксации.

Также, как и в предыдущей группе, мы оценивали нестабильность ПДС и нарушение фронтального и сагиттального балансов.

Во 2 группе у всех 65 человек была выявлена нестабильность ПДС по данным функциональных рентгенограмм. Нарушение сагиттального баланса - у 47 человек. У 45 пациентов наблюдался сагиттальный дисбаланс с отклонением SVA на 4–9,5 см и у 2 – выраженный сагиттальный дисбаланс (SVA более 9,5 см).

Хирургическая техника.

Хирургическая техника до постановки стержней не отличалась от приемов, применяемых в 1 группе. Выполнялся дорсальный доступ, осуществлялся подход к задним элементам позвонков, проводились винты через корни дуг, выполнялась декомпрессия невральных структур посредством резекции желтой связки, путем геми- и ламинэктомии, в редких случаях выполнялась фораминомия. При нарушении сагиттального баланса выполнялась остеотомия только по методике SPO. После этого проводилась установка двух нитиноловых стержней, заранее охлажденных стерильном физиологическом растворе с температурой 5-10°C. Стержень извлекается из упаковки и охлаждается в холодном растворе не менее одной минуты. После этого он захватывается держателем примерно в середине и так, чтобы держатель был перпендикулярен плоскости изгибов стержня. Стержень изгибается во фронтальной плоскости специальным инструментом, чтобы соответствовать деформации позвоночника и положению головок фиксирующих элементов. Изгиб стержня необходимо распределять по максимально возможной длине, стараясь избежать концентрации деформации в какой-либо точке. Желательно начинать установку стержня со стороны выпуклой деформации позвоночника. В этом случае требуется меньшая степень изгиба стержня. Крепление стержня к фиксирующим элементам должно начинаться как можно ближе к середине. Гайки

фиксирующих элементов наживляются, но не затягиваются. Стержень последовательно от середины к концам соединяется с фиксирующими элементами. Необходимо следить, чтобы плоскость исходных изгибов стержня совпадала с сагиттальной плоскостью позвоночника. Для этого на конце стержня устанавливается ключ балки, нижняя часть которого располагается в плоскости исходных изгибов стержня. После «наживления» всех фиксирующих элементов проводится предварительная затяжка гайки винта, расположенного ближе к середине стержня. Стержень орошается теплым (40-45°C) стерильным физиологическим раствором из шприца по всей длине. Необходимо орошать стержень до тех пор, пока его температура не превысит температуру тела (37-38°C). Спондилодез и костная пластика не выполнялись. Послойное ушивание раны с оставлением активных дренажей на срок до 3-4 дней.

Пациенты данной группы активизировались на 2-3 сутки после операции.

Клинический пример №1.

Пациентка Л., 55 лет.

Ds: Дегенеративный левосторонний поясничный сколиоз (de novo), комбинированный стеноз позвоночного канала на уровне L3-4. Люмбоишалгия справа.

Поступила в отделение с жалобами на боли в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в правую нижнюю конечность по заднебоковой поверхности до стопы.

В предоперационном периоде пациентке выполнены рентгенограммы (стандартные и функциональные). По данным рентгенограмм была выявлена нестабильность ПДС. По данным МРТ – исследования: определяется стеноз позвоночного канала на уровне L3-L4.

Интенсивность болевого синдрома по VAS составлял 7 баллов в поясничной области и 5 баллов в нижней конечности. Индекс ODI был равен 69%. SF – 36: физическое благополучие – 24, психическое – 27.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 20°.

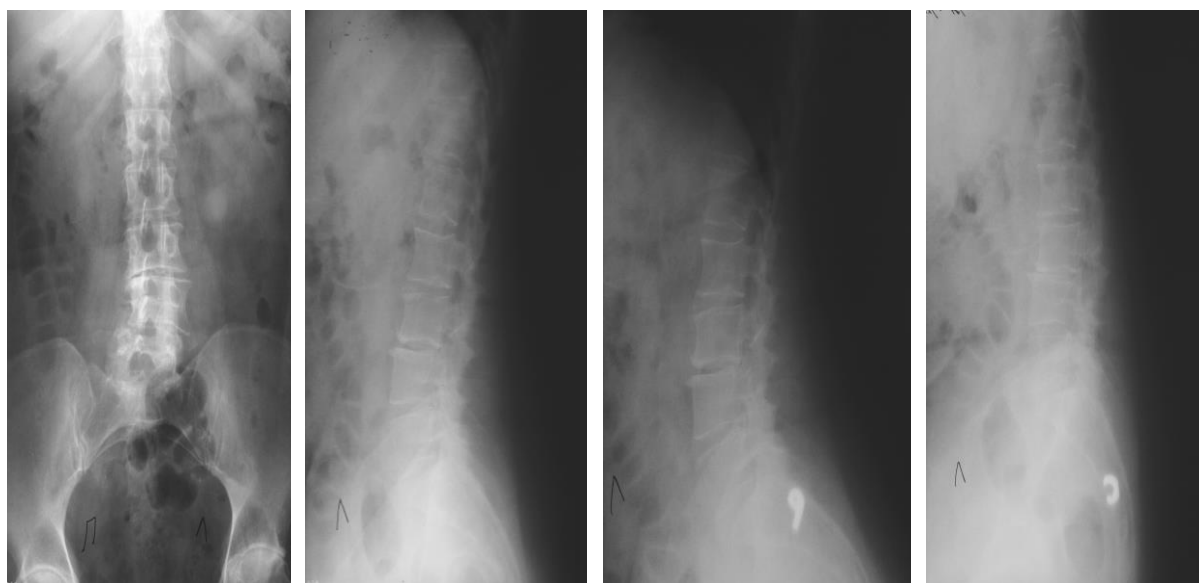
Выполнена операция: дорсальная стабилизация и коррекция пояснично-крестцового отдела позвоночника металлоконструкцией (применялись стрижни из нитинола), интерламинэктомия на уровне L3-L4, декомпрессия позвоночного канала.

Продолжительность операции составила 2 часа 30 минут. Кровопотеря – 400 мл.

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей, пациентка активизирована на 2 сутки после операции с дополнительной фиксацией пояснично-крестцового отдела позвоночника корсетом. Осложнений не было выявлено.

Через 3 года результаты опросников: болевой синдром по VAS в поясничной области составил 1 балла, в нижней конечности – 0 балл. Индекс ODI – 17%. SF – 36: физическое благополучие – 84, психическое – 88.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 8° (рис. 5.6).



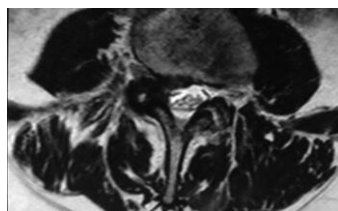
а

б

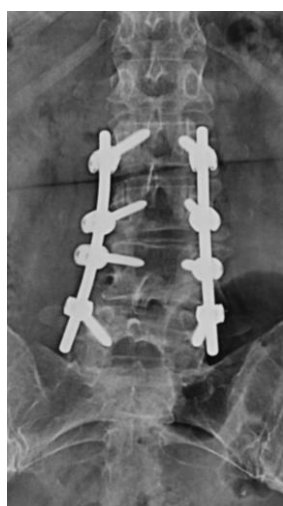
в

г

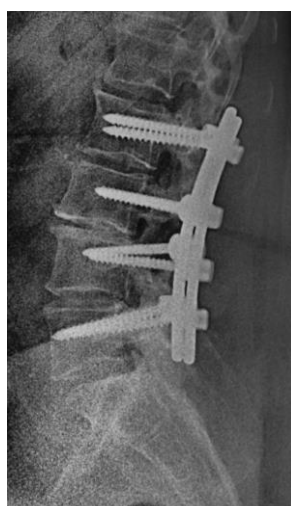
Рисунок 5.6. Пациентка Л., 55 лет. Ds: Дегенеративный левосторонний поясничный сколиоз (de novo), комбинированный стеноз позвоночного канала на уровне L3-4. Люмбоишалгия справа. Рентгенограммы до операции в прямой (а), боковой (б) проекциях + функциональные (в, г).



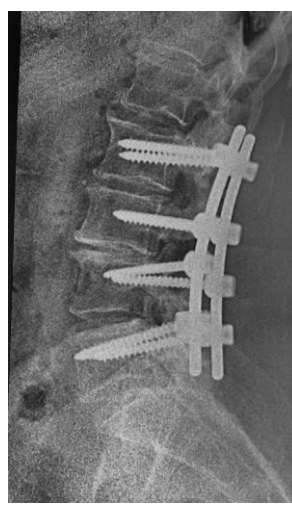
Д



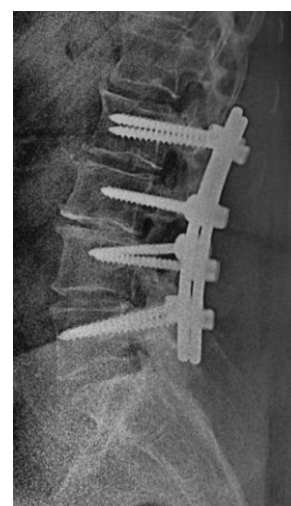
е



ж



з



и

Рисунок 5.6 (продолжение). Пациентка Л., 55 лет. Ds: Дегенеративный левосторонний поясничный сколиоз (de novo), комбинированный стеноз позвоночного канала на уровне L3-4. Люмбоишалгия справа. МРТ: стеноз позвоночного канала на уровне L3-L4 справа (д). Рентгенограммы через 3 года после операции: прямая (е) и боковая (ж) проекции, функциональные (з, и). У данной пациентки были применены стержни из титанола для фиксации.

Клинический пример №2.

Пациентка П., 75 лет.

Ds: Левосторонний поясничный сколиоз (первичный дегенеративный). Комбинированный стеноз позвоночного канала на уровне L5-S1. Выраженный болевой синдром. Люмбоишалгия слева.

Поступила в отделение с жалобами на выраженные боли в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в левую нижнюю конечность по задней поверхности до стопы.

В предоперационном периоде пациентке выполнены рентгенограммы (стандартные и функциональные). По данным рентгенограмм была выявлена

нестабильность ПДС. По данным МРТ – исследования: определяется стеноз позвоночного канала на уровне L5-S1.

Интенсивность болевого синдрома по VAS составлял 9 баллов в поясничной области и 8 баллов в нижней конечности. Индекс ODI был равен 76%. SF – 36: физическое благополучие –20, психическое – 14.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 21.

Выполнена операция: дорсальная стабилизация и коррекция пояснично-крестцового отдела позвоночника металлоконструкцией (применялись стрижни из нитинола), интерламинэктомия на уровне L5-S1 слева, декомпрессия позвоночного канала.

Продолжительность операции составила 2 часа 45 минут. Кровопотеря – 450 мл.

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей, пациентка активизирована на 2 сутки после операции с дополнительной фиксацией пояснично-крестцового отдела позвоночника корсетом. Осложнений не было выявлено.

Через 2,5 года результаты опросников: болевой синдром по VAS в поясничной области составил 2 балла, в нижней конечности – 0 балл. Индекс ODI – 20%. SF – 36: физическое благополучие – 76, психическое – 81.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 10° (рис. 5.7).

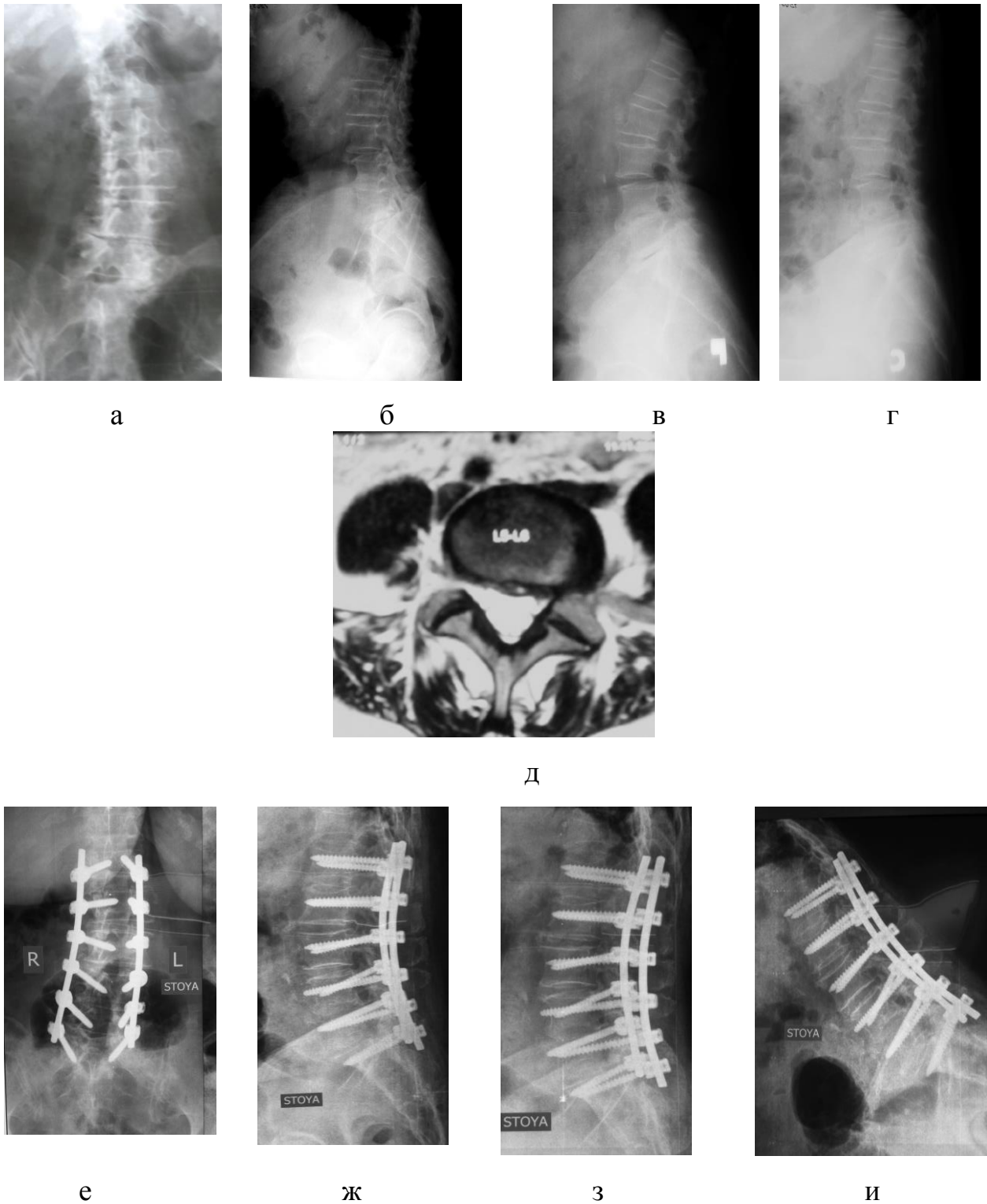


Рисунок 5.7. Пациентка П., 75 лет. Ds: Левосторонний поясничный сколиоз (первичный дегенеративный). Комбинированный стеноз позвоночного канала на уровне L5-S1. Выраженный болевой синдром. Люмбоишалгия слева. Рентгенограммы до операции в прямой (а), боковой (б) проекциях + функциональные (в, г). МРТ: стеноз позвоночного канала на уровне L5-S1 слева. Рентгенограммы через 2,5 года после операции: прямая (е) и боковая (ж) проекции, функциональные (з, и).

Клинический пример №3.

Пациент Ш., 67 лет.

Ds: Дегенеративный правосторонний поясничный сколиоз (de novo). Дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L4-L5. Люмбоишалгия с обеих сторон. Системный остеопороз.

Поступил в отделение с жалобами на выраженные боли в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в нижние конечности по боковой поверхности до стоп.

В предоперационном периоде пациенту выполнены рентгенограммы (стандартные и функциональные). По данным рентгенограмм была выявлена нестабильность ПДС. По данным МРТ – исследования: определяется стеноз позвоночного канала на уровне L4-L5.

Интенсивность болевого синдрома по VAS составлял 6 баллов в поясничной области и 8 баллов в нижних конечностях. Индекс ODI был равен 77%. SF – 36: физическое благополучие –17, психическое – 18.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 27.

Выполнена операция: дорсальная стабилизация и коррекция поясничного отдела позвоночника металлоконструкцией (применялись стрижни из титанола), фораминотомия на уровне L4-L5 с обеих сторон, декомпрессия позвоночного канала.

Продолжительность операции составила 3 часа 30 минут. Кровопотеря – 550 мл.

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей, пациент активизирован на 3 сутки после операции с дополнительной фиксацией пояснично-крестцового отдела позвоночника корсетом. Осложнений не было выявлено.

Через 3 года результаты опросников: болевой синдром по VAS в поясничной области составил 1 балла, в нижней конечности – 0 балл. Индекс ODI – 20%. SF – 36: физическое благополучие – 77, психическое – 80.

Угол сколиотической дуги по Cobb - 12° (рис. 5.8).

Использовались транспедикулярные полиаксиальные фенестрированные винты + костный цемент.



а



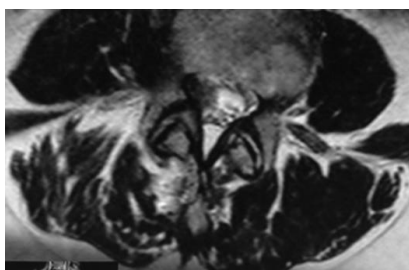
б



в



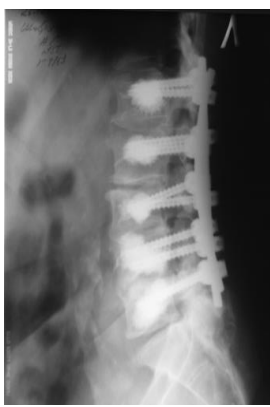
г



д



е



ж



з



и

Рисунок 5.8. Пациент Ш., 67 лет. Ds: Дегенеративный правосторонний поясничный сколиоз (de novo). Дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L4-L5. Лумбоишалгия с обеих сторон. Системный остеопороз. Рентгенограммы до операции в прямой (а), боковой (б) проекциях + функциональные (в, г). МРТ: стеноз позвоночного канала на уровне L4-L5 с обеих сторон. Рентгенограммы через 3 года после операции: прямая (е) и боковая (ж) проекции, функциональные (з, и).

ГЛАВА 6. ОЦЕНКА БЛИЖАЙШИХ И ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ И ОСЛОЖНЕНИЙ

6.1 Результаты лечения пациентов первой группы

Первая группа состояла из 55 больных с дегенеративным поясничном сколиозом и со стенозом позвоночного канала на фоне деформации. В данной когорте исследуемых проводилось хирургическое лечение, включающее в себя декомпрессию позвоночного канала, фиксацию и коррекцию заинтересованного отдела позвоночника ригидной системой.

Ригидная система включала в себя транспедикулярные полиаксиальные винты и стержни из титана.

Все пациенты активизированы были на 2-3 сутки после операции с дополнительной фиксацией пояснично-крестцового отдела позвоночника корсетом.

Оценка результатов лечения по коррекции деформации и сагиттального профиля и восстановлению поясничного лордоза.

В среднем в первой группе угол сколиотической деформации составил $40^\circ (\pm 5^\circ)$. После операции коррекция деформации отмечена на 50%, что составило 20° по Cobb. Однако, у пациентов с верифицированным диагнозом «системный остеопороз» проводилась стабилизация позвоночника методом *in situ* (при сохранении в норме сагиттального баланса и поясничного лордоза), для максимального снижения напряжения с винтов (рис. 6.1).

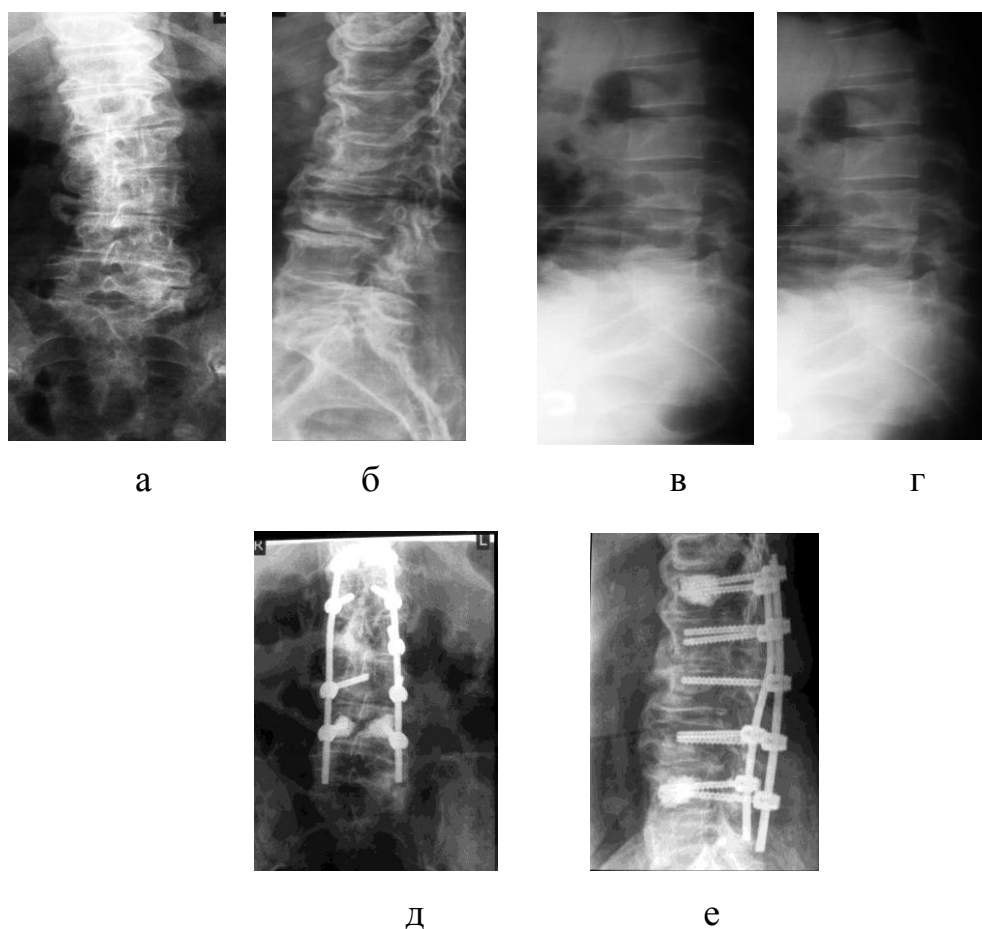


Рисунок 6.1. Фиксация сколиотической дуги методом *in situ* в условиях остеопороза. Рентгенограммы в прямой (а) и боковой (б) проекциях, функциональные (в, г). Рентгенограммы после операции в прямой (д) и боковой (е) проекциях.

При анализе сагиттального профиля деформации до операции поясничный лордоз в среднем составил $7^\circ (\pm 3^\circ)$. После операции поясничный лордоз - $32^\circ (\pm 3^\circ)$. Глобальный фронтальный баланс до операции составил 3,5 см (± 1 см), после операции 0,3 см (± 1 см). Глобальный сагиттальный баланс до операции составлял +2,7 см (± 1 см), после операции +0,3 см (± 1 см).

При измерении подвижности в поясничном отделе позвоночника на рентгенограммах в положении сгибания и разгибания получены следующие данные. Подвижность поясничного отдела с L1 по S1 уровень в среднем составила $58^\circ (\pm 3^\circ)$. После операции подвижность в фиксированных сегментах не выявлена. На функциональных рентгенограммах подвижность

отмечалась только в сегменте L5-S1, если он не был включен в зону фиксации (подвижность составляла $10\pm 1^\circ$).

При анализе отдаленных результатов потери коррекции во фронтальной и сагиттальной плоскостях выявлено не было.

До и после оперативного лечения больные проходили анкетирование.

Самыми частыми жалобами при поступлении – это жалобы на боли в поясничном отделе позвоночника и боли в нижней конечности. Для определения интенсивности болевого синдрома применялась визуально-аналоговая шкала (VAS). Тестирование было проведено до операции, через 3, 12, 24 и 36 месяцев. До оперативного вмешательства средний балл по интенсивности болей в пояснице составил 8,9, по интенсивности болей в ноге – 8,7. Через 3 месяца наблюдения было выявлено, что болевой синдром в ноге практически купирован, интенсивность болей в спине значительно была снижена. Через 12, 24 и 36 месяцев боли в ноге полностью отсутствовали, болевой синдром в пояснице был незначительный (рис. 6.2).

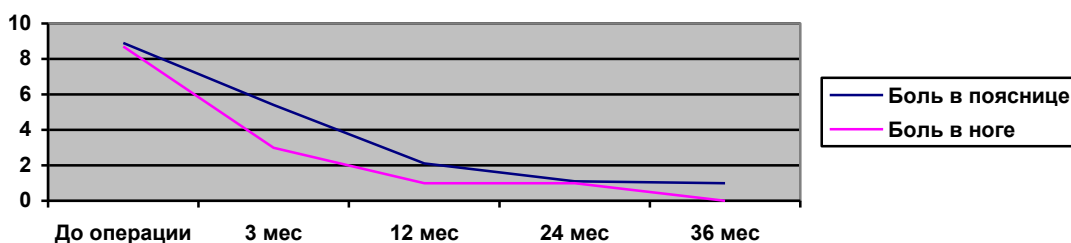


Рисунок 6.2. Динамика болевого синдрома по VAS.

Качество жизни пациентов оценивалось по опросникам ODI и SF-36. До операции среднее значение индекса Oswestry составило 78%. Через 3 месяца пациенты не отмечали значительного улучшения качества жизни, однако с течением времени было отмечено улучшение (21%) (рис. 6.3).

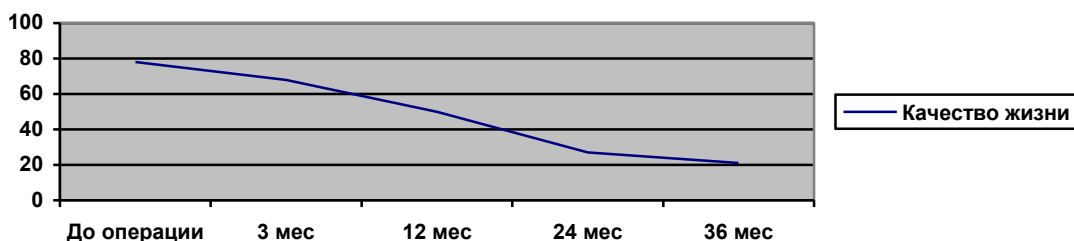


Рисунок 6.3. Динамика качества жизни.

Улучшение качества жизни через 3 месяца после операции незначительно увеличилось, что связано, скорее всего, с постоперационными ограничениями. Данные ограничения включали в себя: ношение корсета и ограничение двигательной активности (исключались наклоны, скручивающие движения, интенсивные занятия спортом).

Анализируя качество жизни, а именно основные ее показатели душевное (психическое) и физическое благополучие по SF-36, было отмечено, что уже через 3 месяца после операции душевное состояние значительно улучшилось, что связано с уменьшением болевого синдрома. В дальнейшем на протяжении 3-4 лет наблюдения основные показатели данного опросника стремились к 100%, что говорит о полном благополучии (рис.6.4).

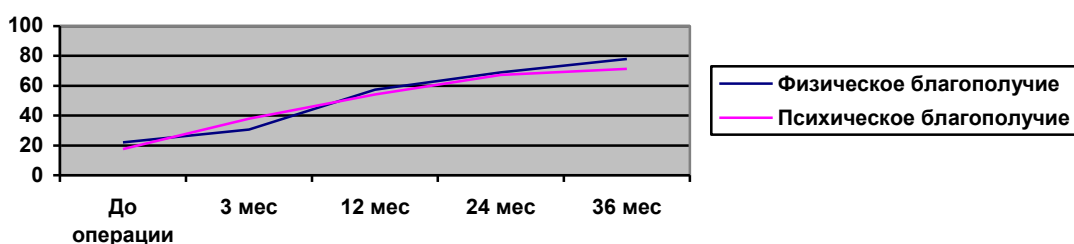


Рисунок 6.4. Динамика качества жизни по опроснику SF-36.

Последняя анкета, которая применялась в нашем исследовании, это SRS 22, по которой проводилась оценка и сравнение состояния пациентов до и после хирургической коррекции. Проводилась оценка по 4 показателям:

боль, внешний облик, функциональная активность и психическое здоровье (удовлетворенность результатами). Болевой синдром был снижен сразу после операции и на протяжении всего периода наблюдения не нарастал. Внешний облик пациента и психическое здоровье значительно были улучшены, только у больных с сагиттальным и фронтальным дисбалансом. Функциональная активность начинала улучшаться только ближе к году после операции (табл. 6.1)

Таблиц 6.1. Результаты показателей по анкете SRS 22.

| Показатель | До операции | 3 месяца | 12 месяцев | 24 месяца | 36 месяцев |
|---------------------------|-------------|----------|------------|-----------|------------|
| Боль | 1,1 | 3,4 | 4,0 | 4,2 | 4,1 |
| Внешний облик | 2,0 | 3,4 | 3,5 | 3,4 | 3,4 |
| Функциональная активность | 1,4 | 1,8 | 2,8 | 3,2 | 3,4 |
| Психическое здоровье | 1,3 | 2,1 | 2,9 | 3,4 | 4,0 |

При анализе продолжительности операции в первой группе среднее время хирургического вмешательства составило 300 мин (± 15 мин.). Объем кровопотери - 700 мл (± 50 мл).

6.2 Результаты лечения пациентов второй группы

Вторая группа включала в себя 65 больных с дегенеративным поясничном сколиозом и со стенозом позвоночного канала на фоне деформации, которым было проведено хирургическое лечение с постановкой динамической системы.

Динамическая система включала в себя транспедикулярные

полиаксиальные винты и стержни из нитинола.

Все пациенты активизированы были на 2-3 сутки после операции с фиксацией пояснично-крестцового отдела позвоночника корсетом.

Оценка результатов лечения по коррекции деформации и сагиттального профиля и восстановлению поясничного лордоза.

В среднем во второй группе угол сколиотической деформации составил $38^\circ (\pm 5^\circ)$. После операции коррекция деформации составила 26° по Cobb, что объясняется отсутствием выполнения во время операции деротационного маневра. При анализе отдаленных результатов была выявлена дополнительная коррекция сколиотической дуги до 18° за счет свойства сверхупругости стержней (рис. 6.5).

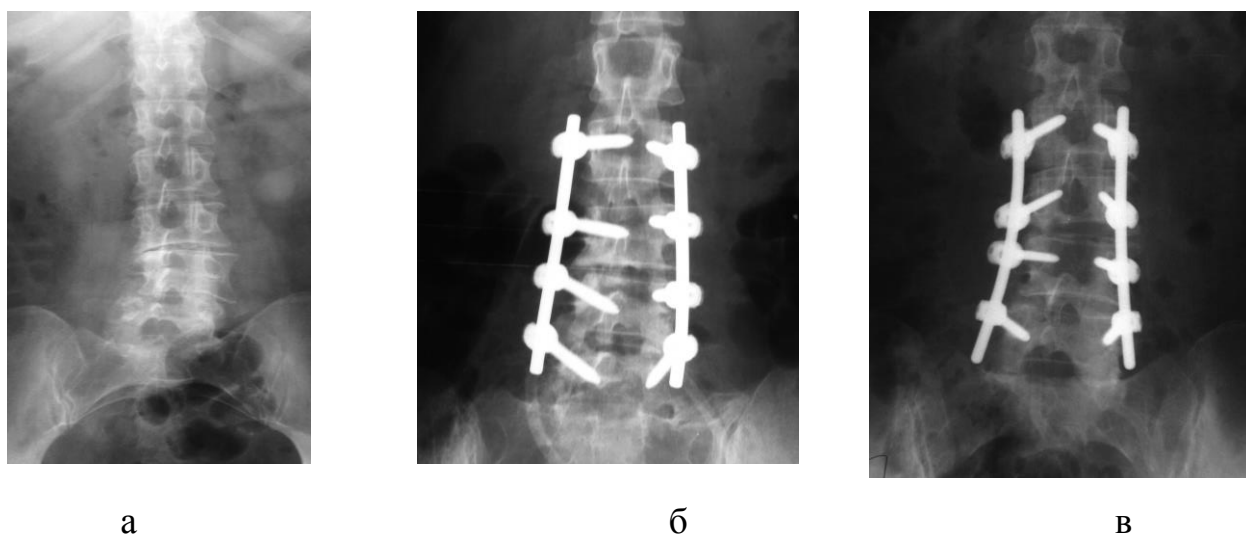


Рисунок 6.5. Рентгенограммы в прямой проекции до операции (а), после операции (б) и через год после операции (в).

При анализе сагиттального профиля деформации до операции поясничный лордоз в среднем составил $8^\circ (\pm 3^\circ)$. После операции поясничный лордоз - $33^\circ (\pm 3^\circ)$. Глобальный фронтальный баланс до операции составил 3,4 см (± 1 см), после операции 0,2 см (± 1 см). Глобальный сагиттальный баланс до операции составлял +2,8 см (± 1 см), после операции +0,3 см (± 1 см).

При измерении подвижности в поясничном отделе позвоночника на рентгенограммах в положении сгибания и разгибания получены следующие

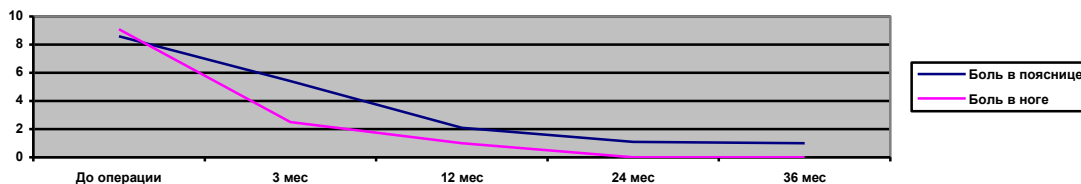


Рисунок 6.7. Динамика болевого синдрома по VAS.

Оценка качества жизни исследовалась по опросникам ODI и SF-36. До операции среднее значение индекса Oswestry составило 79%. Через 3 месяца пациенты уже стали отмечать улучшение качества жизни (52%), и с течением времени было отмечено значительное улучшение (15%) (рис.6.8)

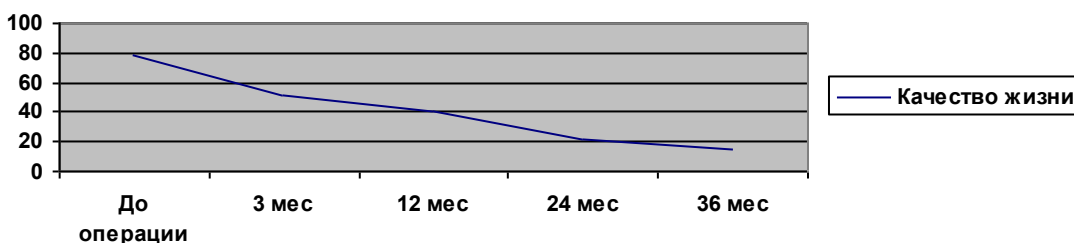


Рисунок 6.8. Динамика качества жизни.

Данные результаты основаны на сохранении подвижности фиксированного отдела позвоночника.

Проводя анализ качества жизни, по опроснику SF-36, была отмечена, положительная динамика как в физическом благополучии, так и душевном. В дальнейшем на протяжении 3-4 лет наблюдения основные показатели данного опросника стремились к 100%, что говорит о полном благополучии (рис 6.9).

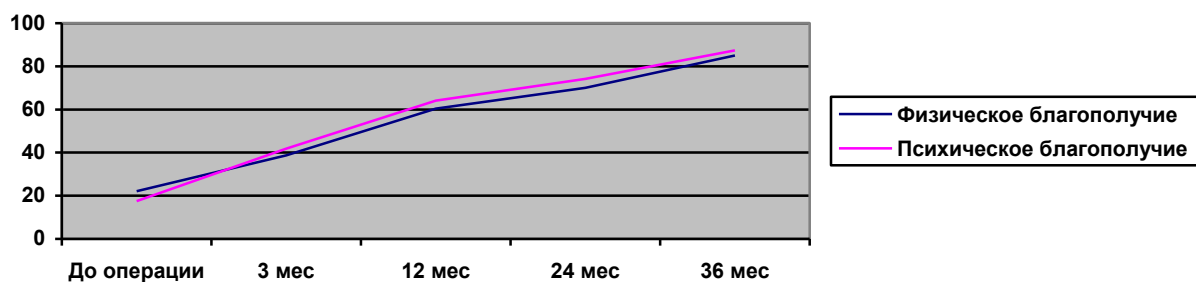


Рисунок 6.9. Динамика качества жизни по опроснику SF-36.

Данные SRS 22 были следующими (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Результаты показателей по анкете SRS 22.

| Показатель | До операции | 3 месяца | 12 месяцев | 24 месяца | 36 месяцев |
|---------------------------|-------------|----------|------------|-----------|------------|
| Боль | 1,0 | 3,2 | 4,2 | 4,5 | 4,5 |
| Внешний облик | 2,1 | 3,3 | 3,9 | 4,2 | 4,2 |
| Функциональная активность | 1,3 | 1,9 | 3,8 | 4,2 | 4,6 |
| Психическое здоровье | 1,3 | 2,2 | 3,4 | 3,8 | 4,5 |

Хотелось бы отметить, что в связи с тем, что окончательная коррекция деформации наступает в течение года, результаты через 12 месяцев после операции значительно улучшались.

При анализе продолжительности операции во второй группе среднее время хирургического вмешательства составило 230 мин (± 15 мин.). Объем кровопотери - 450 мл (± 50 мл).

6.3 Осложнения хирургического лечения

Исследуемая когорта представляет собой людей старшей возрастной

группы (средний возраст был 62,4) со значительной сопутствующей патологией. Основную роль в развитии послеоперационных осложнений в позднем периоде играло нарушение минеральной плотности костной ткани. Также высокий риск осложнений имел место быть в связи с тяжестью хирургического вмешательства.

В данном исследовании наблюдался ряд послеоперационных осложнений.

К ранним послеоперационным осложнениям мы относили инфекционные осложнения и повторные ревизии в течение 10 суток после операции.

В 1 группе пациентов нагноение послеоперационной раны наблюдалось у одного пациента, что потребовало открытого дренирования раны с последующим наложением вторичных швов. Удаление металлоконструкции не выполнялось. Ревизионная операция потребовалась одному больному в связи с постепенным развитием неврологической клиники после операции (в виде пареза стопы). Выполнялась повторная ревизия позвоночного канала на 5 сутки после операции.

Во 2 группе мы тоже наблюдали нагноение у одного пациента. Было выполнено открытое дренирование раны с последующим наложением вторичных швов. Удаление металлоконструкции не потребовалось. Одному пациенту выполнялась постановка ликворного дренажа на 4 сутки после операции в связи с развитием ликвореи в послеоперационном периоде.

На контрольных осмотрах через 3, 6, 9 месяцев после операции осложнений не было выявлено. Через год после оперативного лечения были выявлены следующие осложнения.

В первой группе пациентов у пяти человек были отмечены признаки резорбции костной ткани вокруг элементов металлоконструкции (рис. 6.10 а). Данное осложнение было выявлено у больных с признаками остеопении до операции. Пациенты были дообследованы, выявлено снижение минеральной плотности костной ткани по сравнению с дооперационным периодом, что

потребовало назначения терапии от остеопороза. В течение года ревизионное оперативное вмешательство потребовалось 3-м пациентам, в связи с выраженным болевым синдромом в области нестабильности металлоконструкции. Выполнялся ремонт металлоконструкции с дополнительным введением цемента в канал винта. У 2 пациентов наблюдался перелом позвонка выше металлоконструкции (РЖК) (рис. 6.10 б), что потребовало проведение ревизионной операции с дополнительным проведением винтов выше перелома (удлинение металлоконструкции). Псевдоартроз был выявлен у 2 пациентов (рис. 6.10 в). Повторная операция была выполнена в одном случае. Перелом элементов металлоконструкции был выявлен у 2 пациентов (перелом стержня в обоих случаях), был выполнен ремонт металлоконструкции с заменой сломанных элементов.

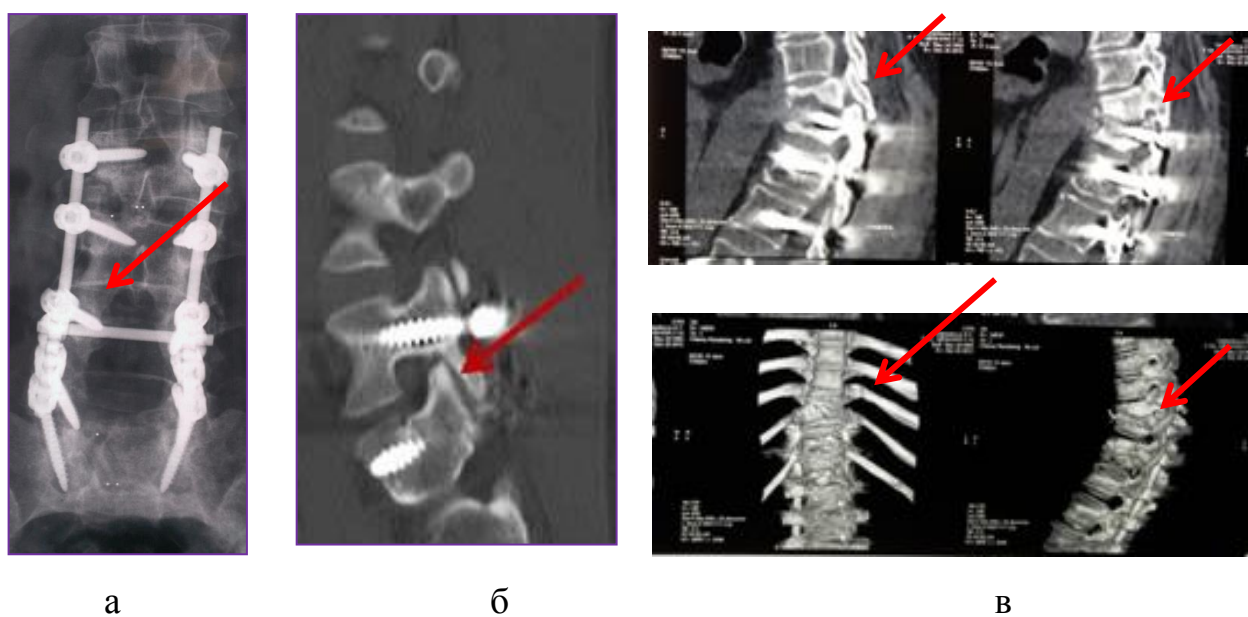


Рисунок 6.10. Осложнения: резорбция костной ткани (а) вокруг элементов металлоконструкции, псевдоартроз (б), проксимальный кифоз выше элементов металлоконструкции (в).

Во второй группе в значительно меньшем количестве наблюдались послеоперационные осложнения в отдаленные сроки. У одного пациента был отмечен перелом позвонка выше металлоконструкции, что потребовало выполнение ревизионной операции с продлением системы (рис. 6.11).

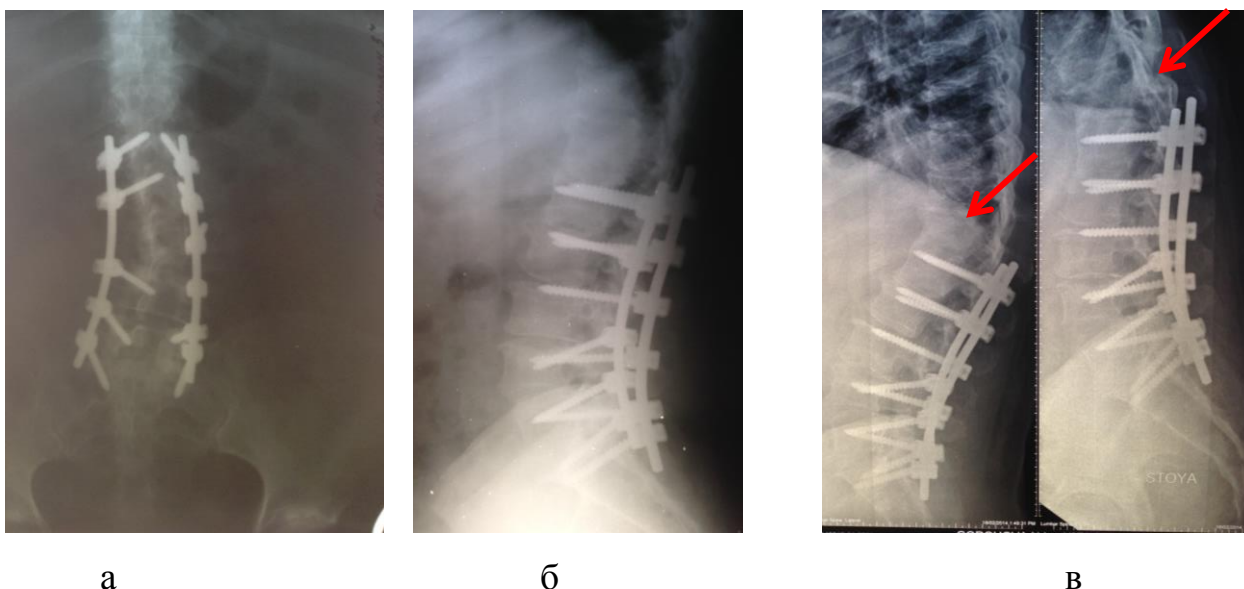


Рис. 6.11. Рентгенограммы пациентки через 2 года после операции. Прямая (а), боковая (б) проекции и функциональные рентгенограммы (в).

Перелом элементов металлоконструкции наблюдался у 3 пациентов (в 2 случаях перелом винта и в 1 – перелом стержня), выполнялся перемонтаж системы с заменой сломанных элементов. Резорбция костной ткани вокруг винтов металлоконструкции была выявлена у 2 пациентов через 2 и 2,5 года после операции. Пациенты дообследованы, верифицирован диагноз «системный остеопороз». Была назначена остеопоретическая терапия. Повторного оперативного вмешательства не потребовалось.

Анализируя полученные данные, мы видим, что ревизионные операции в 1 группе потребовались в 10 случаях, что составляет 18,2%, во 2- в 6 случаях (9,2%). При применении в качестве фиксации стержней из титанола риск осложнений снижается в 2 раза.

6.4 Сравнительный анализ результатов хирургического лечения пациентов с ригидной и динамической фиксацией

Мы провели комплексную сравнительную оценку результатов лечения больных с дегенеративным поясничным сколиозом для объективной оценки

результатов исследования и для научного обоснования использования стрежней из нитинола в качестве фиксирующего элемента.

Сравнивая полученные данные по коррекции сколиотической дуги и поясничного лордоза, а также глобального фронтального и сагиттального балансов, значимых различий выявлено не было.

Анализируя подвижность пояснично-крестцового отдела позвоночника, хочется отметить, что при фиксации данной области стержнями из нитинола, мы наблюдали сохранение подвижности до 21° ($\pm 3^\circ$). В группе с ригидной фиксацией подвижность пояснично-крестцового отдела позвоночника полностью исключена.

Продолжительность операции и кровопотеря в первой группе исследуемых превышает данные результаты относительно второй группы, это объясняется выполнением межтелового спондилодеза по методу PLIF или TLIF, а также декорткации задних элементов при выполнении заднего спондилодеза. При выполнении этих этапов операции происходила дополнительная кровопотеря, как правило из эпидуральных вен и из кости.

Проведя анализ результатов анкетирования больных по качеству жизни и удовлетворенностью оперативного лечения до операции и через 36 месяцев после хирургического вмешательства, было выявлено, что результаты значительно лучше во второй группе (табл. 6.3, 6.4, 6.5).

Таблица 6.3. Сравнительные результаты опросника Освестри.

| | I группа | II группа | p |
|----------------|----------|-----------|-------|
| До операции | 78 | 79 | |
| После операции | 21 | 15 | <0.05 |

Таблица 6.4. Сравнительные результаты опросника SF-36

| | До операции | | После операции | | Р |
|-------------------------|-------------|-----------|----------------|-----------|-------|
| | I группа | II группа | I группа | II группа | |
| Физическое благополучие | 18,2 | 19,1 | 78,0 | 85,1 | <0.05 |
| Душевное благополучие | 21,7 | 21,4 | 71,4 | 87,4 | <0.05 |

Таблица 6.5. Сравнительные результаты опросника SRS 22.

| | До операции | | После операции | | Р |
|---------------------------|-------------|-----------|----------------|-----------|-------|
| | I группа | II группа | I группа | II группа | |
| Боль | 1,1 | 1,0 | 4,1 | 4,5 | <0.05 |
| Внешний облик | 2,0 | 2,1 | 3,4 | 4,2 | <0.05 |
| Функциональная активность | 1,4 | 1,3 | 3,4 | 4,6 | <0.05 |
| Психическое здоровье | 1,3 | 1,3 | 4,0 | 4,5 | <0.05 |

Изменения качества жизни, наблюдаемые нами у пациентов в течение 3-х лет, достоверны подтверждены проводимым статистическим анализом ($p < 0,05$).

Сравнивая результаты интенсивности болей по VAS, достоверных различий в группах не было найдено (табл. 6.6).

Таблица 6.6. Сравнительные результаты по VAS

| | До операции | | После операции | |
|---|-------------|-----------|----------------|-----------|
| | I группа | II группа | I группа | II группа |
| Интенсивность болей в пояснице | 8,9 | 8,6 | 1 | 1 |
| Интенсивность болей в нижней конечности | 8,7 | 9,1 | 0 | 0 |

Постоперационные осложнения в первой группе исследования были в

два раза выше.

Резюмируя данный раздел, мы пришли к выводу, что результаты лечения значительно лучше во второй группе пациентов, которым проводилась хирургическая стабилизация и коррекция поясничного сколиоза динамической системой. При фиксации дегенеративного поясничного сколиоза стержнями из нитинола сокращается продолжительность операции, кровопотеря и послеоперационные осложнения, наблюдаемые в отдаленные сроки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках современной вертебрологии актуальную проблему представляет метод выбора лечения поясничного сколиоза взрослых с дегенеративным стенозом позвоночного канала на фоне деформации. Основная проблема заключается в том, что дегенеративно - дистрофические изменения пояснично-крестцового отдела позвоночника могут быть не только следствием функциональных изменений позвоночного столба на фоне существовавшей деформации (например, идиопатический или врожденный сколиоз), но и быть причиной развития вторичной сколиотической деформации (дегенеративный сколиоз) (Aebi M., 2005). В настоящее время доказано, что дегенеративно-дистрофические изменения позвоночного столба являются не только причиной развития сколиоза, но и фактором, вызывающим его прогрессирование (Ragab A.A. et al., 2003, Schwab F.J., 2002).

Таким образом, можно предположить, что на фоне инволютивных и дистрофических процессов в костно-связочных структурах позвоночного столба и в окружающих паравертебральных мышцах сколиотическая деформация позвоночника во взрослом возрасте декомпенсируется, что приводит к нарушению статики и биомеханики. В связи с этим на первый план выходят симптомы дегенеративно-дистрофического процесса, и грань между критериями современной классификации сколиоза у взрослых стирается. Поэтому все сколиозы взрослых можно рассматривать в единой группе.

«Золотым стандартом» хирургического лечения поясничного сколиоза взрослых является фиксация и коррекция дуги ригидными системами. Мы попытались определить возможность применения динамической системы при оперативном лечении данного заболевания.

В качестве применяемого материала для фиксации поясничного отдела

позвоночника при сколиотической деформации мы применяли стрежни из никелида титана. Так как данный сплав обладает эффектом памяти формы (ЭПМ), то в первую очередь перед нами стоял вопрос о разработке оптимальной формы стержней, которая отвечала бы наиболее правильному с анатомической точки зрения положению позвоночника.

Нами были разработаны данные формы стержней, путем измерения и анализа рентгенограмм пациентов. Замеры проводили по предполагаемым точкам введения винтов и закрепления стержней. Определяли расстояние между точками и их угловое соотношение. Проведя статистические испытания транспедикулярных конструкций из стали, титана и нитинола по стандарту ASTM F1717, а также анализируя взаимодействия деформированного позвоночника и транспедикулярной системы со стержнями из нитинола (путем математического моделирования методов конечных элементов в пакете программ Ansys биотехнической системы «позвоночник-металлоконструкция»), мы не только разработали типоразмерный ряд применяемых стержней из нитинола, но и выработали методику и алгоритм постановки стержней во время хирургического вмешательства.

В наше исследование было включено 120 пациентов с поясничным сколиозом взрослых и дегенеративным стенозом позвоночного канала на фоне деформации. 90 человек – пациенты женского пола, 30 – мужчины. Средний возраст составил 62,4 года. Все пациенты имели сколиотическую деформацию поясничного отдела позвоночника со стенозом позвоночного канала, который сопровождался характерной неврологической картиной. Вся когорта исследуемых пациентов была разделена на две группы в зависимости от метода выбора стержней при фиксации и коррекции сколиотической дуги.

Проведенное исследование показало, что не только предоперационное обследование, но и послеоперационное ведение больных с изучаемой патологией должны быть наиболее тщательным по сравнению с другими заболеваниями позвоночника.

Мы изучили клинико-рентгенологические особенности данного заболевания и выявили, что у 100% больных на первый план выступает выраженный вертеброгенный болевой синдром, локализующийся либо в поясничном отделе позвоночника, либо в нижних конечностях, неврологическая симптоматика в виде перемежающейся хромоты и парезов, а также нарушение статико-биомеханических процессов позвоночного столба.

Существует несколько причин стеноза позвоночного канала. В молодом возрасте – это грыжи межпозвонкового диска, а в пожилом и старческом – спондилез и спондилоартроз. Была выявлена прямая зависимость между клинической картиной заболевания и углом сколиотической деформации. Нарушение фронтального или сагиттального баланса приводило к ухудшению клинической симптоматики. Существенную роль в прогрессии деформации (либо существовавшей, либо вновь появившейся) играет качественный и количественный состав костной ткани. При снижении минеральной плотности костной ткани дегенеративные процессы развиваются раньше, что приводит к более раннему прогрессированию дуги искривления. На фоне снижения минеральной плотности костной ткани ухудшается и состояние паравертебральных мышц, что приводит к «дегенеративной миопатии» (саркопении). В совокупности все это ведет к нарушению статико-биомеханических процессов позвоночного столба в целом. Также состояние минеральной плотности костной ткани оказывает существенную роль на хирургическое лечение и процент осложнений, как в раннем, так и в позднем послеоперационном периодах. Следовательно, количественный и качественный состав костной ткани необходимо не только выявлять в ходе предоперационного планирования, но и улучшать в постоперационном периоде.

Анализируя лучевые методы диагностики данной патологии, мы подтвердили мнение авторов о влиянии нестабильности позвоночно-двигательных сегментов на клиническое течение заболевания (Шотемор

Ш.Ш., 1979; Ascani E., 1986; Winter R.B., Lonstein J.E., 1983). Пришли к выводу, что при фиксации позвоночника необходимо обязательное восстановление сагиттального профиля путем проведения остеотомий (Cavagna R. et al., 2008; Cho K.J., 2007; Cloyd J.M., 2010).

При фиксации сколиотической деформации поясничного отдела позвоночника у взрослых нам удалось сохранить подвижность фиксированного отдела позвоночника, а также уменьшить процент осложнений.

Основываясь на полученных данных, видно, что результаты лечения значительно лучше у пациентов, которым проводилась хирургическая стабилизация и коррекция поясничного сколиоза динамической системой. Также при фиксации дегенеративного поясничного сколиоза стержнями из нитинола сокращается продолжительность операции, кровопотеря и послеоперационные осложнения, наблюдаемые в отдаленные сроки.

Обобщая результаты выполненных клинических исследований, следует отметить, что применение стрежней из нитинола показало отличные результаты 3-летнего наблюдения за пациентами.

Все вышесказанное позволяет сделать заключение, что предложенный метод лечения поясничного сколиоза взрослых с дегенеративным стенозом на фоне деформации, может быть рекомендован к дальнейшему внедрению в практику специализированных травматолого-ортопедических стационаров.

ВЫВОДЫ

1. При дегенеративном сколиозе на первый план клинической картины выступает неврология (дистальный парез нижних конечностей, миелогенная хромота), при диспластическом сколиозе взрослых – болевой синдром в поясничной области.

2. Снижение минеральной плотности костной ткани и дегенеративные изменения в мышцах в поясничном отделе оказывают существенное влияние на прогрессирование деформации позвоночника, сагиттальный баланс. Показатели качества костной ткани оказывают существенное влияние на результат хирургического лечения в раннем и отдаленном послеоперационном периодах.

3. Оптимальными типоразмерами стержней из нитинола при хирургическом лечении поясничного сколиоза взрослых являются стержни 160 и 180 мм с углом изгиба 40° и 15° .

4. Использование свойств «памяти формы» позволяет изменить метод коррекции сколиоза и не применять «деротационный маневр». За счет «памяти формы» осуществляется более плавная коррекция деформации, что снижает вероятность потенциальных осложнений, связанных с одномоментной коррекцией.

5. Результаты лечения пациентов при дегенеративном сколиозе поясничного отдела позвоночника при использовании стержней из нитинола показали более хорошие результаты по сравнению с традиционной ригидной фиксацией с использованием титановых стержней. Необходимо провести дальнейшее клиническое исследование применения стержней из нитинола при деформациях позвоночника.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Необходимо более тщательное предоперационное планирование хирургического лечения у пациентов со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника, включающее в себя не только стандартное обследование, но и обязательное проведение анализа позвоночно-тазовых соотношений, а также качественная оценка минеральной плотности костной ткани.

2. Стабилизация позвоночника при фронтальном и сагиттальном дисбалансе должна при необходимости сочетаться с восстановлением баланса путем проведения остеотомии.

3. При применении стержней из никелида титана необходимо учитывать их свойства сверхупругости и эффект памяти формы, в связи с этим стержни должны быть охлаждены до температуры активации при установке.

4. При окончательной фиксации стержней следует соблюдать ось с помощью специального ключа или меток на стержнях.

5. Применение стержней из нитинола не требует выполнения костной пластики и межтелового спондилодеза у пациентов со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амирханова Н. А., Валиев Р. З. Исследование коррозионных и электрохимических свойств сплавов на основе никелида титана в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состояниях // Вестник УГАТУ = Vestnik UGATU. 2006. №1.
2. Ветрилэ, С. Т. Показания и особенности выбора тактики хирургического лечения поясничного остеохондроза с использованием транспедикулярных фиксаторов / С. Т. Ветрилэ, В. В. Швец, А. И. Крупаткин // Хирургия позвоночника. - 2004. - № 4. - С. 40-46.
3. Виссарионов С. В., Белянчиков С. М., Картавенко К. А., Кокушин Д. Н., Ефремов А. М. Результаты хирургического лечения детей с врожденным кифосколиозом груднопоясничной локализации // Хирургия позвоночника. 2014. №1.
4. Виссарионов С. В., Мурашко В. В., Кокушин Д. Н., Белянчиков С. М., Ермолович М.С. Хирургическое лечение пациента с тяжелым идиопатическим кифосколиозом грудной локализации // Детская хирургия. 2014. №5.
5. Давыдов Е. А., Мушкин А. Ю., Зуев И. В., Ильин А. А., Коллеров М. Ю. Применение биологически и механически совместимых имплантатов из нитинола для хирургического лечения повреждений и заболеваний позвоночника и спинного мозга // Гений ортопедии. 2010. №1.
6. Древаль А.В., Марченкова Л.А., Мылов Н.М. и соавт. Сравнительная информативность денситометрии осевого и периферического скелета и рентгенографии в диагностике постменопаузального остеопороза Остеопороз и остеопатии, 1999. №2.
7. Загородний Н. В., Сампиев М. Т., Лака А. А., Балашов С. П., Малков В. С., Рамлугон К. Хирургическая коррекция тяжелых форм

- идиопатического сколиоза // Российский медицинский журнал. 2014. №1.
8. Зуев И. В., Давыдов Е. А., Берснев В. П., Ильин А. А., Коллеров М. Ю., Лобода В. А. Применение несущих транспедикулярных систем и динамических фиксаторов из нитинола в хирургии позвоночника и спинного мозга // Гений ортопедии. 2009. №1.
 9. Зуев И. В., Давыдов Е.А., Берснев В.П., Ильин А.А., Коллеров М.Ю.. Стабильная и динамическая фиксация при повреждениях и дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника. Хирургия позвоночника. 2009. № 3. С. 8-13.
 - 10.Зуев И. В., Щедренко В. В., Орлов С. В., Захматова Т. В., Могучая О. В., Себелев К. И., Топольскова Н. В. Опыт динамической фиксации нитиноловыми имплантатами при дегенеративных заболеваниях позвоночника // Гений ортопедии. 2014. №2.
 - 11.Ильин А. А., Исследование механизмов формоизменения при деформации и нагреве титановых сплавов с эффектом запоминания формы. Металловедение и термическая обработка металлов. 1998. № 4. С. 12-16.
 - 12.Колесов, С.В. Хирургия деформаций позвоночника С.В. Колесов ; под ред. С.П. Миронова. – М.: Авторская академия, 2014. -272 с. : цв. ил. + 1 электрон. опт. диск. – 1000 экз. – ISBN 978-5-91902-027-1
 - 13.Коллеров, М.Ю. Медико-техническое обоснование использования титановых сплавов в имплантируемых конструкциях для стабилизации позвоночника М.Ю. Коллеров, В.Д. Усиков, В.С. Куфтов, Д.Е. Гусев, Е.И. Орешко Титан.- 2013.- № 1 (39).- 39-45.
 - 14.Коллеров, М.Ю. Экспериментально-анатомическое исследование функциональной транспедикулярной стабилизации позвоночника М.Ю. Коллеров, С.К. Левченко, О.Н. Древаль, А.А. Ильин, И.П. Рынков, А.В. Басков Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2011.- Т. 75.- № 1.- С. 20-26.

15. Михайловский М. В., Фомичев Н. Г., Садовая Т. Н. К вопросу о проблемах и перспективах хирургического лечения деформаций позвоночника в России // Хирургия позвоночника. 2007. №1.
16. Муслев С. А., Ярема И. В., Данилевская О. В. Нитинол медицинский материал нового поколения // Современные наукоемкие технологии. 2007. №11.
17. Мухаммадиев А. А., Лака А. А., Сампиев М. Т. Функциональное состояние систем внешнего дыхания и кровообращения у больных сколиозом // Вестник Здоровье и образование в XXI веке. 2012. №9.
18. Ооцука К. [и др.]; под ред. Фунакубо Х. Сплавы с эффектом памяти формы: Пер. с японск. – М.: Металлургия, 1990. –224 с.
19. Орлов С.В., Каныкин А.Ю., Москалев В.П., Щедренок В.В., Седов Р.Л. Математический расчет прочности позвоночного столба при хирургическом лечении нестабильных переломов позвоночника. Вестн. хирургии им. И.И. Грекова. 2009, Т. 168, № 2. С. 61-64.
20. Сампиев М. Т., Лака А. А., Балашов С. П. Опыт применения универсального дорсального инструментария в лечении сколиотической болезни // Хирургия позвоночника. 2005. №2.
21. Сампиев М. Т., Лака А. А., Балашов С. П., Дубов А. Б. Стратегия выбора дорсального инструментария у больных диспластическим сколиозом разных возрастов // Вестник РУДН. Серия: Медицина. 2006. №3.
22. Сампиев М. Т., Лака А. А., Макинян Л. Г., Балашов С. П., Каримов Р. Ф., Ткалин А. Н. Хирургическое лечение сколиоза взрослых с применением стержневого эндокорректора LSZ-3 // Вестник РНЦРР. 2012. №12.
23. Хачин В. Н., Пушин В. Г., Кондратьев В. В. Никелид титана: Структура и свойства. М. : Наука, 1992. 160.

24. Acosta FL Jr, McClendon J Jr, O'Shaughnessy BA, et al. Morbidity and mortality after spinal deformity surgery in patients 75 years and older: complications and predictive factors. *J Neurosurg Spine* 2011;15: 667–674
25. Aebi M (1987) Adult scoliosis. *Therapeutische Umschau* 44:757–763
26. Aebi M (1988) Correction of degenerative scoliosis of the lumbar spine. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res*: 80–86
27. Aebi M. The adult scoliosis. *Eur Spine J* 2005;14:925–48.
28. Albert TJ, Purtill J, Mesa J, McIntosh T, Balderston RA (1995) Study design: health outcome assessment before and after adult deformity surgery. A prospective study discussion p. 2005. *Spine* 20:2002–2004
29. Ali RM, Boachie-Adjei O, Rawlins BA (2003) Functional and radiographic outcomes after surgery for adult scoliosis using third-generation instrumentation techniques. *Spine* 28(11):1163–1169
30. Angevine PD, McCormick PC. The importance of sagittal balance: how good is the evidence? *J Neurosurg Spine* 2007;6:101–3 [discussion: 3].
31. Ascani E, Bartolozzi P, Logroscino CA, Marchetti PG, Ponte A, Savini R, Travaglini F, Binazzi R, Di Silvestre M (1986) Natural history of untreated idiopathic scoliosis after skeletal maturity. *Spine* 11(8):784–789
32. Bagó J, Pérez-Gruoso FJS, Les E, Hernández P, Pellisé F. Minimal important differences of the SRS-22 Patient Questionnaire following surgical treatment of idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2009;18:1898–1904
33. Benner B, Ehni G (1979) Degenerative lumbar scoliosis. *Spine* 4:548
34. Benoist M. Natural history of the aging spine. *Eur Spine J*. 2003. №12(Suppl 2). P. S86–89.
35. Berven S (2003) Point of view. *Spine* 28(11):1169–1170
36. Bess S, Boachie-Adjei O, Burton D, et al. Pain and disability determine treatment modality for older patients with adult scoliosis, while deformity guides treatment for younger patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:2186–90.

37. Boachie-Adjei O, Gupta MC (1999) Adult scoliosis + deformity. AAOS Instructional Course Lectures 48(39):377–391
38. Bradford DS (1988) Adult scoliosis. Current concepts of treatment. Clin Orthop Relat Res: 70–87
39. Bradford DS, Tay BK, Hu SS (1999) Adult scoliosis: surgical indications, operative management, complications and outcome. Spine 24:2617–2629
40. Bradford DS, Tribus CB. Vertebral column resection for the treatment of rigid coronal decompensation. Spine (Phila Pa 1976) 1997;22:1590-9.
41. Briard JL, Jegou D, Cauchoix J (1979) Adult lumbar scoliosis. Spine 4:526–532
42. Bridwell KH (1996) Where to stop the fusion distally in adult scoliosis: L4, L5, or the sacrum? Instr Course Lect 45:101–107
43. Bridwell KH, Edwards CC 2nd, Lenke LG. The pros and cons to saving the L5-S1 motion segment in a long scoliosis fusion construct. Spine (Phila Pa 1976) 2003;28:S234-42. 28.
44. Buehler, W. J.; Gilfrich, J. W.; Wiley, R. C. (1963). "Effects of Low-Temperature Phase Changes on the Mechanical Properties of Alloys Near Composition TiNi". Journal of Applied Physics. **34** (5): 1475–1477.
45. Byrd JA, Scoles PV, Winter RB et al (1986) Adult idiopathic scoliosis treated by anterior and posterior spinal fusion. Orthop Trans 10:31–32
46. Castelo-Branco C. Management of osteoporosis. An overview. Drugs Aging. 2004. V.12 (Suppl 1). P.25-32.
47. Charosky S, Guigui P, Blamoutier A, Roussouly P, Chopin D; Study Group on Scoliosis. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients. Spine 2012;37:693–700
48. Cornell, C.N. Internal fracture fixation in patients with osteoporosis C.N. Cornell J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 2003. – Vol. 11. – P. 109–119.

49. Cummings RJ, Loveless EA, Campbell J, et al. Interobserver reliability and intraobserver reproducibility of the system of King et al. for the classification of adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:1107–11.
50. Daubs MD, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Does correction of preoperative coronal imbalance make a difference in outcomes of adult patients with deformity? *Spine* 2013;38:476–483
51. Deviren V, Berven S, Kleinstueck F, Antinnes J, Smith JA, Hu SS (2002) Predictors of flexibility and pain patterns in thoracolumbar and lumbar idiopathic scoliosis. *Spine* 27(21):2346–2349
52. Deyo RA, Cherkin DC, Loeser JD, Bigos SJ, Ciol MA (1992) Morbidity and mortality in association with operations on the lumbar spine. The influence of age, diagnosis, and procedure. *J Bone Joint Surg Am* 74(4):536–543
53. Dick J, Boachie-Adjei O, Wilson M (1992) One-stage versus two-stage anterior and posterior spinal reconstruction in adults. Comparison of outcomes including nutritional status, complications rates, hospital costs, and other factors. *Spine* 17(8 Suppl):S310–S316
54. Dickson JH, Mirkovic S, Noble PC, Nalty T, Erwin WD (1995) Results of operative treatment of idiopathic scoliosis in adults. *J Bone Joint Surg Am* 77(4):513–523
55. Duval-Beaupere G, Robain G. Visualization on full spine radiographs of the anatomical connections of the centres of the segmental body mass supported by each vertebra and measured in vivo. *Int Orthop* 1987;11:261–9.
56. Edwards CC 2nd, Bridwell KH, Patel A, et al. Thoracolumbar deformity arthrodesis to L5 in adults: the fate of the L5-S1 disc. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003; 28:2122-31.
57. Epstein JA, Epstein BS, Jones MD (1979) Symptomatic lumbar scoliosis and degenerative changes in the elderly. *Spine* 4:542–547
58. Everett CR, Patel RK. A systematic literature review of nonsurgical treatment in adult scoliosis. *Spine* 2007;32(19,Suppl):S130–S134

59. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine* 2000;25:2940–2952, discussion 2952
60. Fowles JV, Drummond DS, L'Ecuyer S, Roy L, Kassab MT (1978) Untreated scoliosis in the adult. *Clin Orthop Relat Res* Jul–Aug(134):212–217
61. Frazier DD, Lipson SJ, Fossel AH, Katz JN (1997) Study design: associations between spinal deformity and outcomes after decompression for spinal stenosis. *Spine* 22:2025–2029
62. Garfin S.R., Rauschnig W. Spinal stenosis Instr. Course Lect. 2001. Vol. 50. P. 145-152.
63. Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30:682–8.
64. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30:2024-9.
65. Grobler LJ, Moe JH, Winter RB et al. (1978) Loss of lumbar lordosis following surgical correction of thoracolumbar deformities. *Orthop Trans* 2(2):39
66. Grubb SA, Lipscomb HJ (1992) Diagnostic findings in painful adult scoliosis. *Spine* 17(5):518–527
67. Grubb SA, Lipscomb HJ, Coonrad RW (1988) Degenerative adult onset scoliosis. *Spine* 13:241–245
68. Grubb SA, Lipscomb HJ, Suh PB (1994) Results of surgical treatment of painful adult scoliosis. *Spine* 19:1619–1627
69. Guillaumat M (1993) Les scolioses lombaires de l'adulte. In: SOFCOT, Chirurgie du Rachis de l'Adulte. Paris: Expansion Scientifique Française: 199–222
70. Gupta MC. Degenerative scoliosis. Options for surgical management. *Orthop Clin North Am* 2003;34:269-79.27.

71. Hanley Jr EN (1996) Indications for fusion in the lumbar spine. *Bull Hosp Joint Dis* 55:154–157
72. Healy J, Lane J (1985) Structural scoliosis in osteoporotic women. *Clin Orthop* 195:216
73. Horton WC, Holt RT, Muldowny DS (1996) Controversy. Fusion of L5-S1 in adult scoliosis. *Spine* 21:2520–2522
74. Jackson RP, Simmons EH, Stripinus D (1983) Incidence of severity of back pain in adult idiopathic scoliosis. *Spine* 8(7):749–756
75. Johnson JR, Holt RT (1988) Combined use of anterior and posterior surgery for adult scoliosis. *Orthop Clin North Am* 19:361–370.
76. Kauffman, G. B.; Mayo, I. (1997). "The Story of Nitinol: The Serendipitous Discovery of the Memory Metal and Its Applications". *The Chemical Educator*. 2 (2): 1–21.
77. Kelly MP, Lenke LG, Bridwell KH, Agarwal R, Godzik J, Koester L. Fate of the adult revision spinal deformity patient: a single institution experience. *Spine* 2013; 38:E1196–E1200
78. King HA, Moe JH, Bradford DS, et al. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1983;65:1302–13.
79. Kobayashi T., Atsuta Y., Takemitsu M., Matsuno T., Takeda N. A prospective study of de novo scoliosis in a community based cohort *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006. Vol. 31, No 2. P. 178-182.
80. Korovessis P, Piperos G, Sidiropoulos P, Dimas A (1994) Adult idiopathic lumbar scoliosis. A formula for prediction of progression and review of the literature. *Spine* 19(17):1926–1932
81. Kostuik J. *Adult scoliosis: The lumbar spine*. 2nd ed. Vol. 2. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997. P. 733-775.
82. Kostuik JP (1979) Decision making in adult scoliosis. *Spine* 4(6):521–525
83. Kostuik JP (1980) Recent advances in the treatment of painful adult scoliosis. *Clin Orthop* 147:238–252

84. Kostuik JP, Bentivoglio J (1981) The incidence of low back pain in adults with scoliosis. *Spine* 6(3):268–273
85. Kostuik JP, Hall BB (1983) Spinal fusion to the sacrum in adults with scoliosis. *Spine* 8(5):489–500
86. Kostuik JP, Israel J, Hall J (1973) Scoliosis surgery in adults. *Clin Orthop* 93:44
87. Lafage V, Schwab F, Patel A, et al. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:E599–606.
88. Lafage V, Schwab F, Skalli W, et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33:1572–8.
89. Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998;7:99–103.
90. Legaye J, Duval-Beaupere G. Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation. *Acta Orthop Belg* 2005;71:213–20.
91. Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, et al. Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:1097–106.
92. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83:1169–81
93. Li F.-C., Chen Q.-X., Chen W.-Sh., Chen G. Correlation between sagittal spinal and pelvic parameters in degenerative lumbar scoliosis *Chin. J. Orthop.* 2013. Vol. 33, Issue 9. P. 928-934. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2013.09.009.

94. Li G, Passias P, Kozanek M, et al. Adult scoliosis in patients over sixty-five years of age: outcomes of operative versus nonoperative treatment at a minimum two-year follow-up. *Spine* 2009;34:2165–2170
95. Linville DA, Bridwell KH, Lenke LG, Vedantam R, Leicht P (1999) Complications in the adult spinal deformity patient having combined surgery. Does revision increase the risk? *Spine* 24(4):355–363
96. Lowe T, Berven SH, Schwab FJ, et al. The SRS classification for adult spinal deformity: building on the King-Moe and Lenke classification systems. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31:S119–25.
97. Marchesi DG, Aebi M (1992) Pedicle fixation devices in the treatment of adult lumbar scoliosis. *Spine* 17:S304–S309
98. Marchesi DG, Thalgott JS, Aebi M (1991) Application and results of the AO internal fixation system in nontraumatic indications. *Spine* 16:S162–S169
99. McKinley LM, Gaines RW, Leatherman KD (1977) Adult scoliosis: recognition and treatment. *J Ky Med Assoc* 75:235–238
100. Melton L.J. 3rd. How many women have osteoporosis now? *J. Bone Miner. Res.* 2004. V.10. P.175-177.
101. Mesfin A, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Does preoperative narcotic use adversely affect outcomes and complications after spinal deformity surgery? A comparison of nonnarcotic-with narcotic-using groups. *Spine* J 2014;14:2819–2825
102. Micheli L, Riseborough E, Hall J (1977) Scoliosis in the adult. *Orthop Rev* 6:27
103. Mummaneni PV, Shaffrey CI, Lenke LG, et al; Minimally Invasive Surgery Section of the International Spine Study Group. The minimally invasive spinal deformity surgery algorithm: a reproducible rational framework for decision making in minimally invasive spinal deformity surgery. *Neurosurg Focus* 2014;36:E6
104. Murata Y., Takahashi K., Hanaoka E., Utsumi T., Yamagata M., Moriya H. Changes in scoliotic curvature and lordotic angle during the early phase of

- degenerative lumbar scoliosis Spine (Phila Pa 1976). 2002. Vol. 27, No 20. P. 2268-2273.
105. Nachemson A (1979) Adult scoliosis and back pain. Spine 4:512
106. Nuber GW, Schafer MF (1986) Surgical management of adult scoliosis. Clin Orthop Relat Res: 228–237
107. Ogilvie JW (1992) Adult scoliosis: evaluation and nonsurgical treatment. Instr Course Lect 41:251–255
108. Pateder DB, Kostuik JP (2005) Lumbar nerve root palsy after adult spinal deformity surgery. Spine 30(14):1632–1636
109. Perennou D., Marcelli C., Herisson C., Simon L.. Adult lumbar scoliosis. Epidemiologic aspects in a low-back pain population. Spine (Phila Pa 1976). 1994. Vol. 19, No 2. P. 123-128.
110. Pichelmann MA, Lenke LG, Bridwell KH, Good CR, O’Leary PT, Sides BA. Revision rates following primary adult spinal deformity surgery: six hundred forty-three consecutive patients followed-up to twenty-two years postoperative. Spine 2010;35:219–226
111. Polly DW Jr, Hamill CL, Bridwell KH. Debate: to fuse or not to fuse to the sacrum, the fate of the L5-S1 disc. Spine (Phila Pa 1976) 2006;31(19 Suppl): S179-84.
112. Ponseti IV (1968) The pathogenesis of adult scoliosis. In: Zorab PA (eds) Proceedings of second symposium on scoliosis causation. E & Livingstone, Edinburgh
113. Pritchett J.W., Bortel D.T. Degenerative symptomatic lumbar scoliosis Spine (Phila Pa 1976). 1993. Vol.18, No 6. P. 700-703.
114. Ragab, A.A. Surgery of the lumbar spine for spinal stenosis in 118 patients 70 years of age or older A.A. Ragab, M.A. Rye, H.H. Bohlman Spine. – 2003. – Vol. 28. – P. 348–353.
115. Reindl R, Steffen T, Cohen L, Aebi M(2003) Elective lumbar spinal decompression in the elderly: is it a high-risk operation? Can J Surg 46(1):43–46

116. Rinella A, Bridwell K, Kim Y, Rudzki J, Edwards C, Roh M, Lenke L, Berra A (2004) Late complications of adult idiopathic scoliosis primary fusion to L4 and above: the effect of age and distal fusion level. *Spine* 29(3):318–325
117. Robin G, Span Y, Steinberg R et al (1982) Scoliosis in the elderly: a follow-up study. *Spine* 7:355
118. Sansur CA, Smith JS, Coe JD, et al. Scoliosis research society morbidity and mortality of adult scoliosis surgery. *Spine* 2011;36:E593–E597
119. Sapkas G, Efstathiou P, Badekas AT, Antoniadis A, Kyriatzoulis J, Meleteas E (1996) Radiological parameters associated with the evolution of degenerative scoliosis. *Bull Hosp Joint Dis* 55:40–45
120. Sarwahi V, Boachie-Adjei O, Backus SI, et al. Characterization of gait function in patients with postsurgical sagittal (flatback) deformity: a prospective study of 21 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27:2328–37.
121. Scheier HJ (1991) Degenerative scoliosis. *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie* 41:73–74
122. Schwab F, Bess S, Blondel B, et al. Combined Assessment of pelvic tilt, pelvic incidence, lumbar lordosis mismatch and sagittal vertical axis predicts disability in adult spinal deformity: a prospective analysis. Louisville (KY): Scoliosis Research Society; September 14-17, 2011.
123. Schwab F, Dubey A, Gamez L, et al. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. *Spine* 2005;30:1082–1085
124. Schwab F, Dubey A, Pagala M, et al. Adult scoliosis: a health assessment analysis by SF-36. *Spine* 2003;28:602–6.
125. Schwab F, el-Fegoun AB, Gamez L, et al. A lumbar classification of scoliosis in the adult patient: preliminary approach. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30:1670–3.
126. Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, et al. A clinical impact classification of scoliosis in the adult. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31:2109–14.

127. Schwab F, Lafage V, Farcy JP, et al. Surgical rates and operative outcome analysis in thoracolumbar and lumbar major adult scoliosis: application of the new adult deformity classification. *Spine* 2007;32:2723–30.
128. Schwab F, Lafage V, Patel A, et al. Does vertebral level of pedicle subtraction osteotomy correlate with degree of spinopelvic parameter correction? In: North American Spine Society 23rd Annual Meeting. Austin, September 10-13, 2008.
129. Schwab F, Lafage V, Patel A, et al. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:1828–33.
130. Schwab F, Lafage V, Shaffrey C, et al. Pre-operative pelvic parameters must be considered to achieve adequate sagittal balance after lumbar osteotomy. In: international meeting for advanced spinal techniques. Vienna. July 15-18, 2009.
131. Schwab F, Lafage V, Shaffrey C, et al. The SRSSchwab Adult Spinal Deformity Classification: assessment and clinical correlations based on a prospective operative and non-operative cohort. Chicago: Scoliosis Research Society; September 5-8, 2012.
132. Schwab F, Patel A, Ungar B, et al. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35:2224–31.
133. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:1077-82.
134. Schwab F.J., Smith V.A., Biserni M., Gamez L., Farcy J.P., Pagala M. Adult scoliosis: a quantitative radiographic and clinical analysis *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002. Vol. 27, No 4. P. 387-392.
135. Schwab FJ, Blondel B, Bess S, et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38:E803-12.22.

136. Schwab FJ, Hawkinson N, Lafage V, et al; International Spine Study Group. Risk factors for major peri-operative complications in adult spinal deformity surgery: a multi-center review of 953 consecutive patients. *Eur Spine* 2012;21:2603–2610
137. Sengupta D.K., Herkowitz H.N. Lumbar spinal stenosis. Treatment strategies and indications for surgery *Orthop. Clin. North. Am.* 2003. Vol. 34, No 2. P. 281-295.
138. Shapiro GS, Taira G, Boachie-Adjei(2003) Results of surgical treatment of adult idiopathic scoliosis with low back pain and spinal stenosis: a study of long-term clinical radiographic outcomes. *Spine* 28(4):358–363
139. Shufflebarger H, Suk SI, Mardjetko S. Debate: determining the upper instrumented vertebra in the management of adult degenerative scoliosis: stopping at T10 versus L1. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31(19Suppl):S185-94.
140. Silva FE, Lenke LG. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management. *Neurosurg Focus* 2010; 28:E1
141. Simmons ED. Surgical treatment of patients with lumbar spinal stenosis with associated scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(384):45-53.
142. Simmons EH, Jackson RP (1979) The management of nerve root entrapment syndromes associated with the collapsing scoliosis of idiopathic lumbar and thoracolumbar curves. *Spine* 4:533–541
143. Simmons EH, Tramwell TR (1983) Operative management of adult scoliosis. *Surg Musculoskeletal Syst* 4:427–496
144. Simmons Jr ED, Kowalski JM, Simmons EH (1993) The results of surgical treatment for adult scoliosis. *Spine* 18:718–724
145. Smith J, Klineberg E, Schwab F, et al. Change in classification grade by the SRS-Schwab Adult Spinal Deformity (ASD) classification predicts impact on health related quality of life (HRQOL) measures: prospective analysis of operative and nonoperative treatment. Chicago: Scoliosis Research Society; September 5-8, 2012. b SA, Lipscomb HJ, Suh PB. Results

146. Smith JA, Deviren V, Berven S, Bradford DS (2002) Does instrumented anterior scoliosis surgery lead to kyphosis, pseudarthrosis, or inadequate correction in adults? *Spine* 27(5):529–534
147. Smith JS, Shaffrey CI, Berven S, et al; Spinal Deformity Study Group. Improvement of back pain with operative and nonoperative treatment in adults with scoliosis. *Neurosurgery* 2009;65:86–93, discussion 93–94
148. Smith JS, Shaffrey CI, Berven S, et al; Spinal Deformity Study Group. Operative versus nonoperative treatment of leg pain in adults with scoliosis: a retrospective review of a prospective multicenter database with two-year followup. *Spine* 2009;34: 1693–1698
149. Sponseller PD, Cohen MS, Nachemson AL, Hall JE, Wohl ME (1987) Results of surgical treatment of adults with idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 69(5):667–675
150. Stagnara P (1969) Scoliosis in adults. Surgical treatment of severe forms. *Excerpta Med Found Int Cong* 192947
151. Swank S, Lonstein JE, Moe JH, Winter RB, Bradford DS (1981) Surgical treatment of adult scoliosis. A review of two hundred and twenty-two cases. *J Bone Joint Surg* 63-A:268–287
152. Takahashi S, Delcroix J, Passuti N (2002) Surgical treatment of idiopathic scoliosis in adults: an age-related analysis of outcome. *Spine* 27(16):1742–1748
153. Tribus CB (2003) Degenerative lumbar scoliosis: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg* 11(3):174–183
154. Vaccaro AR, Ball ST. Indications for instrumentation in degenerative lumbar spinal disorders. *Orthopedics* 2000;23:260-71.
155. Van Dam BE (1988) Nonoperative treatment of adult scoliosis. *Orthop Clin North Am* 19:347–351
156. Van Dam BE (1988) Operative treatment of adult scoliosis with posterior fusion and instrumentation. *Orthop Clin North Am* 19:353–359

157. Van Dam BE, Bradford DS, Lonstein JE, Moe JH, Ogilvie W, Winter RB (1987) Adult idiopathic scoliosis treated by posterior spinal fusion and Harrington instrumentation. *Spine* 12:32–36
158. Veldhuizen A.G., Scholten P.J. Kinematics of the scoliotic spine as related to the normal spine *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987. Vol. 12, No 9. P. 852-858.
159. Velis KP, Healey JH, Schneider R (1988) Osteoporosis in unstable adult scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*: 132–141
- a. Wang, F. E.; Buehler, W. J.; Pickart, S. J. (1965). "Crystal Structure and a Unique Martensitic Transition of TiNi". *Journal of Applied Physics*. 36 (10): 3232–3239.
160. Winter R, Lonstein J (1983) Adult scoliosis. In: Evarts CMC (ed) Instructional course lectures. American Academy of Orthopaedic Surgeons, vol XXXII. CV Mosby, St. Louis
161. Winter RB, Lonstein JE, Denis F (1988) Pain patterns in adult scoliosis. *Orthop Clin North Am* 19:339–345
162. Yadla S, Maltenfort MG, Ratliff JK, Harrop JS. Adult scoliosis surgery outcomes: a systematic review. *Neurosurg Focus* 2010;28:E3
163. Yang BP, Chen LA, Ondra SL. A novel mathematical model of the sagittal spine: application to pedicle subtraction osteotomy for correction of fixed sagittal deformity. *Spine J* 2008;8:359–66.