

*А. В. Крутько, В. В. Рерих,
В. М. Прохоренко, О. Н. Леонова*

**НАРУШЕНИЯ САГИТТАЛЬНОГО
БАЛАНСА ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ
И ПОВРЕЖДЕНИЯХ
ПОЗВОНОЧНИКА**

Учебное пособие

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский
институт травматологии и ортопедии им. Я. Л. Цивяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

*А. В. Крутько, В. В. Рерих,
В. М. Прохоренко, О. Н. Леонова*

**НАРУШЕНИЯ САГИТТАЛЬНОГО
БАЛАНСА ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ
И ПОВРЕЖДЕНИЯХ
ПОЗВОНОЧНИКА**

Учебное пособие

Новосибирск
2020

УДК 616.711:611.711(075)

ББК 54.58я73

Н 28

Рецензенты

- А. А. Кулешов — д-р мед. наук, заведующий 14-м отделением вертебрологии ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова» Минздрава России;
А. А. Афакунов — д-р мед. наук, проф., заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России

Авторы

- А. В. Крутько — д-р мед. наук, начальник отделения нейропротервологи ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивъяна» Минздрава России;
В. В. Рерих — д-р мед. наук, проф. кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, главный научный сотрудник ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивъяна» Минздрава России, начальник отделения патологии позвоночника ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивъяна» Минздрава России;
В. М. Прохоренко — д-р мед. наук, проф., заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, главный научный сотрудник ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивъяна» Минздрава России;
О. Н. Леонова — канд. мед. наук, научный сотрудник ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивъяна» Минздрава России

Крутько А. В.

Н 28 Нарушения сагиттального баланса при заболеваниях и повреждениях позвоночника: учебное пособие для врачей / А. В. Крутько, В. В. Рерих, В. М. Прохоренко, О. Н. Леонова. — Новосибирск : ИПЦ НГМУ, 2020. — 80 с.

В учебном пособии приводятся технология измерений сагиттального баланса и принципы планирования хирургической коррекции его грубых изменений.

Пособие предназначено для врачей, занимающихся хирургическим лечением патологии позвоночника, аспирантов, клинических ординаторов в качестве учебного материала.

УДК 616.711:611.711(075)

ББК 54.58я73

© Крутько А. В., Рерих В. В.,
Прохоренко В. М., Леонова О. Н., 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	4
ВВЕДЕНИЕ	5
БАЛАНС ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА	13
МЕХАНИЗМЫ КОМПЕНСАЦИИ САГИТТАЛЬНОГО ДИСБАЛАНСА	23
РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА	33
ДИАГНОСТИКА	40
ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ	41
ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ	43
МЕХАНИЗМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ КОРРЕКЦИИ	53
ОСТЕОТОМИИ ПОЗВОНОЧНИКА	71
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	73
Список литературы	74

Список сокращений

ЛФК —	лечебная физкультура
МПД —	межпозвонковый диск
МРТ —	магнитно-резонансная томография
МСКТ —	мультисрезовая компьютерная томография
ОЦМ —	общий центр массы тела
ПДС —	позвоночно-двигательный сегмент
СБ —	сагиттальный баланс
СПТБ —	сагиттальный позвоночно-тазовый баланс
ТПФ —	транспедикулярная фиксация
FBI —	Full Balance Integrated index (интегративный индекс расчета баланса)
FOA —	angle of femur obliquity (угол наклона бедра относительно вертикали)
GLL —	global lumbar lordosis (глобальный поясничный лордоз)
IF —	interbody fusion (межтеловой спондиолодез)
LL —	lumbar lordosis (поясничный лордоз)
ODI —	Oswestry disability index (индекс функциональной дееспособности для поясничного отдела позвоночника)
PA —	pelvisacral angle (тазово-крестцовый угол)
PI —	pelvic Incidence (позвоночно-тазовый индекс)
PL —	pelvic lordosis (угол наклона таза)
PLIF —	posterior lumbar interbody fusion (задний поясничный межтеловой спондиолодез)
PT —	pelvic tilt (угол тазового склонения)
PTCA —	Pelvic tilt compensation angle (угол компенсаторного наклона таза)
SFD —	sacro-femoral distance (крестцово-бедренное расстояние)
SS —	sacral slope (наклон крестца)
SSA —	spino-sacral angle (позвоночно-крестцовый угол)
SVA —	sagittal vertebral axis (сагиттальная ось позвоночника)
TK —	thoracic kyphosis (грудной кифоз)
TLIF —	transforaminal lumbar interbody fusion (трансфораминальный поясничный межтеловой спондиолодез)

ВВЕДЕНИЕ

Дегенеративные поражения поясничного отдела позвоночника и связанные с ними боли и неврологические проявления относятся к одной из важнейших проблем современной медицины. Это обусловлено стабильно высоким количеством больных трудоспособного возраста, зачастую неудовлетворительными результатами консервативной терапии, частыми рецидивами болевого синдрома после хирургического лечения. Доля дегенеративных заболеваний позвоночника, поражающих людей наиболее активной социальной группы, составляет от 20 до 80 % случаев временной нетрудоспособности. В структуре заболеваемости взрослого населения нашей страны дегенеративные заболевания поясничного отдела составляют 48–52 %, занимая первое место по числу дней нетрудоспособности. В общей структуре причин первичной инвалидности дегенеративные заболевания позвоночника составляют 20,4 % и занимают первое место (41,1 %). В структуре заболеваемости периферической нервной системы вертебробогенная патология является ведущей, а основное место в ней занимает остеохондроз позвоночника (77–81 %).

Пациенты с клинически значимыми проявлениями дегенеративных заболеваний позвоночника составляют 51,2 случая на 1000 населения. Компрессионные и некомпрессионные формы остеохондроза начинают диагностироваться с 15–19 лет (2,6 случая на 1000 населения данной возрастной категории), а уже к 30 годам клинические проявления остеохондроза диагностируются у 1,1 % населения, к 59 годам — у 82,5 % населения. Боли в спине ограничивают жизнедеятельность, снижают качество жизни пациентов, изменяют психику и поведение людей. Более чем у половины пациентов, страдающих остеохондрозом позвоночника, имеются признаки хронического эмоционального напряжения.

Частота встречаемости дегенеративных поражений дисков растет в геометрической прогрессии в связи с демографическими изменениями: увеличением среднего и старшего возраста населения, ведением преимущественно сидячего образа жизни.

По данным разных исследователей, несмотря на большие возможности консервативной терапии, в хирургическом лечении поясничного остеохондроза нуждаются от 5 до 33 % больных. При наличии показаний зачастую только хирургическое лечение пациентов с данной патологией может предотвратить инвалидизацию и сократить срок возвращения трудоспособности. С каждым годом отмечается увеличение числа проводимых оперативных вмешательств на структурах позвоночника.

Жалобы и анамнез пациента с нарушением постурального или сагиттального балансов соответствуют течению основного патологического процесса: болевой синдром, двигательные, статические и чувствительные нарушения разной степени выраженности.

Специфичными при нарушении сагиттального баланса являются устойчивое нарушение осанки и изменение стереотипа движений.

В процессе развития человека вертикальное положение тела обеспечивается за счет формирования физиологических изгибов позвоночника и постурального мышечного баланса: эта система стремится увеличить площадь устойчивости.

Ведущая роль в реализации этой приспособительной активности принадлежит мышцам тазового пояса, где расположен центр тяжести тела. Анatomические особенности таза и позвоночника имеют большое значение в вертикализации и формировании осанки, прогнозировании развития дегенеративно-дистрофических изменений в позвоночнике.

В головном мозге на основе проприоцептивной афферентации создается вертикальная модель тела, центр тяжести которой должен совпадать с образом. Только в этом случае будет обеспечен постуральный мышечный баланс в вертикальном положении тела при минимальных мышечных затратах. В случае несовпадения с образом происходит коррекция баланса тела на основе обратной связи.

В норме центр тяжести тела имеет колебания в сагиттальной плоскости при ходьбе. Грудной кифоз и шейный и поясничный лордозы увеличивают диапазон колебаний тела с максимальной устойчивостью в вертикальном положении за счет расширения площади устойчивости. Во фронтальной плоскости эти колебания не существенны, поэтому в норме искривления позвоночника в этой плоскости отсутствуют. Асимметрия, например в шейно-тонических рефлексах в результате каких-то патологических воздействий, вызывает несовпадение во фронтальной плоскости смоделированного центра тяжести и реального. Чтобы обеспечить в такой ситуации макси-

мальную устойчивость тела во фронтальной плоскости с минимальными затратами, организм стремится увеличить диапазон устойчивости системы за счет развития сколиоза. Срабатывает точно такой же механизм, как в сагиттальной плоскости.

При изменении параметров сагиттального позвоночно-тазового баланса, в том числе поясничного лордоза, начинается перестройка механизмов компенсации баланса с изменениями:

- осанки;
- расположения нижних конечностей относительно проекции общего центра массы тела;
- стереотипа движений.

На сегодняшний день оценка параметров сагиттального баланса становится стандартной практикой в клинических учреждениях, занимающихся хирургией позвоночника. Важно подчеркнуть, что эта концепция достаточно нова, поэтому принципы оценки сагиттального баланса и формулы для его описания постоянно уточняются. Накоплен большой статистический материал, на основе которого выведено множество корреляций, формул и коэффициентов, но выводы и стандарты не являются окончательными: вертебрология — на этапе развития этой концепции.

До настоящего времени нет точных данных об этиологии дегенеративных заболеваний позвоночника. Существует лишь ряд теорий, рассматривающих в качестве причин развития дегенеративных поражений позвоночника различные факторы: инволютивные, дизонтогенные, механические, иммунные, гормональные, дисметаболические, сосудистые, инфекционные, функциональные и наследственные.

Наиболее распространенной является инволютивная теория, согласно которой происходит локальное преждевременное старение хряща и кости в результате предшествовавших повреждений — механических, воспалительных и т. п. Согласно этой теории, развитие инволютивных дегенеративных изменений в позвоночнике predeterminedо генетически, а возникновение дегенерации как болезни, с соответствующими клиническими проявлениями, обусловлено влиянием различных эндогенных и экзогенных факторов. Травмы, патология нижних конечностей, малоподвижный образ жизни, сидячая работа, вредные привычки и однообразное питание — все это приводит к развитию хронических недугов позвоночного столба. Чаще всего страдает поясничный отдел позвоночника, который испытывает максимальные нагрузки: появляется дискомфорт, существенно снижается качество жизни.

Термины и определения

Глобальный баланс — анатомо-рентгенологическая характеристика позвоночника, угол между вертикальной линией и линией, соединяющей центр бикоксофеморального расстояния и вершину зуба C2 позвонка (C2–HA angle). Угол этот как маркер хорошего глобального баланса (рис. 1) должен быть близок к 0° .



Рис. 1. Определение величины глобального баланса

Глобальный поясничный лордоз (global lumbar lordosis, GLL) — величина угла лордозированного поясничного отдела по-

звоночника, измеренная между замыкательной пластинкой S1 позвонка и перпендикуляром к сегменту в переходной точке между лордотическим и кифотическим профилем позвоночника (рис. 2).

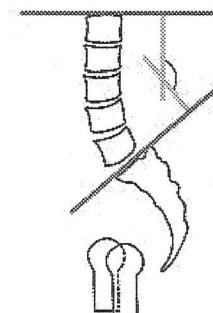


Рис. 2. Определение величины глобального лордоза

Индекс Barrey — позволяет оценить глобальный сагittalный баланс позвоночника выше таза. Индекс Barrey равен отношению отклонения сагиттальной вертикальной оси (SVA) к крестцово-бедренному расстоянию (SFD).

Интегративный индекс расчета баланса (Ful Balance Integrated index, FBI angle of correction, FBI) представляет сумму трех разных углов.

$$\text{FBI} = \text{C7TA} + \text{FOA} + \text{PTCA}.$$

C7 TA (angle of C7 translation) — угол трансляции C7 позвонка — угол, образованный линией, проведенной из центра C7 позвонка к передней поверхности L4 позвонка, и вертикалью, проведенной через S1 и L4 позвонки.

FOA (femur obliquity angle) — угол наклона бедренной кости относительно вертикальной линии.

PTCA (Pelvic tilt compensation angle) — угол компенсаторного наклона таза.

Конус экономии — способность позвоночного столба регулировать свой баланс в трех плоскостях (коронарной / фронтальной, сагиттальной и аксиальной) без внешней поддержки с минимумом мышечного напряжения (Jean Dubousset, 1975), (рис. 3).

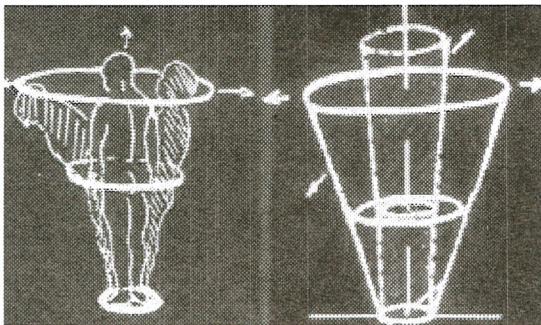


Рис. 3. Схематическое изображение конуса экономии

Корреляция параметров сагиттального баланса и дегенеративных изменений позвоночных сегментов определяется следующими параметрами: при малых величинах PI, SS и GLL преобладают дегенеративные изменения дисков, при больших величинах — дегенеративные изменения дугоотростчатых суставов и суммарная тяжесть дегенерации заднего опорного комплекса.

Крестцово-бедренное расстояние (sacro-femoral distance, SFD) — горизонтальная дистанция между центром головок бедренных костей и вертикальной линией, проведенной через задний край замыкательной пластинки S1 позвонка.

Линия гравитации (gravitational line) — вертикальная линия, проведенная через центр тяжести (GL).

Наклон крестца (Sacral slope, SS) — угол между верхней замыкательной пластинкой первого крестцового S1 позвонка и горизонтальной плоскостью. Это угол между горизонтальной линией (OD) и верхней поверхностью крестца (OB) (рис. 4).

Наклон таза / позвоночно-тазовый индекс (Pelvis Incidence, PI) — угол, образованный линией, проведенной через центр головок бедренных костей к середине замыкательной пластинки S1 позвонка, и перпендикуляром, восстановленным из середины замыкательной пластинки S1. При несовпадении контуров правой и левой головок бедер точка F располагается на середине бикоксофеморальной линии, соединяющей центры головок.

Отклонение таза (Pelvic Tilt, PT) — угол между вертикалью, проведенной через центр головок бедренных костей (FD), и линией, проведенной через центр головок бедренных костей, к середине замыкательной пластинки S1 позвонка.

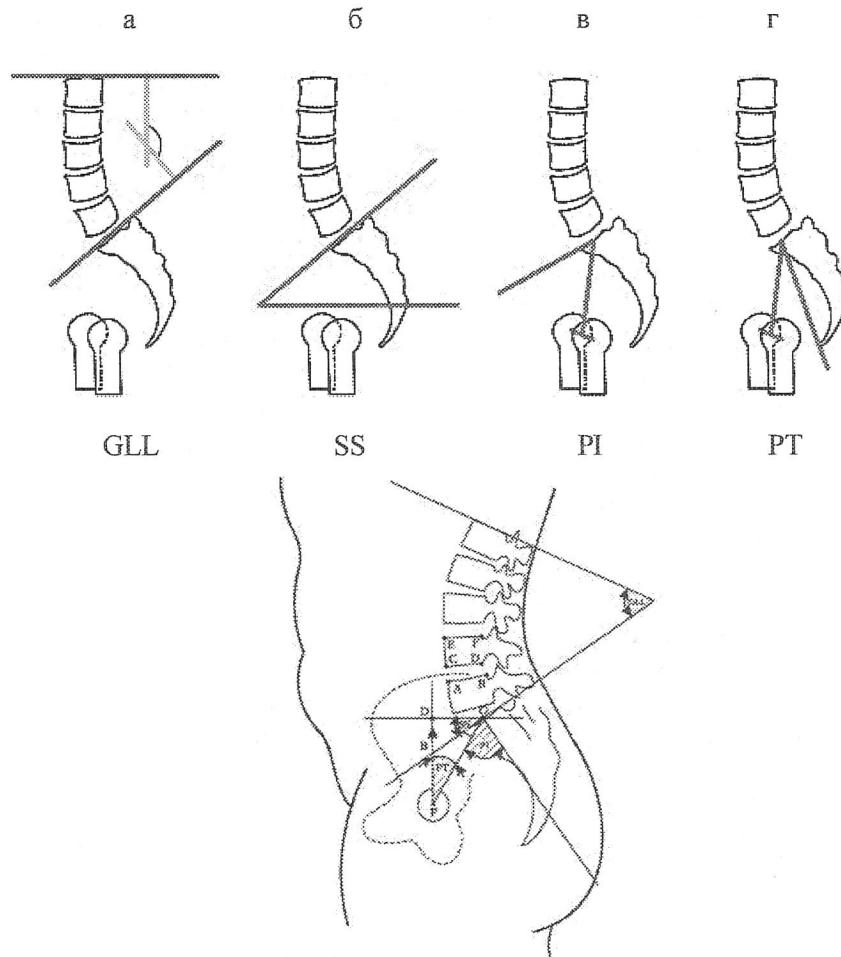


Рис. 4. Основные параметры сагиттального баланса, определяемые по боковой спондилограмме:

а — GLL — поясничный лордоз; б — SS — наклон крестца;
в — PI — позвоночно-тазовый индекс; г — PT — угол тазового склонения

Точка O — середина замыкательной пластинки S1 позвонка.

Позвоночно-крестцовый угол — угол между замыкательной пластинкой S1 и линией, соединяющей центр C7 позвонка с серединой замыкательной пластинки S1. Коррелирует с SS и GLL.

Постуральный баланс человека — способность поддерживать и управлять общим центром массы тела (ОЦМ) в пределах базы поддержки его опоры для предотвращения падения или потери равновесия в статических и динамических условиях. Нарушение постурального баланса понимается как приводящая к неустойчивости положения тела совокупность дисбаланса мышечного тонуса с недостаточностью контроля над движениями туловища.

Постуральная деформация — позиционная, неструктурная деформация позвоночника.

Сагиттальная ось позвоночника (SVA) — вертикаль, проведенная из центра тела C7 (C7 PL) до замыкательной пластиинки S1. Если ее дистанция до заднего края верхней замыкательной пластиинки S1 составляет менее 50 мм, пациент сбалансирован.

Сагиттальный позвоночно-тазовый баланс, или сагиттальный баланс позвоночника — феномен динамического равновесия между формой позвоночного столба и механизмами, ее поддерживающими и компенсирующими отклонения в гармоничном профиле позвоночника, таза и положения нижних конечностей при минимальном напряжении мышц.

Стабилография (стабилометрия, постурография) — графическая регистрация колебания центра тяжести тела в положении стоя за счет давления стоп пациента на платформу. Метод позволяет оценить способность удерживать равновесие, применяется для исследования функционального состояния вестибулярного анализатора, мозжечка и др.

Тазово-крестцовый угол — угол, сформированный верхней замыкательной пластиинкой S1 позвонка, и линией, построенной от ее середины к середине расстояния между центрами ротации тазобедренных суставов (тазобедренная ось).

Тазовые индексы постуральные — это функциональные параметры, зависящие от положения крестца в сагиттальной плоскости. Они могут компенсироваться пациентом за счет постуральных изменений: угол тазового склонения и наклон крестца.

Тазовые индексы структуральные — только один тазово-крестцовый угол (PA).

Общий центр массы тела, ОЦМ — всегда располагается на уровне II крестцового позвонка позади поперечной линии, соединяющей центры тазобедренных суставов.

БАЛАНС ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Для вертикального положения тела человека сохранение равновесия является главной задачей. Для устойчивого равновесия надо, чтобы перпендикуляр из центра тяжести падал на площадь, занимаемую обеими ступнями. Тело устойчивее, если площадь опоры шире и ОЦМ расположен ниже. Однако, напрягая соответствующие мышцы, человек может удержать тело в различных положениях (в известных пределах) даже тогда, когда проекция центра тяжести выведена за пределы площади опоры (сильный наклон туловища вперед, в стороны и т. д.). Части тела (голова, туловище, конечности) при этом занимают соответствующее каждой из них положение. Однако если будет нарушено соотношение частей тела (например, вытягивание рук вперед, сгибание позвоночника при стоянии и т. д.), то соответственно изменяются положение и равновесие других частей тела. Статические и динамические моменты действия мускулатуры находятся в прямой связи с положением центра тяжести тела.

Вместе с тем стояние и передвижение тела человека также нельзя считать устойчивыми. При относительно длинных ногах человек имеет сравнительно небольшую площадь опоры. Поскольку общий центр тяжести тела у человека расположен сравнительно высоко (на уровне II крестцового позвонка), а опорная площадь (площадь двух подошв и пространства между ними) незначительна, устойчивость тела очень невелика (рис. 5).

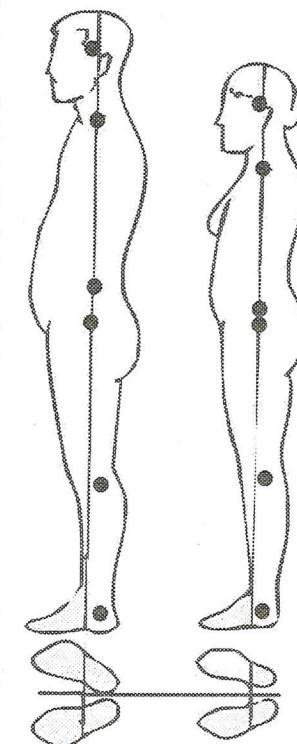


Рис. 5. Расположение общего центра тяжести массы тела (ОЦМ), центра тяжести головы, поперечные оси суставов нижних конечностей

Стремление тела упасть вперед при стоянии обусловлено прохождением вертикали центра тяжести впереди (на 3–4 см) от попечной оси голеностопных суставов. Падению противостоят действия мышц задней поверхности голени. Если отвесная линия центра тяжести переместится еще дальше кпереди — к пальцам, то сокращением задних мышц голени пятка приподнимается, отрывается от плоскости опоры, отвесная линия центра тяжести перемещается вперед, и опорой служат пальцы стопы.

Позвоночно-тазовый сагиттальный баланс — соотношение между формой позвоночного столба и положением таза. Позвоночник и таз балансируют относительно оси бедра таким образом, чтобы общая линия гравитации проходила через головки бедренных костей. Форма таза, тазовые индексы описывают положение крестца. Форма позвоночника варьирует в большей степени, и, как правило, адаптируется к положению таза, например, при высоком значении SS отмечается и выраженный лордоз. Но такая корреляция отмечается не всегда и тогда формируется механически неоптимальная модель, что приводит к развитию дегенеративных изменений.

Нарушение сагиттального баланса — это отклонение от равновесного состояния суммы всех (в норме — физиологических) изгибов позвоночника.

В норме в положении стоя (по данным рентгенографии) линия, проведенная через центр тела C7 позвонка и центр диска L5–S1, параллельна линии отвеса.

Сагиттальный баланс определяется величиной SVA: если ее дистанция до заднего края верхней замыкателной пластинки S1 составляет менее 50 мм, пациент сбалансирован.

SVA — отклонение сагиттальной вертикальной оси — горизонтальное расстояние от линии отвеса из тела C7 позвонка до заднего края замыкателной пластинки S1.

Линия гравитации (Gravity Line, GL) — характеризующая постуральный баланс вертикальная линия, проходящая через головки бедренных костей и центр тяжести тела, параллельна линии отвеса; является результирующей силы тяжести и мышечных сил, направленных на поддержание вертикальной позы.

Линия гравитации в норме проходит:

- во фронтальной плоскости — правее срединной линии;
- в сагиттальной плоскости — кпереди от SVA, на расстоянии в среднем 20,3–35,3 мм (–11,3 — смещение кзади, +61,6 — смещение кпереди) от заднего края замыкателной пластинки S1.

При исследовании параметров баланса в популяции в трех возрастных группах установлено (рис. 6):

- линия гравитации всегда проходит спереди от позвоночника;
- с возрастом сагиттальная ось смещается кпереди;

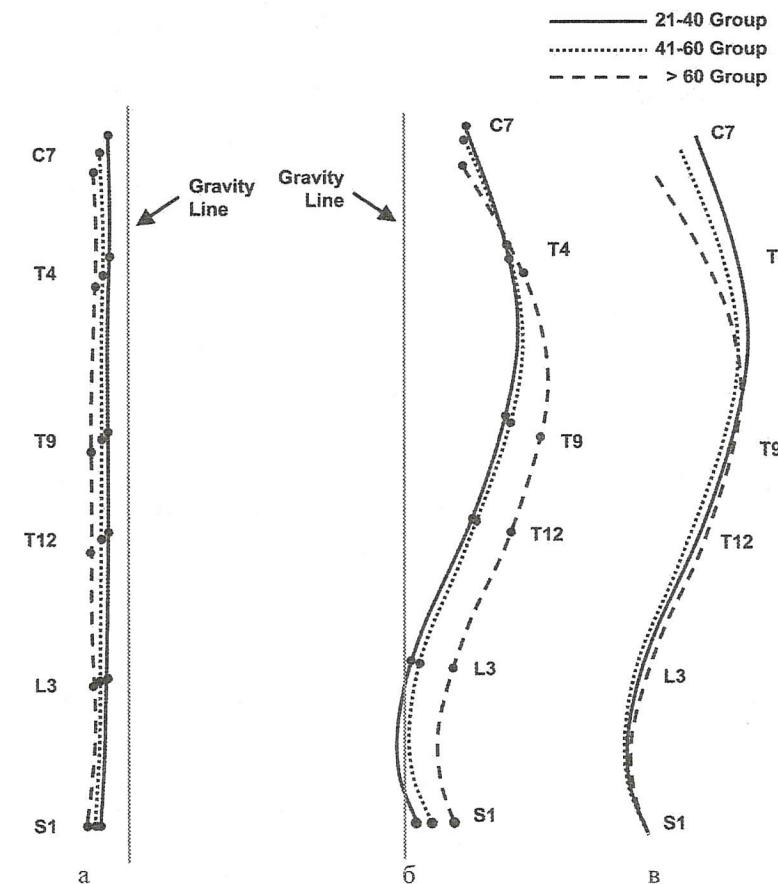


Рис. 6. Соотношение между линией гравитации и осью позвоночника в трех возрастных группах: а — во фронтальной плоскости во всех возрастных группах линия гравитации расположена правее оси позвоночника; б — в сагиттальной плоскости линия гравитации в младшей возрастной группе (21–40 лет) пересекает сегмент L4–L5, в остальных возрастных группах проходит кпереди от позвоночника; в — сравнение форм позвоночника в разных возрастных группах при центрации относительно S1

- с возрастом увеличивается величина грудного кифоза;
- с возрастом положение линии гравитации относительно пяточных костей остается неизменным;
- с возрастом таз смещается несколько кзади и подвергается небольшой ретровезии (увеличивается PT);
- вертлужные впадины являются наиболее надежным рентгенологическим маркером линии гравитации.

Это исследование доказывает наличие возрастных изменений в позвоночно-тазовых соотношениях и количественно обосновывает концепцию Dubousset «конуса экономии».

Изменение положения таза можно рассматривать как механизм возрастной компенсации изменений формы позвоночника.

Основные параметры сагittalного баланса

Приводим ряд актуальных на текущий момент параметров сагittalного баланса и этапность шагов для их оценки, а также биомеханические принципы восстановления правильного сагиттального профиля.

Pelvic Incidence (PI)

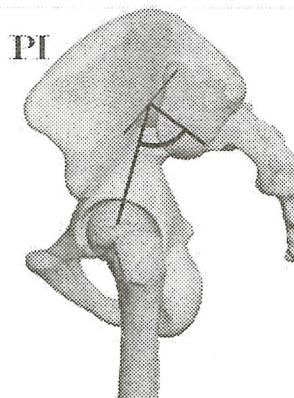


Рис. 7. Определение значения параметра PI

PI — угол, образованный линией, проведенной через центр головок бедренных костей к середине замыкательной пластинки S1, и линией, перпендикулярной этой замыкательной пластинке (рис. 7).

PI строго индивидуален и является константой. Как индивидуальный фиксированный параметр дает возможность рассчитывать другие позвоночно-тазовые параметры — PT, SS, LL.

Важно отметить, что из-за вариабельности величины PI все параметры пациентов существенно различаются, поэтому анализ данных нужно производить по трем группам пациентов: с низким PI $< 45^\circ$; средним PI = 45° – 65° и высоким PI $> 65^\circ$.

Постуральные тазовые индексы

PT и SS — функциональные параметры, зависящие от положения крестца в сагиттальной плоскости (рис. 8). В то же время эти параметры могут компенсироваться пациентом за счет постуральных изменений.

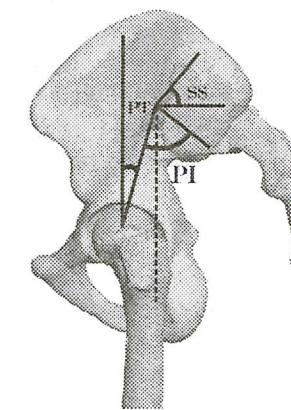


Рис. 8. Схематическое изображение взаимоотношения измеряемых углов

Pelvic Tilt (PT)

PT — угол между вертикальной линией и линией, проведенной через центр головок бедренных костей к середине замыкательной пластинки S1, отражает вращение таза относительно головок бедренных костей.

РТ — позиционный параметр, его изменение отражает как изменения положения самого таза, так и сагиттального баланса в целом.

В нормальном положении таза (низкий РТ) ось веса туловища (передается в основном через замыкательную пластинку S1) расположена вблизи оси силы тяжести (передается в основном через тазобедренные суставы), при этом плечо силы короткое и врачающий момент низкий.

Увеличение длины плеча силы приводит к увеличению крутящего момента, которому противодействует работа мышц. Утомление и длительное напряжение мышц приводят к болям в спине.

Чем больше величина РІ, тем больше возможность компенсации баланса в ходе дегенеративного процесса за счет наклона таза вследствие большей степени свободы РТ.

Sacral Slope (SS)

SS — угол между замыкательной пластинкой S1 и горизонтальной линией, отражает вращение таза относительно головок бедренных костей, определяет поясничный лордоз:

- если показатель SS низкий, то и GLL также низкий;
- если показатель SS высокий, то показатель GLL также высокий.

Global Lumbar Lordosis (GLL)

GLL — величина угла лордозированного поясничного отдела позвоночника, измеренная между замыкательной пластинкой S1 и перпендикуляром к сегменту в переходной точке между лордотическим и кифотическим профилем позвоночника.

Если общий лордоз поясничного отдела позвоночника разделить горизонтальной линией, проходящей через вершину лордоза, на две части — верхнюю и нижнюю составляющую, то часть, расположенная выше этой линии, имеет фиксированную величину сегментарного лордоза — 25°, а часть ниже этой линии вариабельна и составляет около 75 % глобального лордоза (рис. 9).

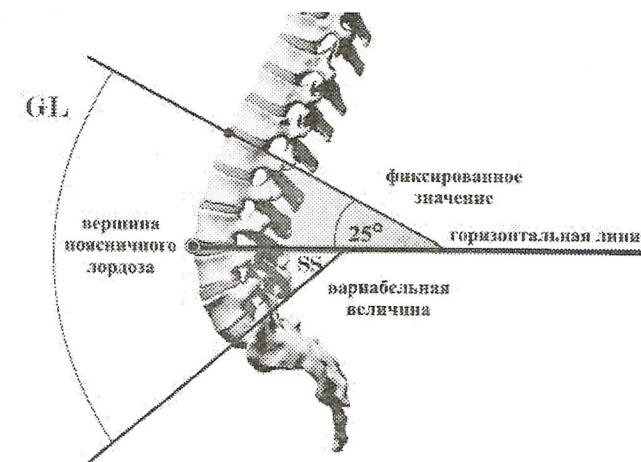


Рис. 9. Схематическое изображение общего поясничного лордоза

Лордоз на уровне сегментов L4–S1 составляет 66 % общего поясничного лордоза. Поэтому при восстановлении поясничного лордоза самыми значимыми являются именно нижние сегменты (рис. 10).

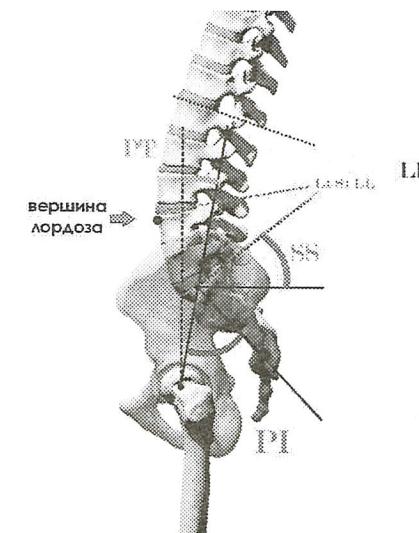


Рис. 10. Схема определения параметров сагиттального баланса

GLL — параметр, величина которого может быть изменена хирургом в ходе оперативного вмешательства в соответствии с предоперационным планированием и расчётом.

Для восстановления общего поясничного лордоза именно нижние сегменты, обычно L4–S1, имеют решающее значение, и корригирующие манипуляции на этих уровнях наиболее эффективны.

Величины лордоза и кифоза и, соответственно, сагittalный профиль позвоночного столба, высоко коррелируют с параметрами тазовых индексов (рис. 11):

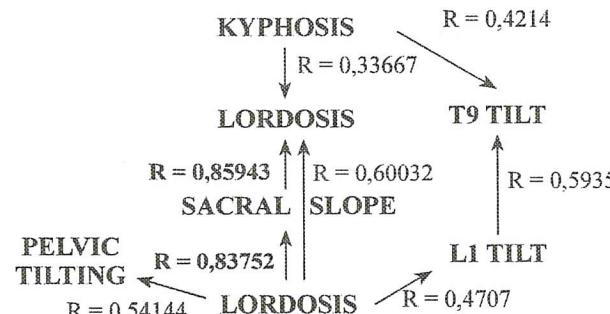


Рис. 11. Схема корреляций грудного кифоза, поясничного лордоза с параметрами тазовых индексов

Дополнительные параметры

Рекомендуется использовать для планирования объема коррекции, при выполнении остеотомии для расчёта величины поясничного лордоза, при короткосегментарной фиксации металлоконструкциями.

Full Balance Integrated index (FBI)

FBI — интегративный индекс расчёта сагиттального баланса (рис. 12).

$$\text{FBI angle of correction} = \text{C7 TA} + \text{FOA} + \text{PTCA}.$$

В норме FBI < 5°.

Оцениваются три угловые величины.

C7 TA — угол трансляции C7 позвонка:

- поясничный лордоз при дисбалансе обычно уменьшен; вершина лордоза в популяции чаще на уровне L4;

- для восстановления баланса линия отвеса из C7 должна проходить через замыкальную пластинку S1;

- для восстановления правильных взаимоотношений точку «a» необходимо переместить в точку «b» — идеальное положение для C7 — получаем угол с вершиной на L4 как идеальной вершиной лордоза.

FOA (angle of femur obliquity) — угол наклона бедра относительно вертикали: в норме бедро вертикально; при сгибании бедра происходит и сгибание в коленных суставах на ту же величину угла — компенсаторный механизм, но не оптимальный с точки зрения экономичности сил для поддержания баланса.

PTCA (angle of tilt compensation) — угол компенсаторного наклона таза:

- PT — вариабельный индекс, от 9°–12° (1–2 тип, по Roussouly) до 25° и более (при 4 типе);

- у 80 % популяции значение PT около 15°. Если индекс существенно выше, то это отражает ретроверсию таза как компенсаторный механизм. Коррекция угла ретроверсии должна быть добавлена к общей величине коррекции. По опыту, рекомендуется:

- если PT менее 15°, — коррекцию этого показателя не учтем в расчетах;

- если PT между 15° и 25°, — добавляем в план коррекции 5°;
- если PT более 25°, — 10°.

Индекс Barrey и SSA позволяют оценить глобальный сагиттальный баланс позвоночника выше таза.

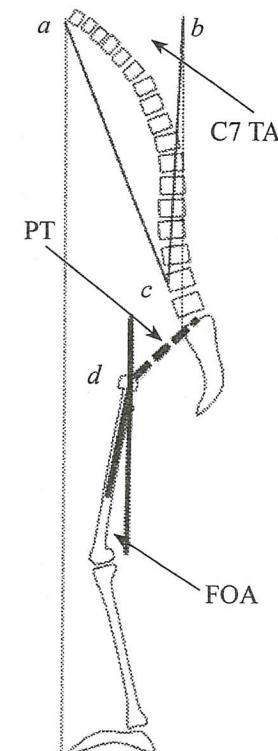


Рис. 12. Схема направления векторов параметров, определяющих FBI

Индекс Barrey

Индекс Barrey = SVA / SFD.

SVA — отклонение сагиттальной вертикальной оси — горизонтальное расстояние от линии отвеса из тела C7 позвонка до заднего края замыкательной пластиинки S1.

SFD — крестцово-бедренное расстояние — горизонтальная дистанция между центром головок бедренных костей и вертикальной линией, проведенной через задний край замыкательной пластиинки S1.

В норме SVA / SFD = $-0,9 \pm 1$.

Варианты показателей индекса Barrey:

- равно 0, когда линия отвеса проходит точно по заднему краю верхней замыкательной пластиинки S1;
- равно 1, когда линия отвеса проходит точно через головки бедренных костей;
- менее 0, когда линия проходит дорсальнее заднего края замыкательной пластиинки S1;
- больше 1, когда линия проходит кпереди от головок бедренных костей.

Spino-Sacral Angle (SSA)

SSA — позвоночно-крестцовый угол — определяется как угол между замыкательной пластиинкой S1 и линией, соединяющей центр C7 с серединой замыкательной пластиинки S1.

В норме SSA = $134,7 \pm 8,1$.

Возможно использование SSA вместо измерения линейного расстояния от SVA до S1. Угловая характеристика SSA более объективна для описания положения SVA относительно крестца.

МЕХАНИЗМЫ КОМПЕНСАЦИИ САГИТТАЛЬНОГО ДИСБАЛАНСА

Возрастные изменения в позвоночнике проявляются развитием артроза фасеточных суставов, дегенеративными изменениями дисков, ремоделированием костной ткани, атрофией мышц-экстензоров, что, в свою очередь, приводит к уменьшению лордоза и кифозированию поясничного отдела позвоночника с риском развития глобального сагиттального дисбаланса.

В процессе возрастных изменений происходит увеличение сегментов, включаемых в процесс кифозирования, что обеспечивает некоторую компенсацию сагиттального баланса, но вызывает соответствующие патологические изменения. В попытке скомпенсировать дисбаланс позвоночника формируется ретроверзия таза, затем сгибание в тазобедренных и коленных суставах.

Компенсаторные механизмы опорно-двигательной системы в попытке скомпенсировать дисбаланс — причина прогрессирования дегенеративных процессов в позвоночнике.

Возможные механизмы компенсации (рис. 13).

За счет структур позвоночника:

- гиперлордоз в шейном отделе позвоночника;
- уменьшение грудного кифоза;
- дископатии или ретролистез;
- переразгибание в смежных сегментах.

За счет изменения позвоночно-тазовых параметров:

- ретроверзия (увеличение PT);
- уменьшение SS (горизонтальное расположение верхней замыкательной пластиинки S1 очень вероятно связано с наклоном таза кзади).

За счет нижних конечностей:

- сгибание в коленных суставах;
- тыльное сгибание в голеностопных суставах.

Формы сагиттального профиля позвоночника при реализации механизмов компенсации дисбаланса (рис. 14):

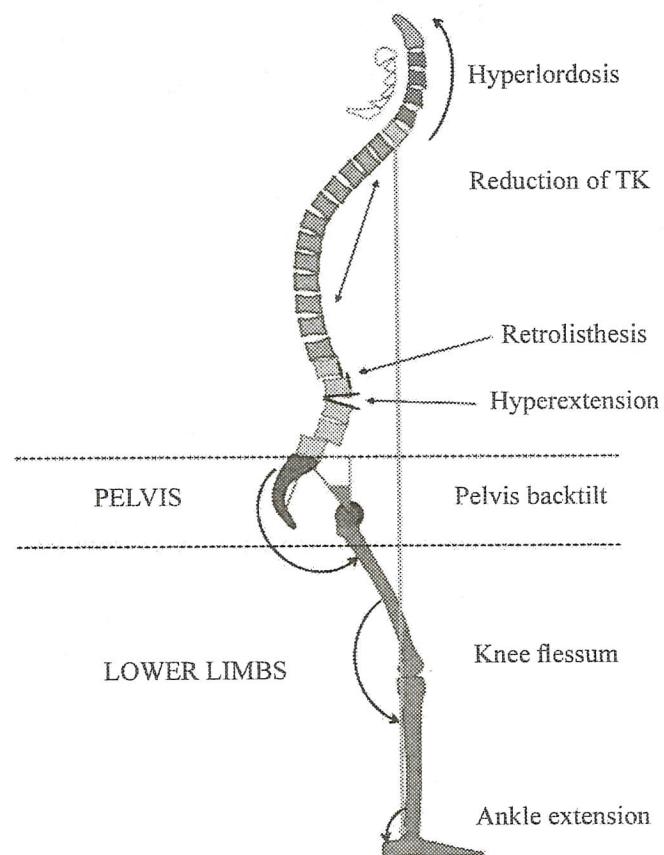


Рис. 13. Схема различных компенсаторных механизмов за счет структур позвоночника, положения таза, нижних конечностей

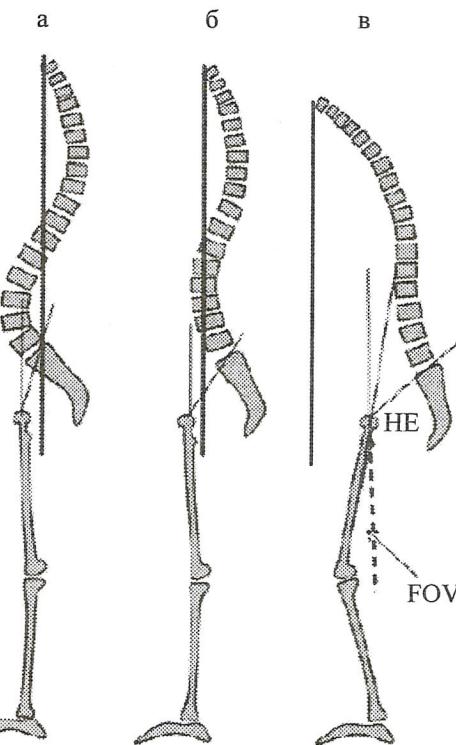
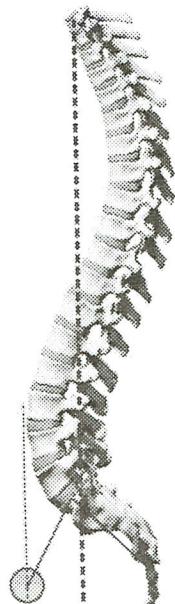


Рис. 14. Формы сагиттального профиля позвоночника при включении механизмов компенсации дисбаланса:
 а — сбалансированный позвоночник. GL проходит через таз и пятонные кости, компенсаторные механизмы отсутствуют;
 б — уплощение поясничного лордоза, сагиттальный баланс компенсирован за счет ретроверзии таза. GL проходит через таз и пятонные кости благодаря включению компенсаторных механизмов;
 в — нейромышечные механизмы и ретроверзия таза не могут скомпенсировать сагиттальный баланс: пациент сгибает нижние конечности в коленных суставах (FOV), чтобы максимально сместить линию отвеса. GL смешена кпереди несмотря на активно включенные компенсаторные механизмы, а также за счет сгибания бедра (HE)

Однако в процессе включения механизмов компенсации дисбаланса могут отмечаться различные варианты формирования сагittalного профиля позвоночника (рис. 15).

а



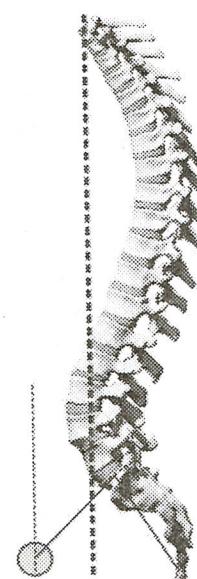
а — сбалансированный.

Линия отвеса, проведенная через С7 позвонок, проходит близко к заднему краю замыкающей пластинки S1 позвонка.

Соотношение SVA / SFD близко к 0.

Механизмы компенсации не активированы.

б



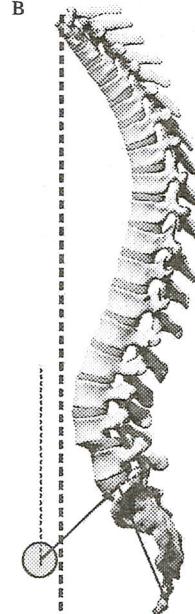
б — компенсированный дисбаланс.

Линия отвеса, проведенная через С7 позвонок, проходит ближе к заднему краю замыкающей пластинки S1 позвонка, чем к головке бедра.

Соотношение SVA / SFD < 0,5.

Механизмы компенсации присутствуют.

в



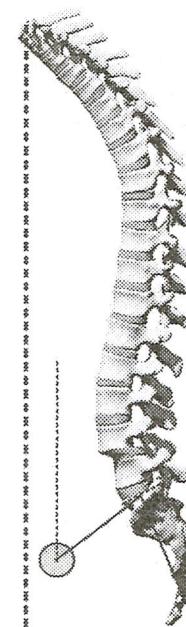
в — частично компенсированный.

Линия отвеса, проведенная через С7 позвонок, проходит ближе к головке бедра, чем к заднему краю замыкающей пластинки S1 позвонка.

Соотношение SVA / SFD > 0,5.

Механизмы компенсации присутствуют.

г



г — декомпенсированный.

Линия отвеса, проведенная через С7 позвонок, проходит кпереди от головки бедра.

Соотношение SVA / SFD > 1.

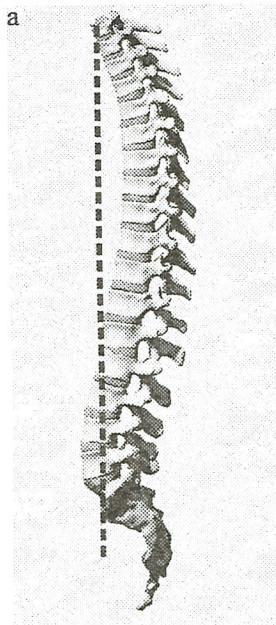
Механизмы компенсации присутствуют, но недостаточны, чтобы поддержать баланс.

Рис. 15. Варианты сагиттального профиля по степени включения компенсаторных механизмов (C. Barrey, JC Le Huec)

Типы поясничного лордоза и предрасположенность к дегенеративным процессам определенного типа и локализации (по Rousset)

Ключевыми факторами, влияющими на развитие дегенеративных заболеваний, являются — сагиттальный дисбаланс (смещение кпереди C7), уменьшение лордоза наклон таза кзади (ретроверзия).

Для каждого из типов сагиттального профиля характерны свои зоны повышенной нагрузки на структуры позвоночника, что предопределяет прогрессирование типовых дегенеративных процессов.



a — тип 1 (20 %):

- короткий лордоз;
- вершина лордоза L5;
- SS < 35°;
- PI < 50°;
- вершина поясничного лордоза на уровне центра тела L5 позвонка;
- нижняя часть дуги лордоза минимальна, стремится к нулю, так как верхняя замыкательная пластина S1 и SS стремятся к горизонтали;
- точка изгиба находится низко и кзади, формируя короткий лордоз с отрицательным углом наклона лордоза.

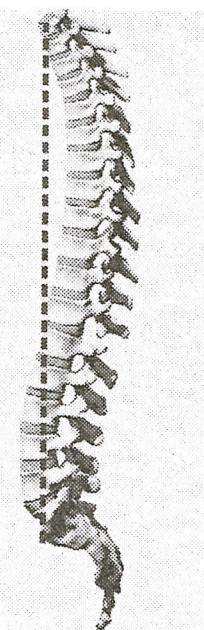
Течение дегенеративного процесса при типе 1:

- дископатия в области грудо-поясничного перехода;
- листез в переходной зоне;
- перегрузка фасеточных суставов;
- «целующиеся» остистые отростки;
- спондилолиз;
- гиперэкстензия.

Течение дегенеративного процесса при типе 2:

- повышение внутридискового давления;
- ранняя дископатия и формирование грыж дисков;
- многоуровневое дегенеративное поражение дисков.

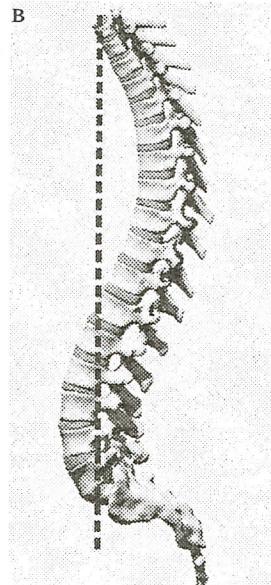
б



б — тип 2 (10 %):

- короткий лордоз;
- вершина лордоза L4;
- SS < 35°;
- PI < 45°;
- вершина поясничного лордоза на уровне основания тела L4 позвонка;
- нижняя часть дуги лордоза относительно плоская;
- точка изгиба находится выше и более кпереди, уменьшая угол наклона лордоза, но увеличивается число тел позвонков, включенных в лордотическую дугу;
- позвоночник в целом относительно гиполордотичный и гипокифотичный.

в



в — тип 3 (40 %):

- гармоничный профиль;
- 45° < PI < 55°;
- вершина поясничного лордоза на уровне центра тела L4 позвонка;
- нижняя часть дуги лордоза становится более выпуклой;
- точка изгиба находится в области грудо-поясничного перехода, угол наклона лордоза стремится к нулю;
- в среднем 4 позвонка включено в лордотическую дугу.

Течение дегенеративного процесса при типе 3 — естественное течение процесса старения позвоночника:

- поздняя дископатия и артроз фасеточных суставов,
- многоуровневый стеноз.

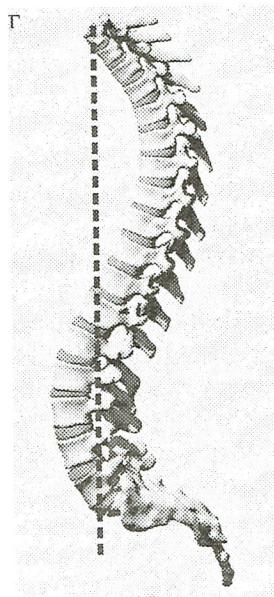


Рис. 16. Типы поясничного лордоза

Течение дегенеративного процесса при типе 4:

- гиперлордоз;
- поясничные диски сохраняют свою высоту, поскольку линия максимальной нагрузки проходит в области фасеточных суставов (высокая частота артропатии фасеточных суставов).

В юном возрасте поясничный лордоз и грудной кифоз выражены, высокий PI:

- выраженный протяженный лордоз,
- невысокое внутридисковое давление,
- большой ROM позвоночника (высокая амплитуда сегментарных движений),
- максимально активное состояние мускулатуры.

В процессе старения происходит:

— уменьшение лордоза вследствие многоуровневой дископатии, формирование сагittalного дисбаланса и увеличение PT как попытка скомпенсировать передний дисбаланс;

— высокий риск сочетания стеноза (за счет гипертрофии фасеточных суставов на фоне их артоза) и спондилолистеза (дегенеративного или истмического);

— формируются «целующиеся» остистые отростки.

Особенности позвоночно-тазовых взаимоотношений при дегенеративных процессах различных типов:

У пациентов в ходе прогрессирования дегенеративного процесса происходит смещение линии отвеса кпереди, уменьшение лордоза, ретроверзия таза. На рис. 17 представлены:

а) если PI низкий (тип 1 и 2, по Roussouly), то развивается грыжа диска, дегенеративное поражение диска

б) если PI высокий (тип 3 и 4, по Roussouly), развивается спондилолистез.

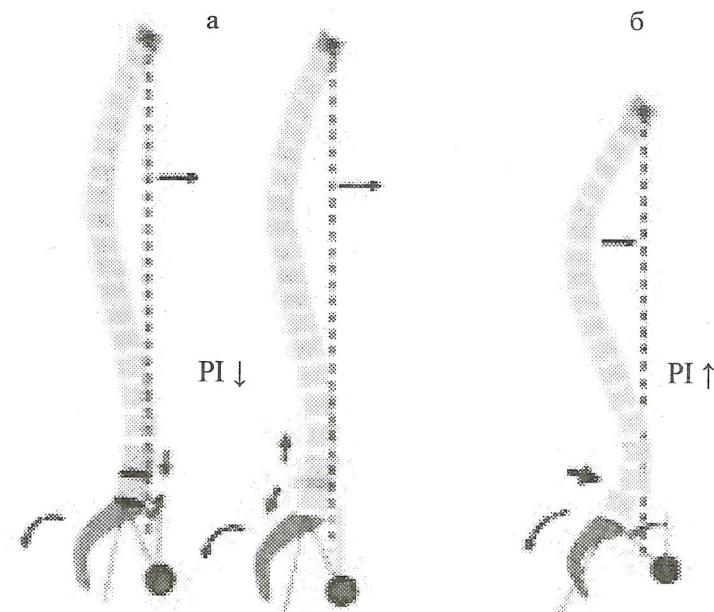


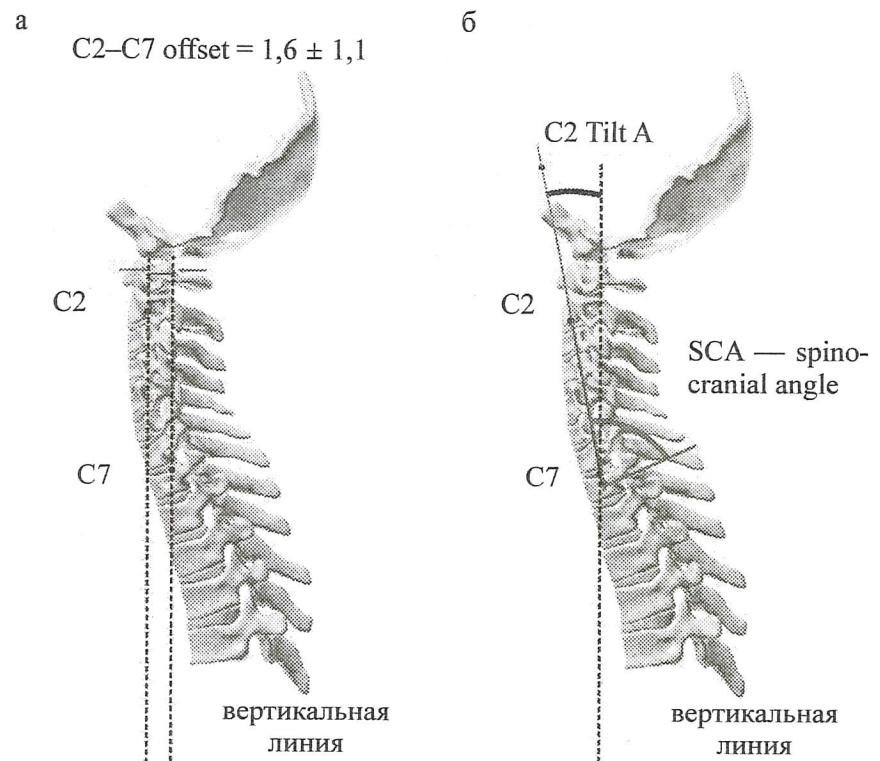
Рис. 17. Влияние позвоночно-тазовых взаимоотношений на развитие дегенеративно-дистрофических процессов в ПОП

Таким образом, у пациентов с увеличенным PI выше риск развития спондилолистеза.

У пациентов, страдающих болями в спине, более чем в 80 % случаев дегенеративный процесс локализуется на уровне сегментов L4–L5, L5–S1.

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА

Анализ параметров шейного отдела позвоночника и крацио-цервикальных соотношений



- а — C2C7 offset = 1,6 см ± 1,1 расстояние между вертикальными линиями, проведенными через задние края нижних замыкательных пластин тел C2 и C7;
- б — C2 Tilt Angle — угол между вертикальной линией, проходящей через центр C7, и линией, проходящей через центр нижней замыкательной пластины C2 и центр C7;

в

SCA — spino-cranial angle

$$SCA = 90^\circ - C7 \text{ slope} + ST \text{ tilt}$$

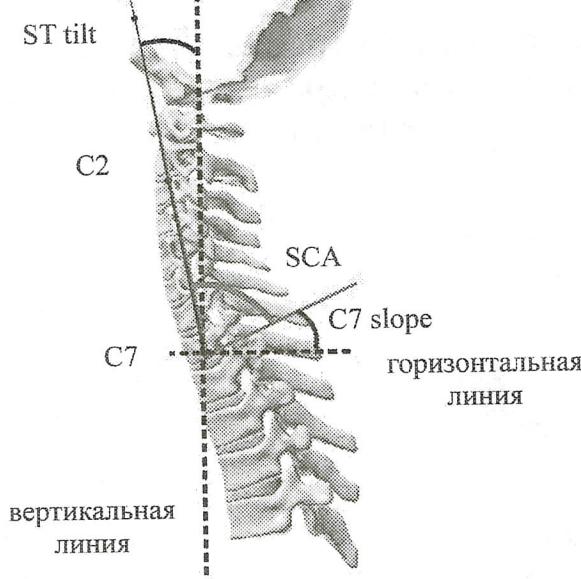


Рис. 18. Анализ параметров шейного отдела позвоночника и крацио-цервикальных соотношений

- в — SCA (spino-cranial angle) = $83^\circ \pm 9^\circ$ (85°) угол между линией, проведенной от турецкого седла к середине замыкательной пластины C7, и линией, параллельной замыкательной пластинке C7;
- б, в — C7 slope < 35° — угол между нижней замыкательной пластинкой C7 и горизонтальной линией; в среднем около 20° : если C7 slope < 20° , отдел C2—C7 прямой или кифозирован; если C7 slope > 20° , сегмент C2—C7 имеет лордотическую форму.

Взаимосвязь между позвоночно-крациальным углом и другими показателями описывается формулой:

$$SCA = 90^\circ - C7 \text{ slope} + ST \text{ tilt}$$

ST tilt — угол между вертикальной линией, проходящей через C7, и линией, соединяющей центр турецкого седла и центр тела C7.

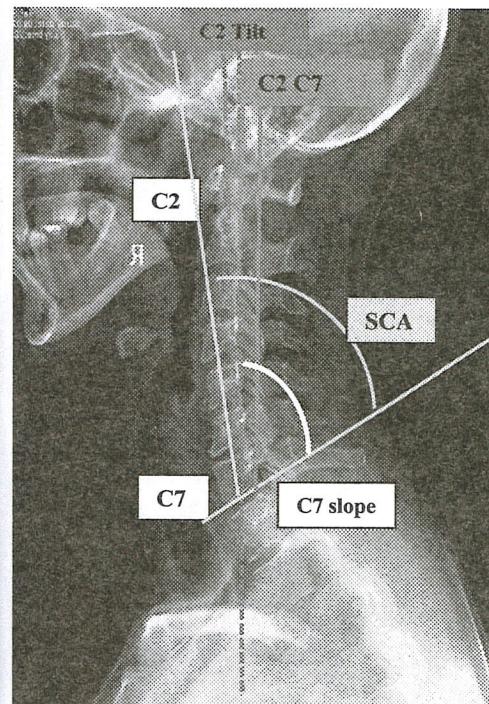


Рис. 19. Пример расчета параметров шейного отдела позвоночника и крацио-цервикальных соотношений

Важно отметить, что параметры сагиттального баланса шейного отдела позвоночника не коррелируют с тазовыми параметрами, а определяются положением головы. C7 slope и величина шейного лордоза коррелируют с величиной грудного кифоза ($r = 0,351$ и $r = 0,322$ соответственно).

Анализ параметров поясничного отдела позвоночника, положения таза и позвоночно-тазовых соотношений

Изучение спондилограммы дает ответы на вопросы:

- сбалансирован ли пациент;
- как расположены линия отвеса и линия гравитации;
- гармоничны ли изгибы позвоночника;
- требуется ли коррекция сагittalного или фронтального баланса;
- стабильны ли позвоночно-двигательные сегменты до оперативного лечения;
- изменится ли позвоночно-двигательный сегмент после декомпрессии или остеотомии.

Минимально необходимые измерения, формулы и расчеты, имеющие практическое значение:

$$PT = 0,4 \times PI - 11^\circ$$

$$SS = PI \times 0,5 + 15^\circ$$

$$LL = 0,54 \times PI + 27^\circ$$

вершина GLL в 90 % случаев на L4

$$L4-S1 = 66 \% \text{ GLL}$$

$$L4-L5 = 26 \% \text{ GLL}$$

$$L5-S1 = 66 \% \text{ GLL} - 26 \% \text{ GLL}$$

$$TK = 0,75 \times GLL$$

Средние значения параметров:

Тазовые индексы:

$$PI = 51^\circ - 53^\circ$$

$$PT = 11,1^\circ - 13^\circ$$

$$SS = 39,6^\circ - 41,7^\circ$$

Форма позвоночника:

$$LL = 58,2^\circ - 60,9^\circ$$

$$TK = 46,3^\circ - 45,5^\circ$$

Параметры глобального баланса:

$$SSA = 134,7^\circ \pm 8,1^\circ$$

$$SVA < 50 \text{ мм}$$

$$\text{Индекс Barthe SVA/SFD} = -0,9 \pm 1$$

$$FBI < 5^\circ$$

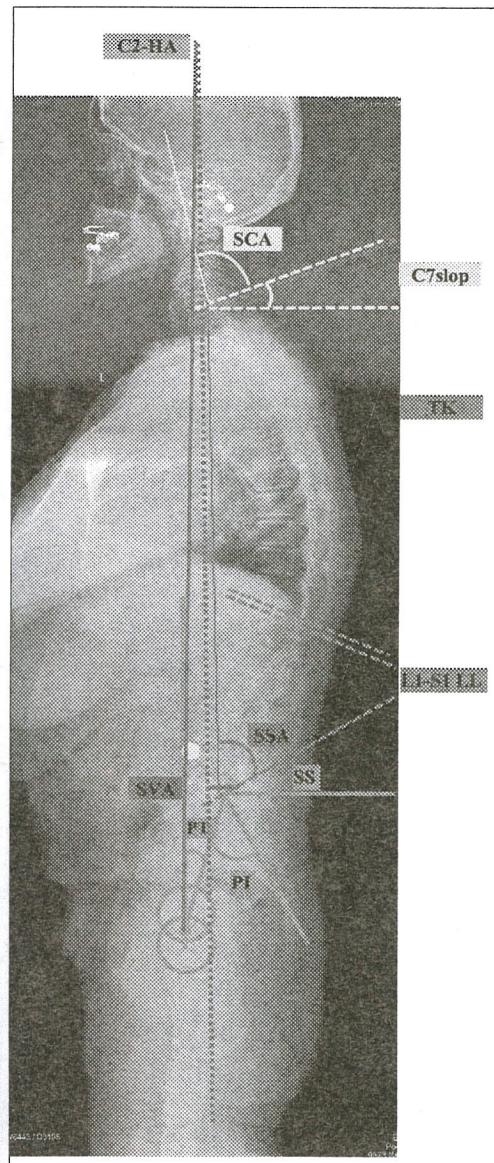


Рис. 20. Определение параметров гармоничного сагиттального профиля по рентгенограмме

$$PT = 0,4 \times PI - 11^\circ$$

$$SS = 0,5 \times PI + 15^\circ$$

$$LL = 0,54 \times PI + 27^\circ$$

вершина GLL в 90 % случаев на L4

$$L4-S1 = 66 \% \text{ GLL}$$

$$L4-L5 = 26 \% \text{ GLL}$$

$$TK = 0,75 \times GLL$$

$$C7 \text{ slope} < 35^\circ$$

$$SVA < 50 \text{ мм}$$

$$T1 \text{ Pelvic Angel} < 13^\circ$$

C2-HA angle близок к 0°

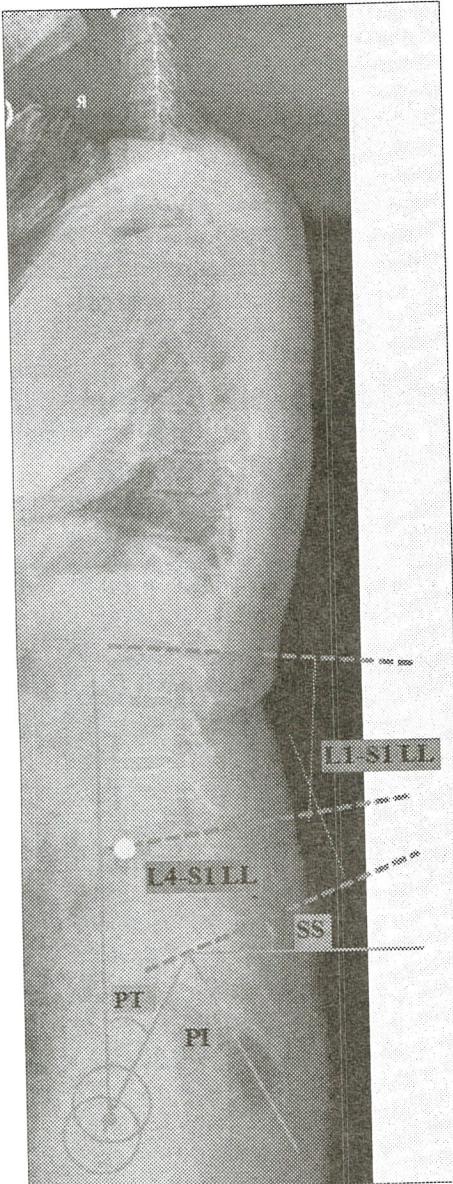


Рис. 21. Пример расчета параметров сагиттального профиля поясничного отдела позвоночника

Данные результатов измерений по рентгенограмме:

$$PI = 50^\circ$$

$$PT = 26^\circ$$

$$SS = 1^\circ$$

$$L1-S1 = 35^\circ \text{ (GLL)}$$

$$L4-S1 = 12^\circ$$

Сегментарный лордоз:

$$L4-L5 = 5^\circ$$

$$L5-S1 = 9^\circ$$

Вершина лордоза L4

$$L5-S1 \text{ DL (дисковый лордоз)} = 1^\circ$$

$$FBI = C7 TA + FOA + PT CA = 5^\circ + 1^\circ + 26^\circ = 32^\circ$$

Теоретически желаемые параметры:

$$PI = 50^\circ$$

$$PT = 0,4 PI - 11^\circ = 0,4 \times 50^\circ - 11^\circ = 9^\circ$$

$$SS = 0,5 PI + 15^\circ = 0,5 \times 50^\circ + 15^\circ = 40^\circ$$

$$GLL = 0,54 PI + 27^\circ = 0,54 \times 50^\circ + 27^\circ = 53^\circ$$

$$L4-S1 = 66 \% GLL = 0,66 \times 53^\circ = 35^\circ$$

Сегментарный лордоз:

$$L4-L5 = 26 \% GLL = 0,26 \times 53^\circ = 14^\circ$$



Рис. 22. Пример негармоничного сагиттального профиля

Расчет индексов по рентгенограмме:

$$PI = 53^\circ$$

$$PT = 36^\circ$$

$$L1-S1 = 21^\circ \text{ (GLL)}$$

$$L4-S1 = 16^\circ$$

$$L4-L5 = -1^\circ$$

$$SVA = 60 \text{ мм}$$

Теоретически желаемые параметры:

$$PI = 53^\circ$$

$$PT = 0,4 PI - 11^\circ = 0,4 \times 53,1^\circ - 11^\circ = 10^\circ$$

$$SS = 0,5 PI + 15^\circ = 0,5 \times 53,1^\circ + 15 = 42^\circ$$

$$SVA < 50 \text{ мм}$$

$$GLL = 0,54 PI + 27^\circ = 0,54 \times 53 + 27^\circ = 56^\circ$$

$$L4-S1 = 66 \% GLL = 35^\circ$$

$$L4-L5 = 26 \% GLL = 14^\circ$$

ДИАГНОСТИКА

Перед проведением инструментальных методов диагностики необходимо уточнить данные анамнеза заболевания и жизни:

- давность и возможную причину появления болевого синдрома, локализацию и субъективное ощущение боли;
- наличие двигательных, статических и чувствительных расстройств;
- наличие сопутствующих заболеваний и состояний, аллергических реакций и лекарственной непереносимости.

Обследовать пациента следует без одежды в положениях стоя и сидя, при необходимости — лежа. Могут выявиться: патологическая поза с анталгическим (противоболевым) сколиозом, изменения физиологических грудного кифоза и поясничного лордоза. Необходимо выяснить, возникли эти изменения осанки с момента болевого приступа или они существовали и раньше.

Для определения характеристик сагиттального баланса провести спондиографию в положении стоя с захватом всех отделов позвоночника и таза (рентгенография в step-режиме). Спондиография позволит также определить строение костных тканей, наличие аномалий, остеофитов, выраженных изменений в фасеточных суставах и т. д. Дополнительно могут быть применены различные рентгенологические технологии: обзорная, прицельная и функциональная спондиография, миелография, дисковидиаграфия.

Для получения представления о балансе позвоночника оцениваются:

- тазовые структуральные и постуральные индексы;
- форма позвоночника (величина, ориентация и форма лордотических и кифотических изгибов);
- параметры глобального баланса (положения линии отвеса, линии гравитации, центра тяжести);
- корреляция геометрических параметров формы позвоночника и таза;
- присутствие компенсаторных механизмов.

ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Перед операцией сегментарного спондилодеза следует выполнить:

- оценку рентгенограммы от C7 до бедренных костей в положении стоя;
- расчет тазовых индексов, величин лордозов и кифозов и определение типа сагиттального профиля позвоночника;
- оценку корреляции между позвоночно-тазовыми индексами и параметрами глобального сагиттального баланса;
- оценку степени компенсации баланса, присутствия и выраженности компенсаторных механизмов;
- расчет величины необходимой коррекции в сагиттальной плоскости за счет FBI индекса.

Предоперационное планирование основано на результатах:

1. Анализ поясничного лордоза:

рассчитываем действующий LL:

$$LL = 0,54 PI + 27^\circ$$

вершина GLL в 90 % случаев располагается на уровне L4.

2. Анализ тазовых параметров:

PI известен, рассчитываем PT, SS:

PT — оцениваем положения таза:

$$PT = 0,4 PI - 11^\circ$$

$$SS = PI \times 0,5 + 15^\circ$$

3. Анализ сегментарных взаимоотношений:

Оценка сегментарного лордоза на уровне пораженного сегмента, а также сегментов выше и ниже пораженного:

$$L4-L5 LL = 26 \% L1-S1 LL;$$

$$L4-S1 LL = 66 \% L1-S1 LL.$$

Лордоз на уровне сегментов L4–S1 составляет 2 / 3 (66 %) общего лордоза L1–S1, поэтому при восстановлении поясничного лордоза самыми значимыми являются именно нижние сегменты.

4. Анализ компенсаторных механизмов:

Включение компенсаторных механизмов, за счет каких структур.

В результате оперативного лечения должны быть достигнуты планируемые параметры:

- правильное положение таза;
- нормальная величина поясничного лордоза;
- правильные соотношения величин сегментарных углов;
- выключение компенсаторных механизмов.

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ

Показаниями для хирургического лечения являются неэффективность консервативного лечения, выраженный болевой синдром, не купирующийся медикаментозно, прогрессирование неврологической симптоматики, а также нарушение сагиттального баланса. Устранение нестабильности позвоночно-двигательного сегмента, коррекция сагиттального баланса могут быть выполнены только оперативным путем с применением стабилизирующего инструментария.

Рекомендуется планировать хирургическое лечение, основываясь на рассчитанных параметрах сагиттального баланса по данным предоперационной спондилограмии в step-режиме. При предоперационном планировании следует измерить параметры, оценить их соответствие существующим, выявить наличие компенсаторных механизмов, определить необходимую величину и техническую возможность коррекции. Например, если требуется коррекция 45°, можно выполнить SPO на 3–4 уровнях, или PSO на одном уровне и SPO на 1–2 уровнях.

Вид и протяженность задней внутренней фиксации (винтовой или крючковой) зависит от выраженности и распространенности дегенеративных поражений, анатомических особенностей позвоночника. На предоперационном этапе планируются:

- варианты конструкции (винтовая, крючковая, комбинированная);
- способы установки фиксирующих элементов конструкции (для винтов — транспедикулярно, трансартрикулярно, экстрапедикулярно и т. д., для крючков — ламинарный зацеп, зацеп за поперечные отростки и т. д.);
- количество фиксируемых сегментов.

После адекватной декомпрессии корректируется фронтальный и/или сагиттальный дисбаланс и фиксируются позвоночно-двигательные сегменты в положении достигнутой коррекции.

Объемные операции, связанные с высоким риском неврологических осложнений, не могут рассматриваться как утилитарные,

они должны выполняться в специализированных клиниках опытными специалистами под интраоперационным нейрофизиологическим контролем и с дополнительной возможностью восполнения кровопотери.

Измерение параметров позвоночника по спондилограмме

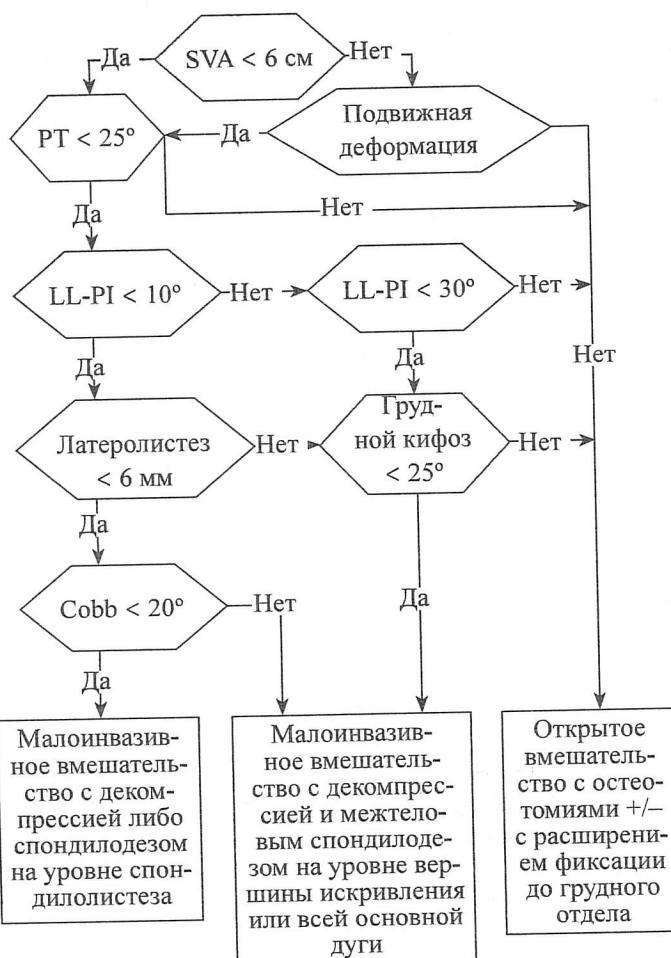


Рис. 23. Алгоритм принятия решения о возможности коррекции деформации позвоночника с применением минимально-инвазивных технологий с учетом показателей сагittalного баланса

При сочетании нарушений сагиттального баланса и патологии тазобедренных суставов в первую очередь рекомендуется провести оперативное лечение суставов: за счет восстановления их функций, появится возможность подключить компенсаторные механизмы в виде ретроверзии таза.

Хирургическая коррекция соотношения PI-LL может приводить к спонтанному уменьшению угла сгибания в коленном суставе, причем, степень уменьшения угла сгибания отчасти зависит от величины коррекции соотношения PI-LL.

Восстановление пояснично-тазовых соотношений приводит к спонтанной коррекции ретроверзии таза и грудного кифоза (уменьшение гиперэкстензии).

При выполнении протяженного спондилодеза у пожилых пациентов рекомендуется включать таз в зону фиксации, поскольку возникшее увеличение PI может быть причиной стойких послеоперационных болей в поясничном отделе позвоночника вследствие ротационного напряжения в крестцово-подвздошных сочленениях.

PI после хирургического лечения может меняться в следующих случаях:

- увеличивается у пациентов старше 65 лет при протяженной фиксации с включением в зону спондилодеза S1 позвонка;
- уменьшается у пациентов различных возрастных групп при протяженной фиксации с включением в зону спондилодеза S1 позвонка и выполнением тазовой фиксации.

Форсированное разгибание бедер и поясничного отдела позвоночника на операционном столе приводит к ротации крестца кзади относительно таза и интраоперационному уменьшению PI. После выполнения подвздошной фиксации эти изменения PI сохраняются в послеоперационном периоде и проявляются клинически значимыми различиями в показателях. Этот факт необходимо учитывать при планировании величины коррекции сагиттального баланса, в частности, ожидаемого лордоза у пациентов с подвздошно-тазовой фиксацией.

Общий поясничный лордоз и грудной кифоз — единственные параметры, величины которых могут быть изменены хирургом в ходе оперативного вмешательства в соответствии с предоперационным планированием. Данная коррекция может быть выполнена путем:

- коррекции положения пациента на операционном столе (рис. 24);

— восстановления сагиттальных изгибов позвоночника за счет имплантов и корригирующих маневров инструментарием (табл. 1);

— мобилизации и резекций (остеотомий) костных структур.

Существует зависимость сагиттального профиля позвоночника пациента от положения на операционном столе. Средние величины поясничного лордоза в норме:

- в положении стоя — 51,7°;
- в положении лежа на животе — 52,7° (см. рис. 24 а);
- в положении лежа на животе с согнутыми в коленных суставах конечностями — 27° (см. рис. 24 б);
- в коленно-локтевом положении — 17° (см. рис. 24 в).

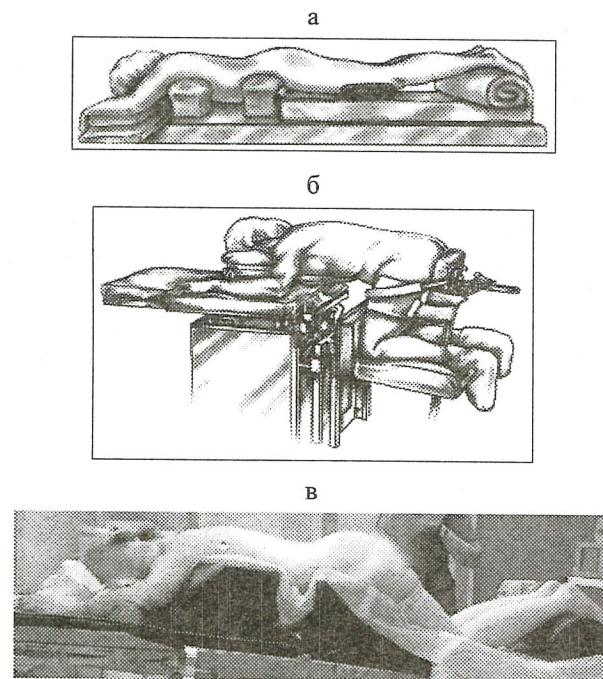


Рис. 24. Варианты расположения пациента на столе:
а — лежа на животе; б — в коленно-локтевом положении;
в — лежа на животе с ногами, согнутыми
в коленных суставах

На операционном столе у пациента отмечается умеренная коррекция сегментарного смещения за счет горизонтального положения (уменьшение статической осевой нагрузки), уменьшения лордоза за счет позиционирования (положением стола или валиками) и за счет применения миорелаксантов.

Таблица 1

Элементы металлоконструкций и методы их применения для закрепления восстановленного сагиттального профиля

Металло-конструкции	Методы применения
Стержни	<ul style="list-style-type: none"> — использование стержней, отмоделированных по форме планируемого лордоза или кифоза; — выполнение ротационного, трансляционного маневра на стержне; — компрессия или дистракция на стержне по задним опорным элементам (важно при этом сохранить высоту диска и провести хорошую фораминальную декомпрессию) или вентральным опорным элементам
Опорные элементы	<ul style="list-style-type: none"> Выбор транспедикулярных винтов (моно-, полиаксиальные винты): — моноаксиальные винты позволяют выполнять больший по величине реклинирующий маневр, используются на стратегически важных для приложения усилий сегментах — ключевых опорных точках; — полиаксиальные винты имплантируются на сегментах, где не планируется прикладывать корригирующие усилия
Межтелевые имплантанты	<ul style="list-style-type: none"> Используются межтелевые имплантанты определенной формы (клиновидные, прямоугольные, эспандерные). Для восстановления сегментарного лордоза оптимальным является использование межтелевых имплантантов с ангуляцией, преимущества отдается технологии DLIF. Правильнее позиционировать имплант в межтеловом промежутке ближе к передним отделам для создания сегментарного лордоза

Способы коррекции сегментарного лордоза в зависимости от требуемой величины коррекции.

При величине необходимой коррекции лордоза до 5° — за счет компрессии по задним опорным элементам металлоконструкции.

При величине необходимой коррекции лордоза 5°–10° — за счет лордотического межтелового импланта и компрессии по задним опорным элементам металлоконструкции:

- межтеловой имплант, установленный по технологии PLIF, не дает достаточных возможностей восстановить сегментарный лордоз;
- межтеловые импланты, установленные по технологиям TLIF, DLIF, ALIF на большую величину, могут восстанавливать высоту межтелового промежутка, при этом лордотический кейдж может восстанавливать сегментарный лордоз;
- межтеловые импланты, размещенные в передних отделах межтелового промежутка, лучше восстанавливают сегментарный лордоз.

При величине необходимой коррекции лордоза более 10° — остеотомии различного типа (укорочение по задней и/или удлинение по передней опорной колоннам) в сочетании с корригирующими маневрами на опорных элементах металлоконструкции и лордотическими центральными межтеловыми имплантами. Межтеловые импланты в поясничном отделе позвоночника необходимо устанавливать на всех уровнях, на которых диск пересекает линию гравитации.

Для ангуляции применяются два механизма:

- 1) резекция задних опорных элементов или задних отделов тела позвонка с последующей экстензией сегмента;
- 2) восстановление высоты диска с помощью межтелового импланта и формирование лордоза за счет компрессии по задним опорным элементам.

Увеличение ангуляции сегмента на 1° приводит к увеличению высоты передней опорной колонны на 0,6 мм, для совершения этого маневра следует приложить достаточное физическое усилие.

При ангулярных кифозах (локальных деформациях) коррекция проводится на коротких стабилизирующих системах. При гармоничных кифозах (полисегментарных деформациях) необходимо оценить глобальный баланс и спланировать зоны коррекции и протяженность фиксации.

При коррекции различных видов спондилолистеза учитываются некоторые биомеханические особенности. При спондилолистезе создается опорный момент на крестце, крестец толкается, придавливается к L5, а точнее, разворачивается к поясничному отделу позвоночника, так как на сегменте L5–S1 имеется локальный кифоз. При дегенеративном спондилолистезе L5, L4 вытягиваются дорзально. При спондилолистезах 1–2 степеней для редукции и дистракции позвонков, в том числе одновременной, при-

меняются специальный рычажовый корригирующий инструментарий и специальные импланты. Редуцирующие щипцы позволяют проводить манипуляции вручную под контролем напряжения тканей. Редукция проводится билатерально и только на одном уровне. Редукция возможна даже при минимально-инвазивных методиках Longitude, Sextant Reduction.

Особенности выбора размера, траектории проведения и комбинации опорных элементов:

- использование транспедикулярных винтов максимальной длины, чтобы последний виток фиксировался в кортикальной кости передней стенки тела позвонка;
- использование транспедикулярных винтов максимального диаметра, чтобы винт полностью соответствовал внутреннему диаметру корня дужки позвонка;
- оптимально использовать винты с двойной резьбой в области корня дуги для более надежной фиксации опорного элемента;
- использование метчиков для формирования канала винта в корне дуги и теле позвонка с минимальным повреждением структуры губчатой кости.

Оптимальная траектория проведения винта:

- винты краинального полюса металлоконструкции направлены к краинальной замыкательной пластинке позвонка, винты каудального полюса конструкции направлены к каудальной замыкательной пластинке позвонка;
- проведение винтов с конвергенцией к середине тела во фронтальной плоскости увеличивает их стабильность к вырывающим нагрузкам;
- экстрапедикулярное проведение винтов в грудном отделе позвоночника обеспечивает большую безопасность в отношении содержащего позвоночного канала и увеличивает стабильность опорных элементов;
- использование поперечных балок для увеличения ротационной стабильности системы;
- использование крючковых опорных элементов, фиксируемых за двойной кортикальный слой дужки позвонка;
- на каудальном позвонке возможно создание 4 точек фиксации за счет 2 транспедикулярных винтов и 2 ламинарных крючков со смещенным корпусом, которые устанавливаются за дужку того же позвонка;

- использование крючковых опорных элементов на краиальном и каудальном полюсах протяженной конструкции;
- тазовая фиксация с созданием 4 точек опоры в костях таза;
- использование систем с полууригидными стержнями, что обеспечивает гармоничное распределение напряжения в конструкции, улучшает контакт между замыкательными пластинками тел позвонков и межтелевыми имплантами, уменьшает напряжение в точках фиксации элементов металлоконструкции (область контакта кость-металл) и физиологично распределяет осевую нагрузку по передней, средней и задней опорным колоннам;
- использование межтелевых имплантов, импактированных остеоиндуктивным материалом выше и ниже сегмента коррекции;
- при ламинэктомии — 4-стержневая фиксация: по 2 стержня с каждой стороны;
- использование стержней, прецизионно отмоделированных по сагиттальному профилю, особенно в зоне пояснично-крестцового перехода, для гармоничного распределения напряжения на все опорные элементы конструкции (возможно применение предварительно индивидуально отмоделированных стержней).

При коррекции сагиттального дисбаланса позвоночника восстановление сегментарного лордоза L4–L5, L5–S1 и фиксация крестца являются ключевыми факторами.

Измерения интраоперационно поясничного лордоза выполняются:

- после декомпрессии и релиза, до фиксации сегмента;
- после фиксации и коррекции сегмента;
- до окончательной фиксации и сепарации гаек, и, если необходимо, производится дополнительная сегментарная коррекция: извлекается стержень, выполняется дорсальный релиз или остеотомия, дополнительно моделируется стержень и выполняется компрессия на опорных элементах металлоконструкции по задней опорной колонне (на протяженных конструкциях используются инструменты для моделирования стержня *insitu*).

После резекции костных структур и выполнения корригирующего маневра в зоне резекции необходимо добиться контакта кость-кость для формирования спондилодеза.

При протяженной фиксации для оценки изменений сагиттального профиля может использоваться интраоперационная навигация, интраоперационная КТ, рентгенография с программным сопоставлением снимков.

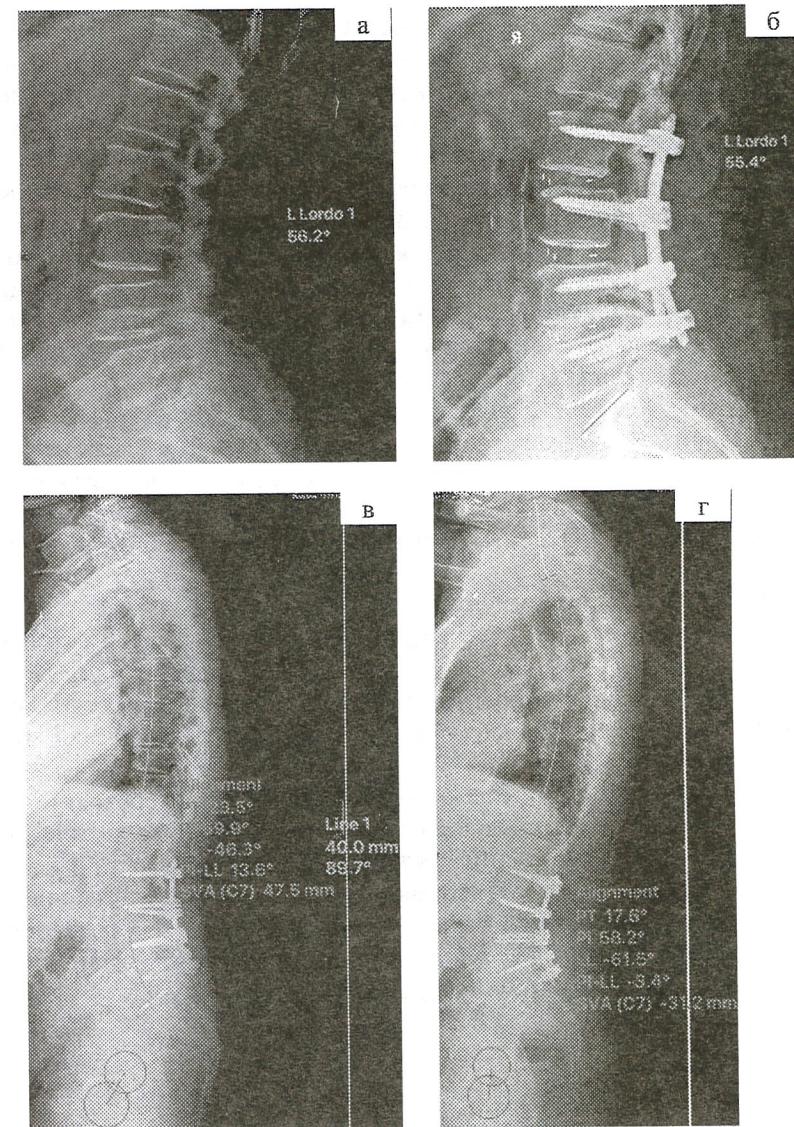


Рис. 25. Клинический пример:
а — Рентгенограмма пациентки П. до оперативного лечения; б — Рентгенограмма пациентки П. непосредственно после оперативного лечения;
в — Рентгенограмма пациентки П. через 1 год оперативного лечения;
г — Рентгенограмма пациентки П. после повторного оперативного лечения

Так, с помощью 5 опорных точек (C7, Th7, S1 и др.) по длине всего позвоночника с помощью навигационной поддержки оценивается сагиттальный профиль; при выполнении корригирующего маневра изменение сагиттального профиля оценивается в режиме реального времени.

Причиной механических осложнений, таких как несостоявшийся спондилодез или кифоз проксимальной переходной зоны, является недостаточная коррекция сагиттального баланса, а именно: если у пациентов со средним значение PI (45° – 60°) после операции FBI $> 10^{\circ}$, то риск таких осложнений значительно выше у пациентов с высоким PI $> 60^{\circ}$, а также у пациентов, подвергшихся значительной по величине коррекции (более 40°).

Сохраненный высокий диск в сегменте, прилежащем к зоне PSO, также увеличивает риск механических осложнений. Необходимо на уровне этого межтелевого промежутка выполнять межтеловой спондилодез (TLIF, DLIF).

Пациенты со сниженной плотностью костной ткани входят в группу риска:

- пациенты старше 50 лет;
- пациенты с остеопорозом (Т-критерий менее 2,5) и остеопенией;
- пациенты с наличием факторов, которые препятствуют формированию костного блока (курильщики, страдающие сахарным диабетом и т. п.);
- пациенты с системными заболеваниями или состояниями, приводящими к снижению качества костной ткани (онкологические процессы, длительное лечение кортикоステроидами и т. п.);
- пациенты, у которых ожидается повышенная нагрузка на отдельные элементы металлоконструкции, связанная с проведением корригирующих маневров, например, при коррекции сколиотических деформаций, редукции спондилolistеза.

МЕХАНИЗМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ КОРРЕКЦИИ

В каждой клинической ситуации могут применяться те или иные сочетания маневров при коррекции дисбаланса и деформации позвоночника, максимально безопасные и достаточно эффективные для конкретного пациента (рис. 26–33, табл. 2–9).

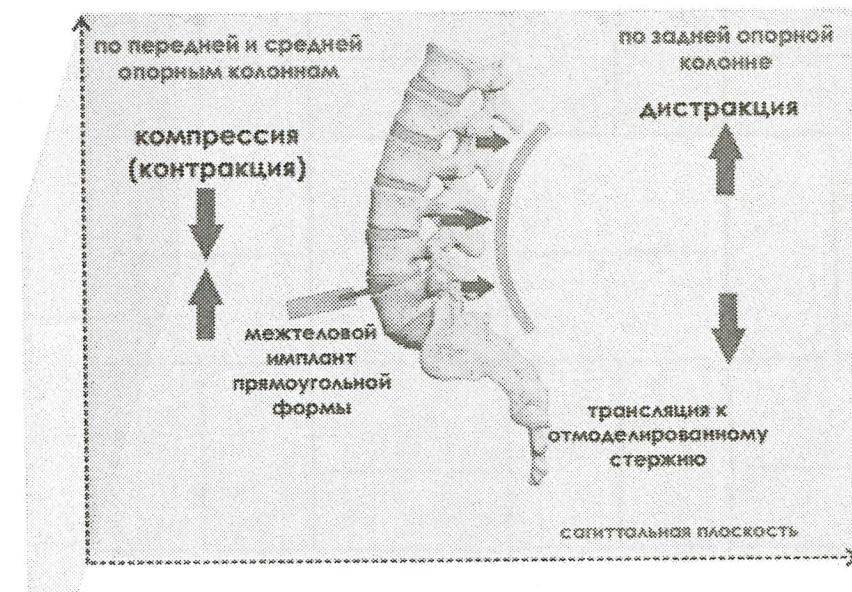


Рис. 26. Схема уменьшения общего и сегментарного лордоза в сагиттальной плоскости при гиперлордозе

Таблица 2

Последовательность действий для уменьшения общего и сегментарного лордоза в сагиттальной плоскости при гиполордозе

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Задняя опорная колонна	Трансляция к стержню, отмоделированному по меньшей кривизне	Открытая ТПФ — редуктор биля, редуцирующие винты на вершине лордоза; транскутанская ТПФ — опоры с возможностью трансляции стержня в сагиттальной плоскости (sextantred, longitude)	Симметричное двухстороннее воздействие, максимальные усилия и напряжение на вершине лордоза
Задняя опорная колонна	Дистракция	Открытая ТПФ (контрактор, дистрактор); транскутанская ТПФ с инструментом для дистракции (sextant, sextantred, longitude)	Симметричное двухстороннее воздействие; посегментарная дистракция от центрального опорного элемента металлоконструкции к полюсам
Передняя опорная колонна	Контракция	Система фиксации на вентральных опорных элементах: стержневая или с напельной пластиной	
Передняя и средняя опорные колонны — замыкательные пластины тел смежных позвонков	Осьвая межтеловая дистракция	Межтеловой имплант прямуюгольной формы, межтеловой контрактор	Уменьшает клиновидность межтелового промежутка, увеличивая его высоту в задних отделах
Задняя и передняя опорные колонны	Укорочение передней, удлинение задней опорных колонн со структурной поддержкой	Реверсивная SPO	Средняя колонна рассматривается как точка вращения при маневре коррекции



Рис. 27. Схема увеличения общего и сегментарного лордоза в сагиттальной плоскости при гиполордозе (вариант 1)

Таблица 3 (1)

Последовательность действий для увеличения общего и сегментарного лордоза в сагиттальной плоскости при гиполордозе (вариант 1)

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Задняя опорная колонна	Трансляция к стержню, отмоделированному по большей кривизне	Открытая ТПФ — редуцирующие винты на краинальном и каудальном полюсах конструкции, редуктор; транскутанская ТПФ — опоры с возможностью трансляции стержня в сагиттальной плоскости (sextantred, longitude)	Симметричное двустороннее воздействие, максимальные усилия и напряжение на краинальном и каудальном полюсах конструкции
Задняя опорная колонна	Контракция	Открытая ТПФ (контрактор, дистрактор); транскутанская ТПФ с инструментом для контракции sextant, sextantred, longitude	Симметричное двустороннее воздействие; посегментарная контракция к вершине лордоза и центральному опорному элементу металлоконструкции, начиная от ближайших к нему опорных элементов, далее краинальных и каудальных
Задняя опорная колонна	Формирование сагиттального профиля in situ	Специализированный инструмент для моделирования стержня in situ	При данной манипуляции создается высокое напряжение на опорные элементы металлоконструкции
Передняя опорная колонна	Дистракция	Система фиксации на вентральных опорных элементах: стержневая или с натягной пластиной	



Рис. 28. Схема увеличения общего и сегментарного лордоза в сагиттальной плоскости при гиполордозе (вариант 2)

Таблица 3 (2)

Последовательность действий для увеличения общего и сегментарного лордоза в сагиттальной плоскости при гипопорозе (вариант 2)

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Передняя и средняя опорные колонны — замыкательные пластины передних смыкаемых звонков	Осьвая межтеловая дистракция	Межтеловой имплант клиновидной формы; расположение межтелового импланта максимально близко к передним отделам тел позвонков	Увеличивает клиновидность межтелового промежутка за счет увеличения его высоты в передних отделах
Задняя опорная колонна	Укорочение задней опорной колонны	Остеотомия Chevron	Возможно удаление диска и использование межтелового импланта для передней поддержки
Задняя и передняя опорные колонны	Укорочение задней опорной колонны, удлинение передней опорной колонны (может потребоваться структурная поддержка)	Остеотомия Smith-Petersen	Средняя колонна рассматривается как точка вращения при маневре коррекции
Все опорные колонны	Укорочение задней опорной колонны	PSO	

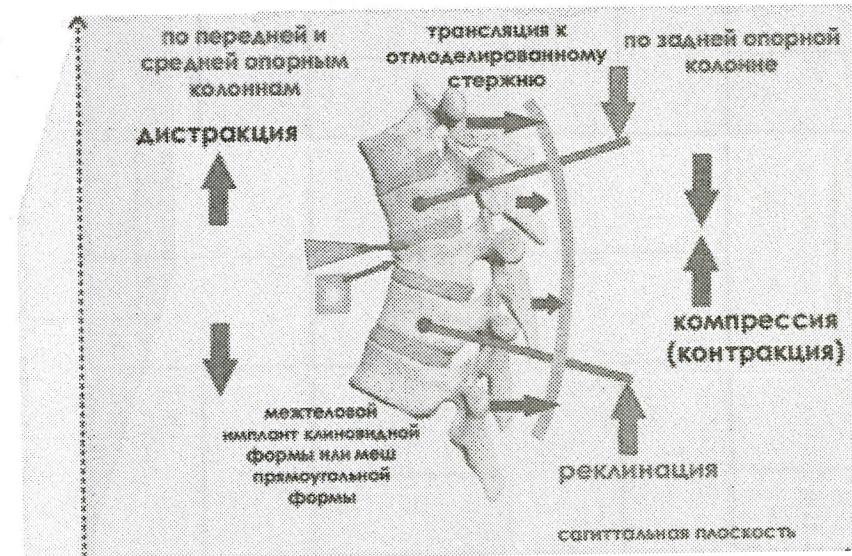


Рис. 29. Схема уменьшения общего и сегментарного кифоза в сагиттальной плоскости при гиперкифозе (вариант 1)

Таблица 4 (1)

Последовательность действий для уменьшения общего и сегментарного кифоза
в сагиттальной плоскости при гиперкифозе (вариант 1)

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Задняя опорная колонна	Трансляция к стержню, моделированному по меньшей кривизне	Редуцирующие винты на краинальном или дистальном конце конструкции, редуктор; открытая ТПФ; транскутанская ТПФ с возможностью трансляции стержня в сагиттальной плоскости (longitude)	Симметричное двустороннее воздействие; максимальные усилия и напряжение на краинальном и каудальном полюсах конструкции
Задняя опорная колонна	Контракция	Открытая ТПФ (контрактор); транскутанская ТПФ с инструментарием для контракции (longitude)	Симметричное двустороннее воздействие; посегментарная контракция к вершине кифоза и центральному опорному элементу металлоконструкции, начиная от ближайших к нему опорных элементов, далее краинальных и каудальных
Передняя опорная колонна	Дистракция	Система фиксации на вентральных опорных элементах: стержневая или с натяжной пластиной	

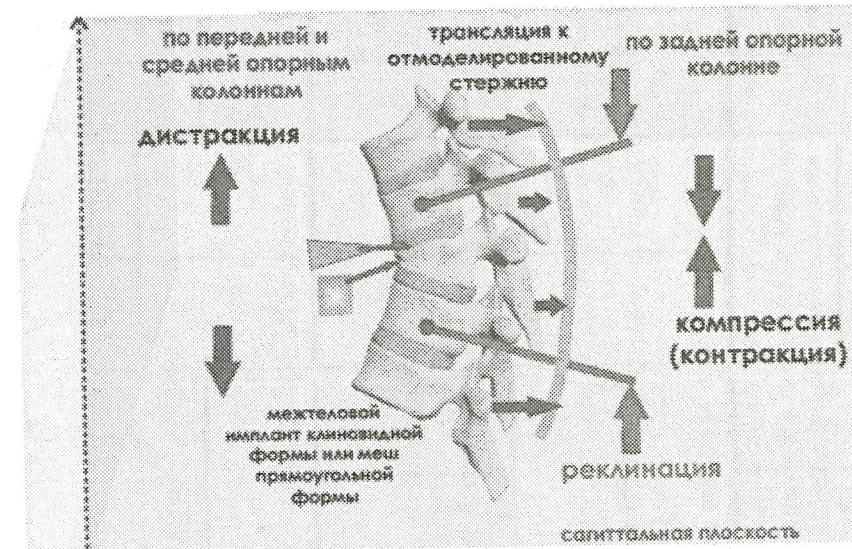


Рис. 30. Схема уменьшения общего и сегментарного кифоза в сагиттальной плоскости при гиперкифозе (вариант 2)

Таблица 4 (2)

**Последовательность действий для уменьшения общего и сегментарного кифоза
в сагиттальной плоскости при гиперкифозе (вариант 2)**

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Передняя и средняя опорные колонны — замыкательные пластины тел смежных позвонков	Дистракция	Межтеловой имплант клиновидной формы или прямоугольной формы; расположение межтелового импланта, или меша максимально близко к передним отделам тел позвонков	
Задняя опорная колонна	Формирование сагиттального профиля <i>in situ</i>	Специализированный инструментарий для моделирования стержня <i>in situ</i>	При данной манипуляции создается высокое напряжение на опорные элементы металлоконструкции
Все опорные колонны	Реклиниация	Специализированный инструментарий для реклиниации (Longitude Trauma) или ТПФ на основе коннекторов с винтами типа Шанца (TSRH)	В зависимости от расположения центра ротации маневр возможен с укорочением задней и средней опорных колонн или без такового
Задняя опорная колонна	Укорочение задней опорной колонны	Остеотомия Ponte	Многогуровневая, длинные, округлые, гладкие кифозы с мобильными передними отделами

62

Таблица 5

**Последовательность действий для увеличения общего и сегментарного кифоза
в сагиттальной плоскости при гипокифозе**

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Задняя опорная колонна	Трансляция к стержню, отмоделированному по большей кривизне	Открытая ТПФ — редуктор Билля, редуцирующие винты на вершине кифоза; транскутанская ТПФ — опоры с возможностью трансляции стержня в сагиттальной плоскости (longitude)	Симметричное двустороннее воздействие, максимальные усилия и напряжение на вершине кифоза
Задняя опорная колонна	Дистракция	Открытая ТПФ (дистрактор); транскутанская ТПФ с инструментарием для дистракции (longitude)	Симметричное двустороннее воздействие; посегментарная дистракция от центрального опорного элемента металлоконструкции к полюсам
Задняя опорная колонна	Ротационный маневр (при сочетании с деформацией во фронтальной плоскости)	Открытая ТПФ (ротатор стержня); транскутанская ТПФ с возможностью моделирования и фиксации стержня для ротации (longitude)	Перевод изгиба стержня из фронтальной плоскости в сагиттальную
Передняя опорная колонна	Контракция	Система фиксации на вентральных опорных элементах: стержневая или с натальной пластиной	Посегментарная контракция на полюсах конструкции
Передняя и средняя опорные колонны	Мобилизация за счет резекции дисков, тел позвонков и/или их частей		

63

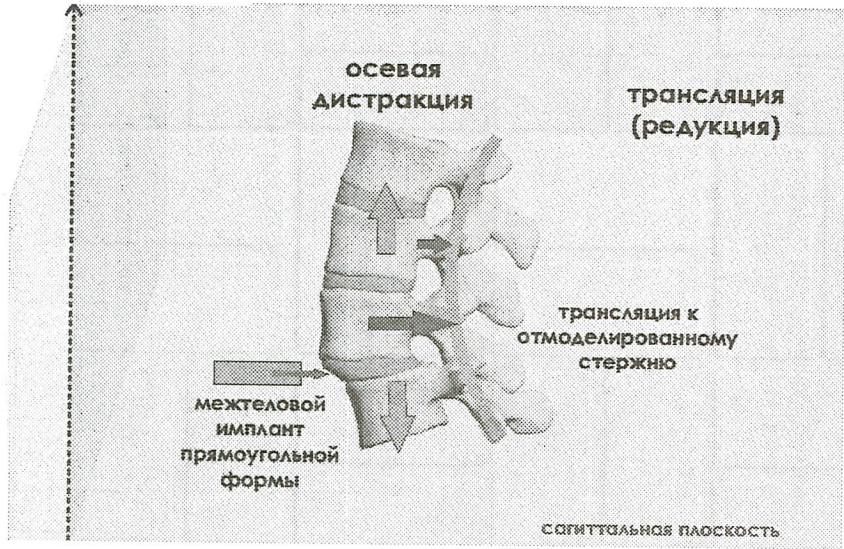


Рис. 31. Схема уменьшения трансляционного смещения в сагиттальной плоскости при анте-, ретролистезе

Таблица 6

Последовательность действий для уменьшения трансляционного смещения в сагиттальной плоскости при анте-, ретролистезе

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Задняя опорная колонна	Трансляция к стержню, отмоделиованному по заданному сагиттальному профилю стержню	Открытая ТПФ — редуцирующие винты на уровне смешенного позвонка, редукторы, системы коннекторного типа (TSRH, Telog); транскутанская ТПФ — опоры с возможностью трансляции стержня в сагиттальной плоскости (sextant red, longitude)	Симметричное двустороннее воздействие, максимальные усилия и напряжение в проекции смешенного позвонка
Задняя опорная колонна	Контракция	Открытая ТПФ — (контрактор), транскутанская ТПФ с инструментарием для контракции (longitude, sextant, sextant red)	Симметричное двустороннее воздействие
Замыкательные пластины смежных позвонков	Осьевая межтеловая дистракция	Межтеловой имплант прямогоугольной формы, межтеловой дистрактор	

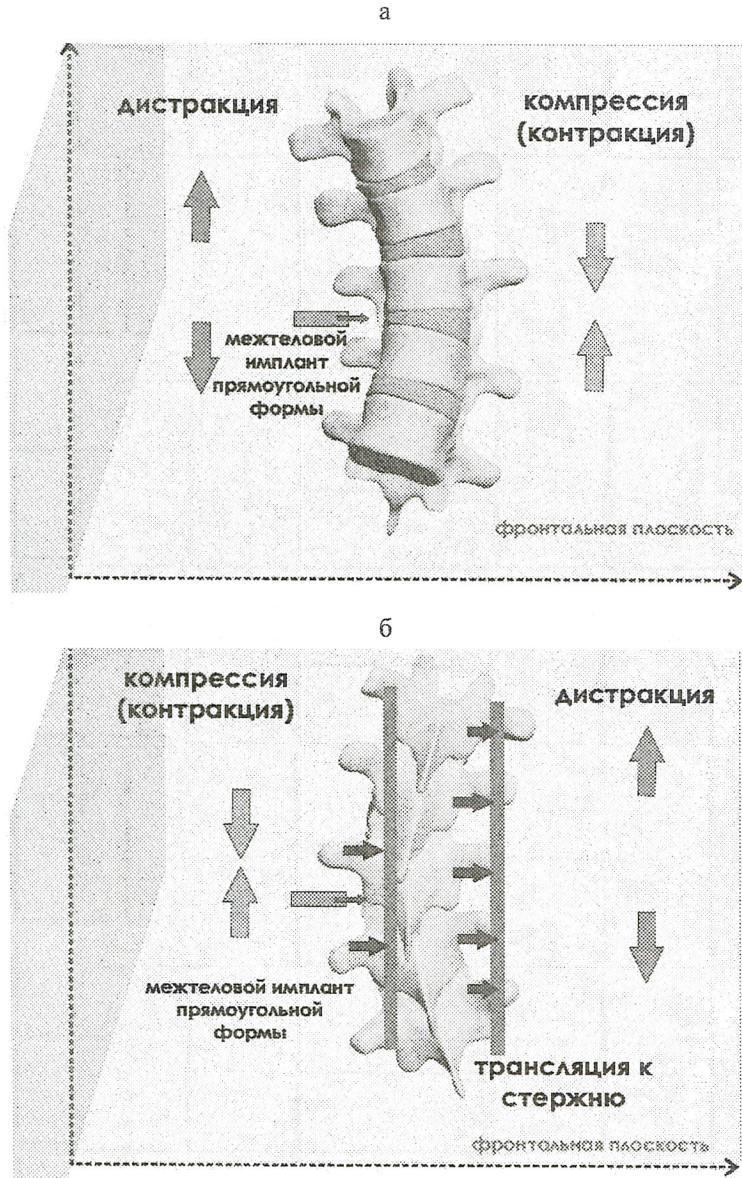


Рис. 32. Схема уменьшения дуги во фронтальной плоскости при клиновидной деформации дисков, торсии позвонков

Таблица 7

Последовательность действий для уменьшения дуги во фронтальной плоскости при клиновидной деформации дисков, торсии позвонков

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Задняя опорная колонна	Трансляция к стержню, отмоделированному по заданному сагиттальному профилю	Открытая ТПФ — редуцирующие винты на уровне смешенного позвонка, редукторы, системы конекторного типа (TSRH, Telog); транскутанская ТПФ — опоры с возможностью трансляции стержня в сагиттальной плоскости (sextant red, longitude)	Симметричное двухстороннее воздействие, максимальные усилия и напряжение в проекции смешенного позвонка
Задняя опорная колонна	Контракция	Открытая ТПФ — (контрактор); транскутанская ТПФ с инструментарием для контракции (longitude, sextant, sextant red)	Симметричное двухстороннее воздействие
Замыкательный пластины тел смежных позвонков	Оссвая межтеловая дистракция	Межтеловой имплант прямоугольной формы, межтеловой дистрактор	

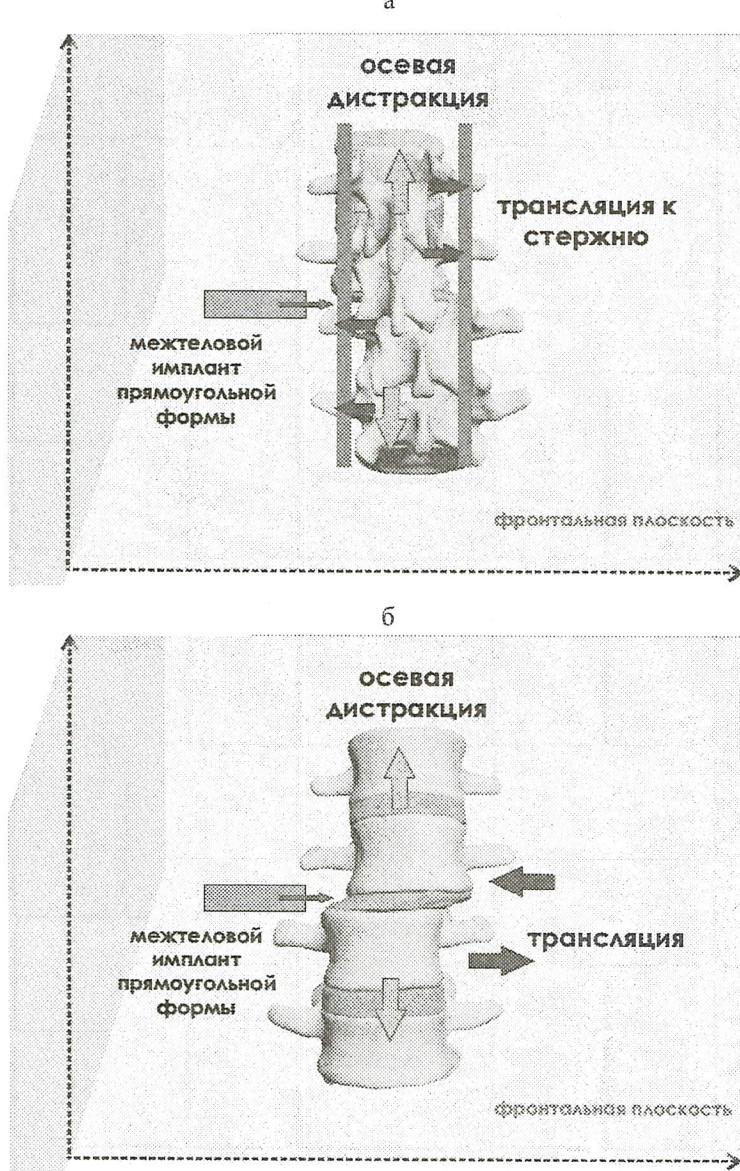


Рис. 33. Схема уменьшения трансляционного смещения во фронтальной плоскости при латеролистезе

Таблица 8

Последовательность действий для уменьшения трансляционного смещения во фронтальной плоскости при латеролистезе

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Задняя опорная колонна	Трансляция к стержню, отмоделированному по ожидаемому профилю во фронтальной плоскости	Открытая ТПФ — редуцирующие винты, реекторы, системы коннекторного типа (TSRH, TSRH 3D, Tefog); транскутанская ТПФ — опоры с возможностью трансляции стержня во фронтальной плоскости (longitude)	Одновременно на нескольких опорных элементах для равномерного распределения напряжения
Задняя опорная колонна	Дистракция	Открытая ТПФ — (дистрактор), транскутанская ТПФ — с инструментарием для дистракции (longitude)	Симметричное двустороннее воздействие
Передняя и средняя опорные колонны — замыкательные пластины тел смежных позвонков	Осевая межтеловая дистракция	Межтеловой имплант прямой формы максимальной высоты (DLIF), сегментный кейдж, межтеловой дистрактор	
Передняя и средняя опорные колонны	Укорачивающая вертебромия	VCR	

Таблица 9

Последовательность действий для деротации позвонка в горизонтальной плоскости

Точка приложения сил	Направление сил для коррекции взаимоотношений в ПДС	Инструментальное решение	Примечание
Все опорные колонны	Мануальная апикальная деротация и трансляция	Специализированный деротационный инструментарий	Маневр выполняется на вершине дуги (3–4 позвонка)
Все опорные колонны	Деротационный маневр стержнем	Открытая ТПФ (деротатор); транскутанная ТПФ — с инструментарием для деротации стержня (longitude)	Перевод изгиба стержня из фронтальной плоскости в сагиттальную на транспедикулярных опорных элементах

ОСТЕОТОМИИ ПОЗВОНОЧНИКА

Остеотомия позвоночника требуется при проведении сегментарной коррекции более 10° у пациентов с одно- или многоплоскостными деформациями, когда необходим релиз, мобилизация сегмента. Чаще всего это:

- посттравматические или дегенеративные декомпенсированные и прогрессирующие деформации;
- ригидные кифозы;
- деформации после предшествовавших операций, в том числе и с crankshaft-феноменом и несформировавшимся спондилодезом;
- деформации на фоне системных заболеваний — ревматоидного артрита, анкилозирующего спондилита, остеопороза.

Остеотомии позвоночника классифицируются по критериям:

- 1) объем резекции костных структур и соответствующий потенциал ятрогенной дестабилизации;
- 2) доступ — передний, задний или комбинированный (табл. 10).

Таблица 10

Классификация типов остеотомий позвоночника, F. Schwab, 2014

Тип	Соответствующие типы остеотомий, описанные различными авторами и имеющие специальные названия
1	SPO, Chevron
2	Ponte, Briggs, Burgos остеотомия
3	PSO Закрывающая клиновидная остеотомия Транспедикулярная клиновидная резекция Циркулярная клиновидная резекция кости Farcy-Schwab остеотомия Suh остеотомия Закрывающая-открывающая клиновидная остеотомия Pascal-Moussellard остеотомия Техника яичной скорлупы

4	Scudese-Calabro остеотомия Техника яичной скорлупы
5	Vertebral column resection, Brodner
6	Dubousset J, Cotrel Y, 1991. Dvorak MF, 2003.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

При помощи специального программного обеспечения можно измерить ключевые позвоночно-тазовые параметры и провести симуляцию результата коррекции за счет применения имплантов и / или выполнения остеотомии, получить визуальное представление о результате и научно обоснованные расчетные показатели в соответствии с актуальными формулами. Примерами могут служить **Surgimap**, **KEOPS** и **EOS Imaging**.

Программы для автоматического расчета позвоночно-тазовых показателей сагиттального баланса:

- **Surgimap Spine** <https://www.surgimap.com/>
- **KEOPS** <https://keops-spine.fr/>
- **EOS Imaging** <http://www.eos-imaging.com/>

Для оценки поясничного лордоза на коротких конструкциях можно использовать мобильное приложение на телефоне:

- **SagittalMeter Lite** <http://sagittalmeter-lite.appstor.io/fr>

Также возможно предоперационное предварительное моделирование стержня по индивидуальным рентгенологическим параметрам пациента (<http://www.personalizedspinalimplants.net/>).

Список литературы

1. Берсенев В. П., Давыдов В. А., Кондаков Е. Н. Хирургия позвоночника, спинного мозга и периферических нервов. СПб.: Специальная литература, 1998. — 368 с.
2. Гайдар Б. В. Практическая нейрохирургия: руководство для врачей / Б. В. Гайдар. — СПб., 2002. — С. 533–539.
3. Жарков П. Л. Остеохондроз и другие дистрофические изменения позвоночника у взрослых и детей / П. Л. Жарков. — М.: Медицина, 1994. — 240 с.
4. Калашникова Е. В. К вопросу этиологии остеохондроза позвоночника / Е. В. Калашникова, А. М. Зайдман, Н. Г. Фомичев // Новые аспекты остеохондроза. — СПб.: МОРСАР АВ, 2002. — С. 43–49.
5. Корж Н. А., Продан А. И., Барыш А. Е. Дегенеративные заболевания позвоночника и их структурно-функциональная классификация // Украинский нейрохирургический журнал. № 3 / 2004. С. 71–79.
6. Коробов М. В., Войтенко Р. М., Дубинина И. А. и др. Справочник по медико-социальной экспертизе и реабилитации, 2003.
7. Косинская Н. С. Основные положения проблемы дегенеративно-дистрофических поражений / Н. С. Косинская // Остеохондрозы позвоночника. — Новокузнецк, 1962. — С. 27–37.
8. Крутъко А. В. Декомпрессивная ламинопластика в лечении дегенеративного стеноза позвоночного канала. Дис.... канд. мед. наук: 14.00.18 / Крутъко Александр Владимирович. — Новосибирск, 2006.
9. Крутъко А. В. Хирургическая тактика и организация специализированной помощи больным с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями поясничного отдела позвоночника. Дис.... док. мед. наук. 2012 — г. Новосибирск.
10. Крылов В. В., Лебедев В. В., Гринь А. А. Состояние нейрохирургической помощи больным с травмами и заболеваниями позвоночника и спинного мозга в г. Москве // Нейрохирургия. — 2001. — № 1. — С. 60–66.
11. Кудратов А. Н. Кобляция в лечении рефлекторных болевых синдромов поясничного остеохондроза: (клинико-экспериментальное исследование): автореф. дис. на соиск. учен. степ. к. м. н.: специальность 14.01.18 «Нейрохирургия». — Новосибирск: 2012. — 26 с.
12. Кузнецов В. Ф. Стеноз позвоночного канала / В. Ф. Кузнецов // Медицинские новости. — 1997. — № 5. — С. 22–29.
13. Куценко В. А., Продан А. И. Классификация спондилолистеза Н. И. Хвисюка // Хирургия позвоночника. 4/2008. С. 72–77.
14. Луцик А. А. Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника / А. А. Луцик, М. А. Садовой, А. В. Крутъко, А. Г. Епифанцев. — Новосибирск: Наука, 2012. — 264 с.
15. Луцик А. А. Компрессионные синдромы остеохондроза шейного отдела позвоночника / А. А. Луцик. — Новосибирск: Издатель, 1997. — 400 с.
16. Осна А. И. Новые взгляды на патогенетическое хирургическое лечение остеохондроза позвоночника / А. И. Осна // Остеохондрозы позвоночника. — Новокузнецк, 1973. — Ч. 2. — С. 233–240.
17. Подчуфарова Е. В., Яхно Н. Н., Алексеев В. В. и соавт. Хронические болевые синдромы пояснично-крестцовой локализации: значение структурных скелетно-мышечных расстройств и психологических факторов. // Боль. — 2003. № 1. С. 38–43.
18. Перих В. В., Борзых К. О., Самохин А. Г. Корреляции функциональной дееспособности и параметров сагиттального баланса у пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27046>.
19. Цывьян Я. Л., Бурухин А. А. Дегенерация межпозвонкового диска // Ортопед., травматол. и протезир. — 1988. — № 6. — С. 27–34.
20. Чертов А. К., Кутепов С. М., Мухочев В. А. Лечение остеохондроза поясничного отдела позвоночника протезированием межпозвонковых дисков функциональными эндопротезами. Травматол. и ортопед. России. — 2000. — № 3. — С. 58–62.
21. Шмидт И. Р. Остеохондроз позвоночника: этиология и профилактика / И. Р. Шмидт. — Новосибирск: «Наука», Сиб. изд. фирма, 1992. — 240 с.
22. Amabile C., Pillet H., Lafage V., Barrey C., Vita J. M., Skalli W. A new quasi-invariant parameter characterizing the postural alignment of young asymptomatic adults.

23. Amabile C., Le Huec J. C., Skalli W. Invariance of head-pelvis alignment and compensatory mechanisms for asymptomatic adults older than 49 years. *Eur Spine J* 2016.
24. Cecchinato R., Redaelli A., Martini C., Morselli C., Villafane J. H., Lamartina C., Berjano P. Long fusions to S1 with or without pelvic fixation can induce relevant acute variations in pelvic incidence: a retrospective cohort study of adult spine deformity surgery. *Eur Spine J* Published online: May 2017.
25. Charles Y. P., Yu. B., Steib J. P. Sacroiliac joint luxation after pedicle subtraction osteotomy: report of two cases and analysis of failure mechanism (2016). *Eur. Spine J.* 25(Suppl 1):63–74.
26. Dewing, Christopher B.; Provencher, Matthew T.; Riffenburgh, Robert H.; Kerr, Stewart; Manos, Richard E. The Outcomes of Lumbar Microdiscectomy in a Young, Active Population: Correlation by Herniation Type and Level // *Spine*. 33(1):33–38, January 1, 2008.
27. Freemont A. J., Peacock T. E., Gouipple P. et al. Nerve ingrowth into diseased intervertebral disc in chronic back pain. *Lancet* 1997; 350 : 178–81.
28. Guiot B. H., Fessler R. G: Molecular biology of degenerative disc disease // *Neurosurgery*. — 2000. — Vol. 47. — P. 1034–1040.
29. Le Huec J. C., Cogniet A., Demezon H., Rigal J., Saddiki R., Aunoble S. Insufficient restoration of lumbar lordosis and FBI index following pedicle subtraction osteotomy is an indicator of likely mechanical complication. *Eur Spine J* (2015) 24 (Suppl 1): S112–S120).
30. Le Huec J. C., Demezon H., Aunoble S. Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from a prospective cohort of asymptomatic volunteers. *Eur Spine J* (2015) 24 : 63–71.
31. Le Huec J. C., International Spinal Osteotomy Meeting, February 10, 2018, Koç University Hospital, Topkapı — Istanbul; Luiz Roberto Vialle, Manabu Ito, K. Daniel Riew. AO Spine Masters Series. Vol. 3: Cervical Degenerative Conditions.
32. Legaye J., Duval-Beaupere G., Hecquet J., Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. (1998). *Eur Spine J* : 99–103.
33. Melrose J., Roberts S., Smith S. et al. Increased nerve and blood vessel ingrowth associated with proteoglycan depletion in an ovine annular lesion model of experimental disc degeneration. *Spine* 2002; 27 : 12; 78–85.
34. Schwab F., Patel A., Ungar B., Farcy J. P., Lafage V. 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 (25) : 2224–2231.
35. Spincemaille G. H., de Vet H. C., Ubbink D. T. et al. The results of spinal cord stimulation in critical limb ischemia: a review. *Eur J. VascEndovascSurg* 2001; 21 : 99–105.
36. Steffen J-S., Obeid I., Aurouer N. et al. 3D postural balance with regard to gravity line: an evaluation in the transversal plane on 93 patients and 23 asymptomatic volunteers. *Eur Spine J* (2010) 19 : 760–767.
37. Weinstein, James N.; Lurie, Jon D.; Tosteson, Tor D.; Tosteson, Anna N. A.; Blood, Emily A.; Abdu, William A.; Herkowitz, Harry; Hilibrand, Alan; Albert, Todd; Fischgrund, Jeffrey. Surgical Versus Nonoperative Treatment for Lumbar Disc Herniation: Four-Year Results for the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) // *Spine*. 33(25) : 2789–2800, December 1, 2008.
38. Wiltse L. L., Newman P. H., Macnab I. Classification of spondylolisthesis and spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1976 Jun; (117) : 23–9.

Данное учебное пособие разработано с учетом следующих нормативно-правовых документов:

1. Приказ МЗ РФ от 15.11.2012 № 926н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при заболеваниях нервной системы».
2. Приказ МЗ РФ от 15.11.2012 № 931н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю «нейрохирургия».
3. Приказ МЗ РФ от 07.11.2012 № 653н «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при дегенеративных заболеваниях позвоночника и спинного мозга».
4. Приказ МЗ РФ от 07.11.2012 № 687н «Об утверждении стандарта специализированной медицинской помощи при анкилозирующем спондилите, псориатическом артите, других спондилоартритах».
5. Приказ МЗ РФ от 15.07.2016 № 520н «Об утверждении критериев оценки качества медицинской помощи».

**Крутъко Александр Владимирович
Перих Виктор Викторович
Прохоренко Валерий Михайлович
Леонова Ольга Николаевна**

**НАРУШЕНИЯ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА
ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ И ПОВРЕЖДЕНИЯХ
ПОЗВОНОЧНИКА**

Учебное пособие

Редактор *В. Б. Лисицына*
Компьютерная верстка *О. В. Пустынникова*

Подписано в печать 06.08.2020. Формат 60 × 84 / 16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Ризография.
Усл. печ. л. 4,8. Тираж 100 экз. Изд. № 73 к.

Оригинал-макет изготовлен Издательско-полиграфическим центром НГМУ
г. Новосибирск, ул. Залесского, 4
Тел.: (383) 225-24-29. E-mail: sibmedizdat@mail.ru

Отпечатано в типографии Издательско-полиграфического центра НГМУ
г. Новосибирск, ул. Залесского, 4
Тел.: (383) 225-24-29