



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Участники издания.....	6
Предисловие.....	8
Список сокращений и условных обозначений .....	9
Глава 1. Функциональная анатомия позвоночника .....	10
1.1. Клинические и биомеханические аспекты строения шейного отдела позвоночника (Гуща А.О.).....	10
1.2. Особенности строения грудного отдела позвоночника. Торакоскопическая анатомия (Гринь А.А., Кордонский А.Ю.) .....	24
1.3. Клинические и биомеханические аспекты строения пояснично- крестцового отдела позвоночника (Гуща А.О., Коновалов Н.А., Гринь А.А.).....	39
Глава 2. Фундаментальные аспекты дегенеративных поражений позвоночника ....	69
2.1. Этиологические и патогенетические аспекты дегенеративно- дистрофического поражения позвоночника. Дегенеративный каскад (Гринь А.А., Гуща А.О., Кордонский А.Ю.).....	69
2.2. Понятие нестабильности, критерии оценки (Гуща А.О., Назаренко А.Г.)....	85
2.3. Формирование болевого синдрома при дегенеративных поражениях (источники и патогенез) (Гуща А.О., Полторако Е.Н.) .....	94
Глава 3. Клинические проявления дегенеративного поражения позвоночника ....	104
3.1. Клинические синдромы дегенеративного поражения на шейном уровне (Гуща А.О.) .....	104
3.2. Синдром шейной миелопатии (Гуща А.О.) .....	113
3.3. Клинические проявления грыж грудного отдела позвоночника (Арестов С.О.).....	121
3.4. Клинические проявления дегенеративных поражений пояснично- крестцового отдела позвоночника. Острые и хронические синдромы корешковой компрессии (Коновалов Н.А., Гуща А.О., Назаренко А.Г., Мартынова М.А.).....	125
3.5. Клинические проявления нестабильности позвоночника. Спондилолистезы и дегенеративные деформации позвоночника (Аганесов А.Г.).....	142
Глава 4. Нейровизуализационные и функциональные методы исследований ....	150
4.1. Методы нейровизуализации дегенеративных изменений позвоночника. Рентгенологическая классификация дегенеративных поражений. Анализ изменений в замыкательных пластинках (Кротенкова М.В., Курогкина Н.С., Кротенкова И.А.) .....	150
4.2. Функциональные методы исследования и изучение остеогенеза и костной плотности (Кротенкова М.В., Курогкина Н.С., Кротенкова И.А.) ....	162
4.3. Современные технологии интраоперационной нейровизуализации и системы навигации. Применение метода роботоассистенции в спинальной нейрохирургии (Коновалов Н.А., Асютин Д.С., Назаренко А.Г., Мартынова М.А.) .....	168



Глава 5. Методы консервативного лечения.....	190
5.1. Боль в спине: стратегии консервативного лечения ( <i>Низаметдинова Д.М.</i> ) ...	190
5.2. Принципы применения реабилитационных программ ( <i>Вершинина Н.С.</i> )..	200
5.3. Применение противоболевых блокад и эпидуральных инъекций ( <i>Вершинин А.В.</i> ) .....	208
Глава 6. Минимально инвазивные хирургические вмешательства и пункционные операции в хирургии дегенеративных поражений позвоночника .....	220
6.1. Эволюция хирургических методов лечения дегенеративных заболеваний позвоночника ( <i>Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С.,     Мартынова М.А.</i> ) .....	220
6.2. Пункционные методы лечения фасеточного синдрома. Алгоритм выбора метода лечения при локальном болевом синдроме ( <i>Коновалов Н.А., Королишин В.А.</i> ) .....	228
6.3. Внутридисковые пункционные вмешательства ( <i>Коновалов Н.А.,     Королишин В.А.</i> ).....	232
6.4. Алгоритм выбора хирургического вмешательства и их виды при одноуровневых поражениях шейного отдела позвоночника. Эндоскопические операции при патологии межпозвонкового диска ( <i>Гуща А.О., Арестов С.О.</i> ) .....	238
6.5. Минимально инвазивные одноуровневые дискэктомии на шейном уровне. Протезирование диска ( <i>Гуща А.О., Древаль М.Д.</i> ).....	258
6.6. Торакоскопические операции при грыжах межпозвонковых дисков грудного отдела позвоночника. Технологии 3D-эндоскопии ( <i>Гринь А.А., Гуща А.О., Кордонский А.Ю., Арестов С.О.</i> ).....	270
6.7. Алгоритмы выбора хирургического вмешательства при грыжах межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника ( <i>Гуща А.О., Коновалов Н.А., Арестов С.О.</i> ) .....	284
6.8. Эндоскопическая или микрохирургическая дискэктомия? ( <i>Гуща А.О.,     Арестов С.О.</i> ) .....	290
6.9. Портальная эндоскопическая дискэктомия ( <i>Гуща А.О., Арестов С.О.</i> ) ...	297
6.10. Перкутанная эндоскопическая дискэктомия при грыжах межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника. Особенности интраоперационной эндоскопической анатомии ( <i>Гуща А.О.,     Вершинин А.В.</i> ) .....	310
Глава 7. Хирургическое лечение протяженных дегенеративных поражений позвоночника .....	325
7.1. Современные представления и классификации стенозов позвоночного канала. Диаметр позвоночного канала в норме и патологии ( <i>Гуща А.О.,     Коновалов Н.А.</i> ).....	325
7.2. Обоснование направления хирургической декомпрессии при стенозах шейной локализации ( <i>Гуща А.О.</i> ) .....	336
7.3. Хирургическое лечение шейной миелопатии. Корпорэктомия и ламинопластика ( <i>Гуща А.О., Древаль М.Д.</i> ) .....	346
7.4. Теоретические и практические аспекты применения декомпрессивно- стабилизирующих операций при дегенеративных стенозах пояснично- крестцового отдела позвоночника. Алгоритм выбора хирургического вмешательства ( <i>Гуща А.О., Коновалов Н.А., Крутько А.В.,     Петросян Д.В.</i> ) .....	358

Глава 8. Хирургическое лечение нестабильности и деформаций при дегенеративно-дистрофических поражениях позвоночника .....	381
8.1. Способы стабилизации на шейном уровне. Инструментальная коррекция дегенеративных деформаций шейного отдела позвоночника (Гуща А.О.).....	381
8.2. Методы хирургического лечения нестабильности позвоночно-двигательного сегмента поясничного отдела позвоночника. Способы заднего, трансфораминального и латерального спондилодеза (Коновалов Н.А., Асютин Д.С., Назаренко А.Г., Мартынова М.А.) .....	394
8.3. Современные технологии интраоперационного нейровизуализационного контроля спондилодеза и инструментальной стабилизации (Коновалов Н.А., Мартынова М.А., Асютин Д.С., Назаренко А.Г.) .....	410
8.4. Хирургическое лечение спондилолистеза (Колесов С.В.).....	417
8.5. Динамическая стабилизация позвоночника (Гуща А.О., Коновалов Н.А., Полторако Е.Н.) .....	425
8.6. Дегенеративный сколиоз (Колесов С.В.).....	441
Глава 9. Принципы послеоперационной реабилитации пациентов с дегенеративными поражениями позвоночника (Бадалов Н.Г., Бородулина И.В.) ..	449
Глава 10. Профилактика послеоперационных осложнений. Синдром оперированного позвоночника.....	457
10.1. Общая характеристика и виды послеоперационных осложнений при хирургии дегенеративных поражений позвоночника. Ревизионные операции (Гуща А.О., Юсупова А.Р.) .....	457
10.2. Определение и эпидемиология синдрома оперированного позвоночника. Хирургическая профилактика (Гуща А.О., Кащеев А.А.) ....	464
10.3. Хроническая эпидуральная стимуляция спинного мозга в лечении синдрома оперированного позвоночника (Гуща А.О., Кащеев А.А.) ..	468
Предметный указатель.....	476

# Глава 1

## Функциональная анатомия ПОВОНОЧНИКА

### 1.1. КЛИНИЧЕСКИЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОЕНИЯ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОВОНОЧНИКА

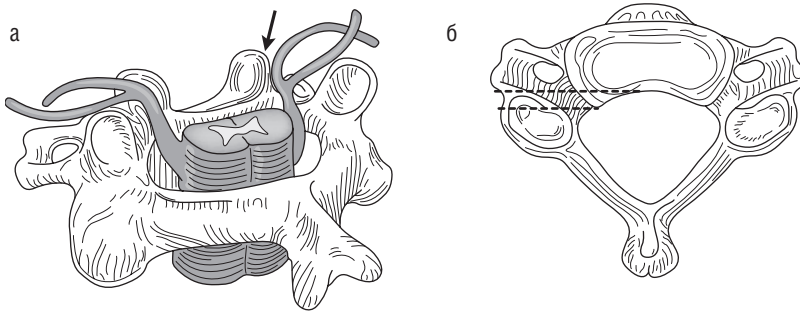
*Гуща А.О.*

Шейный отдел позвоночника состоит из семи позвонков. Вариантов в количестве шейных позвонков не встречается [16]. Имеются принципиальные анатомо-физиологические особенности шейных позвонков, обусловленные, прежде всего, их уникальной функциональной значимостью – обеспечение подвижности и опорности для головы с органами чувств [2, 13]:

- шейные позвонки (С3–С7) имеют меньшие размеры по сравнению с позвонками других отделов позвоночника, при более сложном анатомическом строении;
- межпозвонковые (фасеточные) суставы ориентированы на разных уровнях в различных плоскостях, обеспечивающих высокую общую подвижность (ОП) шейного отдела;
- крючкообразные отростки в области «сустава Люшка» являются физиологическим явлением практически у всех взрослых здоровых людей и способствуют предохранению передних спинномозговых корешков от возможной компрессии в межпозвонковом отверстии.

У взрослых людей в молодом возрасте длина шейного отдела позвоночника от нижней границы С7 до верхушки зуба составляет в среднем 12,5 см. Koschorek с соавт., используя магнитно-резонансную томографию (МРТ), исследовали длину позвоночного канала от большого затылочного отверстия до основной пластинки С7. Обнаружено, что при сгибании длина шейного отдела позвоночника составляет 12,69 (10,3–14,6) см, а при разгибании – 11,5 (9,4–13,4) см [35]. По данным исследования Lang с соавт., высота тел позвонков, измеренная спереди и в центре, составляет в среднем 12,5 мм для С3, 12 мм для С4, 13,5 мм для С5, 13 мм для С6, 15 мм для С7 [36].

Каждый позвонок, за исключением атланта, состоит из тела, верхней и нижней суставной поверхности, позвоночного канала, дуги позвонка и, начиная с С3 позвонка и ниже, основания дужек и пластинки дуги позвонка. Латерально расположенные межпозвоночные отверстия служат местами входа и выхода кровеносных сосудов и нервов. Костными границами этих отверстий являются верхняя вырезка нижележащего позвонка и нижняя вырезка вышележащего позвонка. В каждом позвонке можно выделить позвоночное отверстие, остистый отросток, поперечные отростки, а также верхние и нижние суставные отростки (суставные отростки позвонка) (рис. 1.1).



**Рис. 1.1.** Шейный позвонок в двух проекциях: а — заднебоковой вид, стрелкой показан крючковидный отросток и его взаиморасположение с выходящим корешком; б — аксиальный срез шейного позвонка, пунктиром обозначена граница передней и средней колонны. *Источник: Benzel E.C. Biomechanics of spine stabilization*

Поперечное отверстие также известно как отверстие позвоночной артерии. У большинства шейных позвонков поперечные отростки заканчиваются латерально передним бугорком (на уровне С6 он носит название сонного бугорка) и задним бугорком. Спинальная бороздка расположена между этими двумя бугорками. Что касается длины остистого отростка, то она наибольшая у С7 позвонка. Stevens с соавт. исследовали этот позвонок *in vivo*. Они обнаружили, что у 78,7% женщин и 58,8% мужчин остистый отросток С7 является наиболее выступающим в области шейно-грудного сочленения. У 12,8% женщин и 5,9% мужчин наиболее выступающим был остистый отросток С6, а у 6,4% женщин и 8,8% мужчин наиболее выступающим был остистый отросток Т1 позвонка [43].

Верхненаружная часть тел позвонков С3–С7 (часто и Т1) имеет крючковидные выступы — крючковидные отростки. Крючковидные отростки с двух сторон фиксируют латеральные поверхности тела вышележащего позвонка, обеспечивая стабильность и подвижность шейного отдела позвоночника. У взрослых они могут окружать треть тела вышележащего позвонка [36]. В подростковом возрасте происходит усиленный рост крючковидных отростков. Нижележащие крючковидные отростки расположены дорсальнее, а вышележащие — латеральнее, в совокупности они образуют унковертебральное сочленение. Унковертебральное сочленение окружено соединительнотканной капсулой, образующейся из латеральных отделов межпозвоночного диска. Гипертрофия данного сустава, являющегося уникальным приобретением двуногих млекопитающих, обуславливает сдавление как позвоночной артерии, так и корешков [18].

Крючковидные отростки являются направляющими при сгибании и разгибании в позвоночном сегменте (в том числе и при боковой флексии). Задняя фораминальная часть крючковидного отростка ограничивает заднее смещение позвонка и боковое сгибание. Эта часть крючковидного отростка находится в тесном контакте с периапикальным нервным сплетением позвоночной артерии. На

верхних субаксиальных уровнях может возникнуть раздражение симпатического сплетения позвоночной артерии частью крючковидного отростка с соответствующими сосудистыми реакциями. Отмечено, что данный синдром возникает при уменьшении расстояния между верхушкой крючковидного отростка и медиальной границей отверстия позвоночной артерии до 2 мм [12, 17]. При переднем доступе к межпозвоноквым отверстиям (при операциях на диске и других декомпрессионных вмешательствах) передняя часть крючковидного отростка должна быть сохранена с целью обеспечения стабильности шейного отдела позвоночника.

Суставные отростки средне- и нижнешейного отделов позвоночника имеют косо направленную ориентацию в поперечной и коронарной проекции, что связано с их уникальной функцией распределения усилий в сочетании с высокой мобильностью. При этом верхние суставные отростки ориентированы дорсокраниально, а нижние суставные отростки — вентрокаудально. Косая ориентация отростков в коронарной и поперечной плоскостях указывает на важную функцию в удержании осевой нагрузки [2, 42]. Наклон суставных поверхностей в коронарной плоскости более выражен у женщин. У позвонков С6 и С7 боковые массы значительно тоньше, чем в остальном шейном отделе позвоночника [21].

Толщина суставного хряща фасеточного сустава наибольшая в центральной области суставной поверхности. Она постепенно уменьшается к периферии суставных отростков. Капсулы сочленений между суставными отростками позвонков, синовиальные мембраны с их ворсинками и складками кровоснабжаются от ветвей позвоночной артерии, восходящей окологлоточной артерии, глубокой шейной артерии и наивысшей межреберной артерии. Вены сочленений между суставными отростками позвонков дренируются в заднее наружное и внутреннее венозные позвоночные сплетения и межпозвоноквые вены. Сочленения между суставными отростками иннервируются дорсальными ветвями, в основном дорсальными медиальными ветвями спинномозговых нервов [11].

Растяжение суставной капсулы, ушибы суставных складок и дегенеративные изменения в области капсулы сустава могут вызывать раздражение суставных ветвей нервов. Верхний шейный позвонок имеет наибольшее число рецепторов на единицу площади. Их раздражение может выступать в роли курковой зоны для головы, шеи и конечностей. Заболевания шейного отдела позвоночника также могут вызывать аномальные движения шеи и глаз (нистагм) [23].

В связи с компактной архитектурой шейного отдела позвоночника фасеточные суставы находятся вблизи выходящих сегментарных нервов и образуют замкнутый костный канал как для нервных корешков (межпозвоноквое отверстие), так и для позвоночной артерии. От С3 до С7 нервные корешки имеют переднебоковое направление. Чаще всего они локализируются в нижней части межпозвоноквого отверстия, находясь на верхушке поперечного отростка. Сегментарная артерия обычно проходит через верхнюю часть межпозвоноквого отверстия вместе с соответствующей веной и синовертебральным нервом. Позвоночная артерия находится напротив выходящих корешков. Задние ответвления корешков прилежат к латеральным частям фасеточных суставов. Диаметр межпозвоноквых отверстий в целом имеет тенденцию к увеличению в каудальном направлении, однако диаметр С2–С3 межпозвоноквого отверстия больше остальных, тогда как размер крючковидных отростков на уровнях С4–С6 максимален, что объясняет частую травматизацию корешков остеофитами в последнем случае. Размер межпозвоноквого отверстия увеличивается при сгибании и уменьшается при разгибании и ипсилатеральной ротации. Эти изменения наиболее выражены в нижних сегментах шейного отдела, обуславливая 10% увеличение при сгибании на 30° и 13% уменьшение при таком же разгибании [15].

Размеры и площадь межпозвоноквого отверстия имеют тенденцию к уменьшению по мере нарастания дегенеративного процесса. Дегенеративные изменения

в области нижних фасеточных суставов могут в особенности уменьшить ширину межпозвонкового отверстия. Высота межпозвонкового диска также сильно влияет на размеры отверстия. В эксперименте было показано, что уменьшение высоты диска на 1 мм обуславливает уменьшение размеров межпозвонкового отверстия на 25–30%, снижение высоты на 3 мм вызывает уменьшение площади межпозвонкового отверстия до 50% [24].

Микроскопическое исследование шейных межпозвонковых дисков показало, что морфологические особенности их существенно отличаются от традиционного описания, в котором пульпозное ядро окружено непрерывным фиброзным кольцом, состоящим из пересечения коллагеновых волокон, расположенных концентрическими слоями [4, 20]. В шейном отделе позвоночника относительно небольшое пульпозное ядро заключено в центре кольца из волокнисто-хрящевого материала. Фиброзное кольцо разделено на переднюю и заднюю части. Намного меньшая и тонкая задняя часть состоит из продольно ориентированных коллагеновых волокон, которые покрывают центральную часть волокнисто-хрящевой сердцевины. Замыкательная пластинка может играть большую роль в поддержании пульпозного ядра. Отложение солей кальция, окостенение и отслоение замыкательной пластинки может запустить процесс облитерации диска. Раннее уменьшение ядра может привести к исчезновению ткани ядра. Частично трещины могут появляться как адаптационный механизм для поддержания возможности ротации, когда эластические свойства фиброзного кольца уменьшаются. Эта гипотеза выдвинута в связи с тем фактом, что трещины образуются в задней части фиброзного кольца, где наблюдается наибольшая скручивающая нагрузка при ротации [39]. Несколько изначально отдельных трещин могут увеличиваться, сливаясь, возможно также горизонтальное разделение диска на два слоя с образованием соединительной ткани. Это происходит обычно на третьем десятилетии жизни и в более высоких дисках [3]. Среди 135 аутопсий пациентов в возрасте от 20 до 85 лет у 61% существовали горизонтальные трещины и в 49% имели место вертикальные трещины, распространяющиеся к замыкательным пластинкам; в 15% это было связано с образованием грыжи замыкательной пластинки. В 21 случае после хирургического удаления диска у пациентов от 37 до 68 лет все замыкательные пластинки были фрагментированы вертикальными трещинами [34].

Передняя продольная связка состоит из четырех слоев. Поверхностный слой покрывает несколько двигательных сегментов. Средний слой покрывает только один двигательный сегмент и прикрепляется к передней поверхности смежных тел позвонков. Глубокий слой перекидывается от смежных терминальных пластинок и покрывает межпозвонковый диск. Четвертый слой состоит из крыловидных разрастаний, следующих вниз и латерально и прикрепляющихся к боковой поверхности позвонка. Таким образом, четвертый слой формирует тонкую оболочку, закрывающую боковые части диска. В краниальном и латеральном направлениях волокна этого слоя достигают основания крючковидных отростков. Задняя продольная связка состоит из трех слоев. Поверхностный слой имеет центральную продольную часть, и боковые разрастания перекидываются через основание ножек дужек на один или два сегмента ниже. Средний и глубокий слои распространяются только на один двигательный сегмент [36].

Деформация при нагрузке для передней продольной связки и задней продольной связки формируется в направлении наименьшей жесткости и наибольшей энергии [14]. Отложение кальция, окостенение задней продольной связки и снижение растяжимости передней продольной связки встречаются при «японской болезни» (оссификация задней продольной связки) и при ревматических заболеваниях, таких как болезнь Бехтерева, болезнь Форестье и синдром Рейтера, а также при псориазическом артрите. Образование остеофитов происходит очень часто при остеоартрите.



## Краниовертебральное сочленение и верхнешейные позвонки

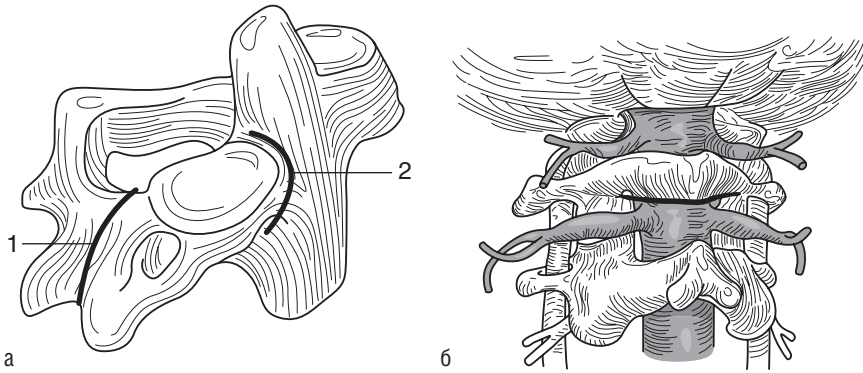
Краниальной частью краниовертебрального сочленения является наружное основание черепа. Мышелки затылочной кости формируют суставную поверхность для первого шейного позвонка. По данным J. Lang, минимальное расстояние между передней и задней окружностью мышелков у взрослых составляет 16 мм [36]. Угол, образуемый двумя мышелками затылочной кости, носит название сагиттального мышелкового угла. Суставные поверхности мышелков затылочных костей выше в латеральной части. Фронтальные срезы через центры мышелков и продолжение касательной суставных поверхностей мышелков кпереди формируют так называемый фронтальный мышелковый угол. По данным Knese, он составляет в среднем  $124^\circ$  у мужчин и  $127^\circ$  у женщин [33]. Посредством компьютерного подсчета компьютерного центра Wurzburg было определено, что около четырех пятых площади поверхности мышелков образуют эллипсоид, при этом сочетаются обе мышелковые поверхности. Именно поэтому центр вращения вокруг поперечной оси этого эллипсоида лежит в среднем на 25 мм кзади от основания и на 9,6 мм ниже горизонтальной плоскости [27].

Максимальная ширина первого позвонка — атланта равна в среднем 78,2 мм [37]. Пространство между задней поверхностью передней дуги и передней поверхностью задней дуги и внутренним краем атланта известно как позвоночный канал. Пространство позвоночного канала, содержащее зуб, его связки, связки твердой мозговой оболочки (ТМО) и позвоночника, составляет в среднем 34,5 мм в сагиттальной плоскости и 30,2 мм в поперечной плоскости. Расстояние от наружного края отверстия одного поперечного отростка до наружного края отверстия другого поперечного отростка атланта составляет в среднем 64 мм, при измерении расстояния между внутренними краями этот показатель составляет чуть меньше 52 мм. Важное клиническое значение имеет расстояние между наружной границей атланта и сосцевидным отростком: оно составляет в среднем 9,6 мм [26].

В переднем отрезке задней части дуги атланта находится бороздка позвоночной артерии (в которой располагается не только позвоночная артерия, но и сопровождающее ее венозное сплетение). Следует подчеркнуть, что около 5% отверстий поперечных отростков не закрыты латерально. Костные шпоры, располагаемые более медиально или латерально, могут прикрывать позвоночную артерию, окружающее ее венозное сплетение и дорсальную ветвь C1 (субокципитальный нерв). Если эти шпоры располагаются кзади и медиально, то они расцениваются как дорсальные перемычки и обнаруживаются приблизительно в 10% случаев, латеральные перемычки — в 2,9%. Вероятно, эти перемычки вносят вклад в усиление натяжения и сжимания позвоночной артерии на участке между C2 и затылком при поворотах головы [36].

Нижняя поверхность атланта вместе с задней поверхностью его передней дуги образует сочленение с верхней суставной поверхностью C2 и передней поверхностью зубовидного отростка C2. Вход в отверстие поперечного отростка располагается чуть ниже суставной поверхности атланта, и артерия с окружающим ее венозным сплетением проходит по атланту в направлении вверх и латерально (рис. 1.2).

Аксис (второй шейный позвонок, C2) состоит из тела, типичных боковых масс и частей дуги, включающих остистый отросток и зуб. Наибольший поперечный размер аксиса значительно меньше, чем поперечный размер зуба, он составляет, по данным Hasebe, 53,2 (46–60) мм [25].



**Рис. 1.2.** Схематическое изображение верхних шейных позвонков: а — переднебоковой вид аксиса: 1 — суставная часть; 2 — ножка; б — краниоцервикальная область (вид сзади). *Источник: Benzel E.C. Biomechanics of spine stabilization*

На передней поверхности тела C2, исключая его самую нижнюю часть, располагается срединный гребень, вверху сливающийся с зубом. Кнаружи от срединного гребня имеются питающие отверстия. Верхние суставные поверхности аксиса наклонены изнутри кнаружи и в большинстве случаев имеют бобовидную форму. Высота тела C2 составляет в среднем 22,13 (17–26) мм, высота зуба — 15,8 (9–21) мм. Верхняя (латеральная) суставная поверхность аксиса обычно слегка выступает над сечением основания дужки C2. Последняя образует угол с фронтальной плоскостью, проведенной по задней поверхности тела C2; величина этого угла меньше, чем у нижних шейных позвонков. По данным С. Veleanu, на нижнем шейном уровне величина этого угла составляет 145–156° [45].

Тело C2 обычно содержит два центра оссификации (изредка один), большее число центров расположено в зубе. Между созданным таким образом основанием зуба (которое лежит в области тела C2) и непосредственно центрами оссификации тела развивается подзубный (субдентальный) синхондроз. Приблизительно в 5% случаев его оссификация происходит в возрасте 4–5 лет. В редких случаях синхондроз сохраняется в центральной части тела C2. У детей в области субдентального синхондроза могут произойти переломы зуба.

Положение зуба относительно тела C2 исследовалось многими авторами. Так, E. Helms, используя метод рентгенографии, исследовал угол между зубом и подлежащей поверхностью тела, получив значения от 42 до 88°. В 78% случаев ориентация зуба идентична оси тела. Частота выявления дорсального уклона зуба достигала 11%, а так называемый кифоз зуба — 14%, в особенности у лиц с выраженным лордозом шейного отдела позвоночника [28].

Атлантаксиальное сочленение (C1–C2) представляет собой уникальный комплекс суставов позвоночника. Он функционирует без межпозвонокового диска. Флексия, экстензия и аксиальная ротация возникают между фасеточными суставами, имеющими эллипсоидную поверхность. Движение одновременно осуществляется между зубовидным отростком, соответствующими фасеточными суставами дужек и поперечной связкой атланта. Поперечная связка атланта, часть кольцевидной связки, играет ключевую роль в стабильности атлантаксиального сочленения. Переднезадний эллипсоид обеих суставных поверхностей C1–C2 покрыт гиалиновым хрящом, который может разрушаться в процессе дегенерации. Верхний суставной отросток C2 в норме — самый большой фасеточный отросток в позвоночнике.



## Шейный отдел спинного мозга и корешки

Согласно данным Baldwin, средняя длина позвоночного столба от большого затылочного отверстия до верхушки копчика составляет 73,6 см. Средняя длина спинного мозга от большого затылочного отверстия до его окончания составляет 45,9 см у мужчин и 41,4 см у женщин. Верхней границей спинного мозга считаются волокна верхних корешков С1 сегмента или нижний край перекреста пирамид. Как правило, верхняя граница спинного мозга находится между атлантом и большим затылочным отверстием [7].

Для шейного утолщения спинного мозга особенно важен поперечный диаметр. По данным J. Lang и соавт., его значение на уровне С4–С7 (в области шейного утолщения) превышает 11 мм, тогда как сагиттальный диаметр в области С2–Т1 не превышает 9 мм [37]. Согласно Ziehen, шейное утолщение начинается сразу же ниже перекреста пирамид и заканчивается на уровне Т2. Наибольший поперечный диаметр на уровне С5–6 составляет 13–14 мм, сагиттальный диаметр — чуть меньше 9 мм [47].

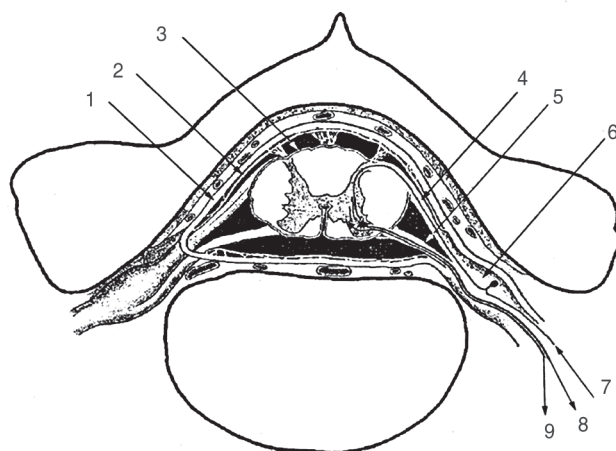
Согласно исследованиям Stilling, площадь поперечного сечения спинного мозга на уровне С3 составляет 44,7 мм<sup>2</sup>, на уровне С4 — 48,0 мм<sup>2</sup>, на уровне С5–С6 — 62,4 мм<sup>2</sup>, в верхней части С7 — 59,7 мм<sup>2</sup>, в нижней части этого сегмента — 52,8 мм<sup>2</sup>, на уровне С8 — 48,7 мм<sup>2</sup>. Длина шейного отдела спинного мозга составляет в среднем 9,9 см у мужчин и 9,6 см у женщин [44]. Koschorek и соавт. выполнили МРТ-исследование позвоночного канала в промежулке между большим затылочным отверстием и основной пластинкой С7 позвонка. Они отметили, что при наклоне вперед длина позвоночного канала составляет 12,69 см, а при сгибании назад — 11,5 см [35].

Ширина передних корешков, согласно всем имеющимся публикациям, составляет 2 мм, это верхняя граница средних значений. Межсегментарные анастомозы передних корешков встречаются реже по сравнению с дорсальными корешками. Они чаще всего обнаруживаются в верхней шейной области, реже в других отделах спинного мозга, например в 10% случаев такие анастомозы встречаются справа на уровне С1–С2, в 14% — на том же уровне слева, на уровне С4–С5 в 18% случаев встречаются справа, в 21% случаев — слева.

Волокна заднего корешка входят в спинной мозг по дорсальной корешковой линии. Более тонкие волокна заднего корешка идут в основном в латеральной периферической части поперечного сечения корешка (около задней корешковой линии). По немиелинизированным латеральным волокнам задних корешков осуществляется проведение не только болевой, но и протопатической температурной чувствительности. Немиелинизированные волокна в месте входа заднего корешка в спинной мозг идут по переднему и латеральному краю пучка волокон и достигают дорсолатерального тракта (тракта Lissauer). В месте входа в спинной мозг тонкие волокна идут по косой в передненаружном направлении к тракту Lissauer, толстые волокна идут медиально к заднему столбу (рис. 1.3).

Задние корешки состоят из 5–10 пучков нервных волокон, образующих мелкие структуры в виде веера, верхушка которых направлена к соответствующему межпозвоночному отверстию.

Большинство нервных корешков имеют нисходящий ход. На уровне С2, согласно Marzotko, длина волокон наиболее краниального заднего корешка варьирует от 10 до 13 мм с правой стороны и от 11,5 до 12 мм с левой. На уровне С3 пограничные значения составляют 14,5–18 мм справа и 16–19,5 мм слева. На уровне С4 пограничные значения составляют 16,5–23 мм справа и 18–23 мм слева. Длина соответствующих волокон постепенно увеличивается к уровню С8. На этом уровне самое длинное краниальное волокно имеет длину от 19,0 до 29,5 мм справа



**Рис. 1.3.** Формирование спинномозговых нервов в аксиальной проекции: 1 — твердая мозговая оболочка; 2 — паутинная оболочка; 3 — спинной мозг; 4 — задний корешок; 5 — передний корешок; 6 — спинальный ганглий; 7 — задняя корешковая ветвь; 8 — вентральная корешковая ветвь; 9 — постганглионарные симпатические ветви

и от 20,5 до 29,5 мм слева, длина наиболее каудального волокна колеблется от 12,0–21,5 мм справа до 11–17,5 слева [38].

Оболочечные влагалища нервных корешков, выросты ТМО, обычно имеют два отверстия: по одному для переднего и заднего корешка. Поперечное расстояние между выходными отверстиями обоих оболочечных рукавов для переднего и заднего корешков от уровня С3 и ниже, а также в поясничном отделе не превышает 1 мм, тогда как в грудном и верхнешейном отделе этот показатель превышает 1 мм. Каждое корешковое отверстие ведет в индивидуальный карман корешка, представляющий собой латеральное выпячивание оболочечного мешка, и имеет выстилку из паутинной оболочки.

Frykholm выделил под местной анестезией несколько шейных корешков в области отверстия кармана и сообщил о том, что вовлеченные нервные корешки не могут быть свободно перемещены без возникновения боли. Однако если выходное отверстие оболочечного кармана, в особенности его верхний край, сужено, то небольшое сдавление и легкое смещение могут вызвать интенсивную боль. У обследованных этим автором больных смещение задних корешков приводило к возникновению боли в дистальных отделах конечности, приходящей на смену парестезиям и анестезии. После вскрытия оболочечного кармана нервные корешки могут быть смещены вверх без затруднений. Затем он смещал передний корешок, который часто является источником боли различной природы: глубокой боли в проксимальном отделе конечностей и плечевого пояса, в основном в тех мышечных группах, которые были первоначально уплотнены. После рассечения межкорешковой перегородки (термин был введен Frykholm) передний корешок также может быть смещен без ощущения боли. Frykholm подчеркивает, что небольшое смещение интактного переднего корешка не вызывает боли, а болезненна лишь первоначальная компрессия корешка [24].

Пучки волокон передних и задних корешков, покрытые паутинной оболочкой, проходят через отверстия корешковых карманов, в основном внутри отдельных сумок. Паутинная оболочка обычно срастается с передним и задним корешком на несколько миллиметров медиальнее спинального ганглия. Она образует пла-

стинчатую структуру периневрия. ТМО корешковых карманов плотно сливается с фиброзным слоем периневрия.

Отмечено, что в области отверстий корешковых карманов паутинная оболочка часто утолщается и поэтому контрастное вещество (во время миелографии) не попадает в карманы шейных корешков.

Нервные корешки могут спускаться внутри общего оболочечного мешка до уровня на 8 мм ниже центра соответствующего межпозвоночного отверстия, прежде чем повернуть вверх под острым углом, входя в корешковый карман. Аксиальное растяжение или сдавление шеи не приводит к значительному изменению нервов и их изгиба в области входа в корешковый карман. При наклоне вперед отмечается легкое смещение нерва вперед вместе со смещением вперед всего оболочечного мешка.

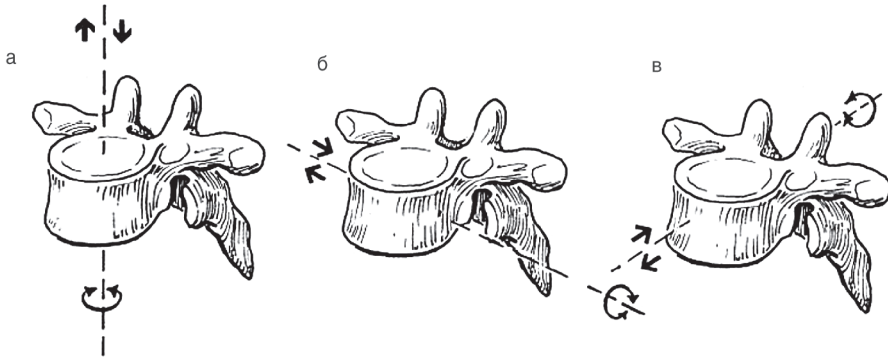
Корешковые карманы, поднимающиеся вверх под острым углом, обнаруживались чаще в нижнем шейном и верхнем грудном отделах и, согласно данным Frykholm, у 40% лиц моложе 25 лет, у 71–76% людей в возрасте 25–45 лет. Восходящее или чисто поперечное расположение корешков встречается в 5,1% случаев на уровне С5, в 10,2% случаев на уровне С6, в 12,8% случаев на уровне С7, в 27,5% случаев на уровне С8 и в 41,2% случаев на уровне Т1. При сгибании головы и шеи Frykholm отметил смещение корешковых рукавов до 1,5 (1–5) мм на уровне С5 и до 6,8 (3–12) мм на уровне Т1. Разгибание шеи и головы также не приводило к смещению, однако на уровне Т1 вызывало сдвиг в среднем на 4,7 мм [24].

Шейные ганглии, учитывая большое число методов их удаления, имеют большое клиническое значение. Согласно Becker и Grunt, нижний шейный ганглий присутствует почти всегда, в среднем имеет длину 17 мм, расположен за начальным сегментом позвоночной артерии и медиальнее его на уровне восьмого шейного спинального нерва. Он всегда отделен от грудного ганглия четко определяемой перетяжкой. Шейно-грудной ганглий (звездчатый) наблюдается, согласно данным этих исследователей, в 37,7% случаев [8], согласно данным других авторов — в 80%, его средняя длина составляет 28 мм. Он расположен между С8 и Т1. При исследовании 24 трупов Perlow и Vehe обнаружили, что этот ганглий располагается на поперечном отростке Т1 и головке первого ребра на участке между плеврой и связками. Он связан сверху с нижним и средним шейными ганглиями, а снизу — со вторым грудным ганглием. Его длина, согласно их измерениям, колеблется от 10 до 30 мм, ширина — от 3 до 10 мм. Средний шейный ганглий обычно имеет четкую форму и, как правило, небольшой размер. В большинстве случаев от среднего шейного ганглия отходит средний шейный сердечный нерв [41].

Верхний шейный ганглий может быть удвоенным, при этом один ганглий лежит перед фасциальным футляром, окружающим сонную артерию, а другой — за ним. Различное число волокон от верхнего шейного ганглия идут к нижнему ганглию блуждающего нерва, подъязычного нерва и заднего корешка шейной петли.

## **Биомеханические аспекты и объем движений в шейном отделе позвоночника в норме**

Конфигурация шейного отдела позвоночника описывается как небольшой лордоз. Обзор 110 рентгенограмм шейного отдела позвоночника выявил у 41% умеренный лордоз, у 10% — выраженный лордоз, а у 49% — прямой позвоночник [5]. С помощью МРТ-методики определено, что возможный объем сгибания/разгибания составляет 63° (31–100°) [31]. На рис. 1.4 представлены 6 основных вариантов движений в шейном отделе позвоночника.

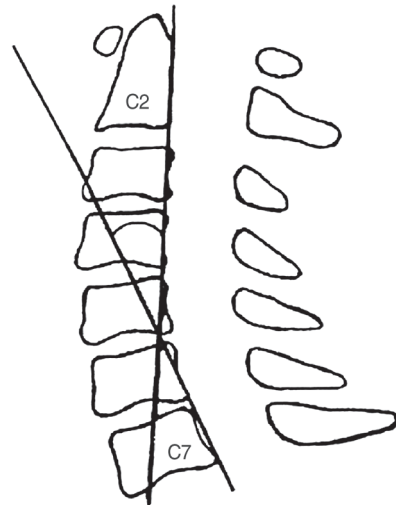


**Рис. 1.4.** Основные варианты движений в шейном отделе: а — вращательное и поступательное движение по оси позвоночника; б — вращательное движение и боковая трансляция относительно фронтальной оси; в — вращательное движение и переднезадняя трансляция в сагиттальной плоскости

В аксиальной плоскости в атлантоаксиальном сочленении около 40° ротации. Такой объем поворота обусловлен также отсутствием суставной капсулы фасеточных суставов C1–C2. На уровне C1–C2 осуществляется около половины общего объема аксиального поворота, возможного на уровне шейного отдела позвоночника. Крыловидные связки, соединяющие зубовидный отросток и затылочную кость, играют важную роль в плане ограничения аксиальной ротации и бокового наклона в верхнешейном отделе.

Основные движения между аксисом и атлантом носят вращательный характер. При повороте головы C2 и C1 вращаются вместе с поперечной связкой вокруг зуба как колесо вокруг оси. Это ведет к появлению скользящих движений передней и задней суставных поверхностей переднего и заднего атлантоаксиальных сочленений имеют более сложный механизм. Срединной позицией считается положение головы лицом вперед. Края хряща выходят за пределы суставных поверхностей. При повороте головы вправо передняя часть суставной поверхности атланта скользит над поперечным краем к правой суставной поверхности C2, сдвигается вниз и назад, в результате чего передняя часть суставной поверхности C2 уже не соприкасается с атлантом. На другой стороне происходят движения в обратном направлении.

Объем вращательных движений головы, согласно Hughes, не превышает 52,5° от срединной линии в обе стороны. При полном вращении, объем которого достигает 175–180° в обе стороны у молодых людей и 147° у 70-летних, истинное движение головы дополняется поворотом всего позвоночника, движением в тазобедренных суставах, а также суставах нижних



**Рис. 1.5.** Оценка объема движений в шейном отделе позвоночника по методу Penning. Оценку проводят посредством измерения угла, образованного плоскостями задних поверхностей тел позвонков C3–C7 в положении максимального сгибания и разгибания

конечностей [30]. Для оценки общего объема движений в шейном отделе позвоночника применяется метод L. Penning. Метод основан на измерении угла, образуемого плоскостями задних поверхностей тел С3 и С7 позвонков, в положениях максимального сгибания и разгибания.

Важнейший показатель — не изменение абсолютного угла движения в отдельных позвоночных сегментах или в позвоночнике в целом (так как эти показатели весьма индивидуальны), а соотношения общего угла сгибания-разгибания в шейном отделе и угла движения в отдельно взятой паре позвонков, что является показателем избыточной подвижности или ограничения подвижности позвоночного сегмента [29]. Метод основан на измерении ОП шейного отдела позвоночника, выражающейся в сумме углов подвижности (УП) всех позвоночных сегментов. Измерение ОП проводится на функциональных спондилограммах путем измерения угла, образуемого нижней замыкательной пластинкой тела верхнего позвонка, формирующего позвоночный сегмент при положении максимального сгибания и разгибания, и последующим суммированием углов, получаемых при движении во всех шейных позвоночных сегментах:

$$\text{ОП} = \text{УП}[С2 \div С3] + \text{УП}[С3 \div С4] + \text{УП}[С4 \div С5] + \text{УП}[С5 \div С6] + \text{УП}[С6 \div С7]$$

Относительный уровень подвижности (ОУП) определяется как процентная доля УП скомпрометированного сегмента в ОП:

$$\text{ОУП} = \text{УП} \div \text{ОП} \times 100\%$$

Данный показатель описан А. Holmes и соавт. в 1994 г. [29]. В результате анализа 250 функциональных спондилограмм здоровых людей получены средние значения ОУП (ROM — range of motion в описании Holmes A.) для шейных позвоночных сегментов в европейской популяции (табл. 1.1).

**Таблица 1.1.** Средние значения относительного уровня подвижности для шейных позвоночных сегментов. *Источник: Holmes A. et al., 1994; Анализ 250 нормальных спондилограмм*

Уровень	ОУП, %
С2–С3	11,2
С3–С4	20,3
С4–С5	27,1
С5–С6	23,1
С6–С7	18,3

Для измерения УП в позвоночном сегменте используется метод простого наложения спондилограмм в положении флексии и экстензии на негатоскоп (одна на другую), совмещается контур тела нижнего позвонка, образующего позвоночный сегмент, и с помощью транспортира и линейки измеряется угол, образуемый замыкательной пластинкой верхнего позвонка между положениями сгибания и разгибания. Вычисляя показатель ОУП, судят о наличии скрытой нестабильности (гипермобильности) или гипомобильности отдельно взятого позвоночного сегмента.

Необходимость определения пределов допустимых деформаций на шейном уровне побудила исследователей к разделению взаимоперемещений в данном отделе на костные взаимозменения (изменения положения позвонков относительно друг друга) и зону эластической деформации (эластическое растяжение связочного аппарата) [46]. При этом костное сопротивление тела С6 позвонка максимально. Количественное измерение поперечных размеров и площади конечных пластинок шейных позвонков выявило нарастание этих показателей от уровня тела С2 к С6

и некоторое уменьшение от С6 к С7 позвонку. С использованием компьютерной модели математически подтверждено уменьшение поперечного размера позвоночного канала на уровне С6–С7 позвоночного сегмента и увеличение соотношения ширины и глубины позвоночного канала на этом уровне [21, 22, 40]. Эти факты подтверждают эмпирическое предположение, что С6 позвонок представляет собой своеобразную границу между шейным и грудным отделами позвоночника и является переходным между шейным лордозом и грудным кифозом. Высокая функциональная мобильность, а также минимальное резервное пространство на этом уровне позволяют расценивать данный уровень как зону риска и объясняет высокую частоту возникновения компрессионных синдромов на этом уровне.

Ориентируясь на известную схему зависимости объема движений от интенсивности нагрузки (диаграмма 1, см. главу 2, раздел 2.2 «Понятие нестабильности, критерии оценки»), можно констатировать, что ограничение уровня подвижности в дегенерированном позвоночном сегменте связано с уменьшением эластической зоны в результате обезызвествления и снижения мобильности связочного аппарата и межпозвоночных дисков. При этом нестабильность, выходящая за предел физиологической, напротив, обусловлена растяжением указанных соединительнотканых образований. Безусловно, знание специфики изменений биомеханики движений и возможность количественной оценки степени нарушения подвижности позвоночника позволяет спланировать тактику хирургического лечения с применением необходимых стабилизирующих мероприятий.

Богатство связочного аппарата шейного уровня определяет его роль в формировании различных патологических процессов. По данным исследований физиологии наружных и внутренних связок позвоночного столба на шейном уровне отмечается изменение толщины задней продольной и желтой связок при движении шеи [43]. В частности, разгибание в шейном отделе позвоночника приводит к увеличению толщины желтой связки почти в два раза относительно вертикального положения оси позвоночника, тогда как сгибание обуславливает уменьшение ее толщины. Задняя продольная связка не подвержена столь значительным изменениям при физиологическом изменении положения.

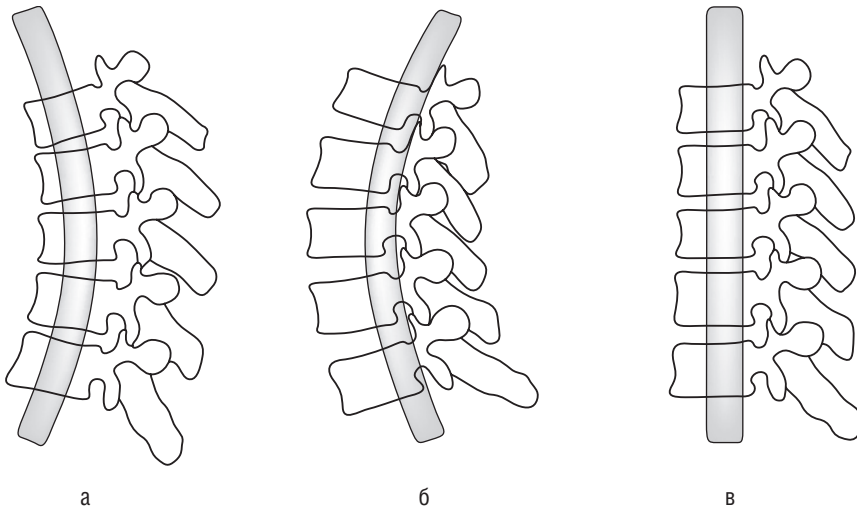
Проведенные исследования выявляют также закономерное изменение площади сечения спинного мозга при флексионно-экстензионных движениях, сопровождающее 25% (!) изменение длины спинного мозга при сгибании-разгибании. Площадь сечения спинного мозга на уровне С5–С6 межпозвоночного диска при флексии уменьшается (в связи с его удлинением и растяжением) в среднем до 70,5 мм<sup>2</sup>, а при экстензии увеличивается до 80 мм<sup>2</sup> [43]. Таким образом, относительное изменение данного показателя в крайних физиологических положениях (процентная разница площади спинного мозга в момент максимального разгибания и сгибания) составляет 12%. При нарушении стабильности или искривлении позвоночника последний показатель существенно меняется и соотношение может стать обратным.

Вышеописанные изменения толщины позвоночных связок при физиологических движениях, изменение поперечной площади сечения спинного мозга, особенно при экстензии, могут привести к возникновению компрессии содержимого позвоночного канала при уменьшении его поперечной площади. Данный показатель, называемый критическим соотношением площади позвоночного канала и спинного мозга, составляет 2,5, он может служить ориентиром при определении степени дегенеративно-дистрофических изменений костно-хрящевых структур, составляющих стенки позвоночного канала [1].

Традиционная трехколонная теория F. Denis предполагает, что точка приложения аксиальной (осевой) нагрузки в шейном отделе позвоночника в среднем



(нейтральном) положении находится в средней «колонне», то есть в области дорсальной поверхности тел позвонков (рис. 1.6, В). Однако сгибание позвоночника обуславливает переднее смещение точки приложения и направления вектора аксиальной нагрузки (в область передней «колонны» по Denis – рис. 1.6, А), а разгибание – кзади, на уровень межпозвонковых отверстий и суставных отростков (рис. 1.6, Б). Боковые наклоны в шее обуславливают боковое смещение аксиального вектора силы латерально в сторону вогнутой поверхности.



**Рис. 1.6.** Направление вектора аксиальной нагрузки при сгибании-разгибании в шейном отделе позвоночника. Серая зона соответствует направлению вектора осевой нагрузки при: а) сгибании; б) разгибании; в) выпрямленном позвоночнике (объяснения в тексте)

## Список литературы

1. Антипко Л.Э. Стеноз позвоночного канала. Воронеж, 2001. 271 с.
2. Луцик А.А. Компрессионные синдромы остеохондроза шейного отдела позвоночника. Новосибирск, 1977.
3. Осна А.И. Дискография как метод диагностики поясничного остеохондроза // Вопросы травматологии и ортопедии. Новосибирск, 1961. С. 75–77.
4. Цивьян Я.Л. Повреждения позвоночника. М. : Медицина, 1971.
5. Aall P.A., Benzel E.C. Management of cervical disc disease: posterior approach // Principles of Spinal Surgery / eds A.H. Meneses, V.K. Sonntag. 1996. P. 529–546.
6. Aall P.A., Benzel E.C. Pathology of disk degeneration // Principles of Spinal Surgery / eds A.H. Meneses, V.K. Sonntag. 1996. P. 507–516.
7. Baldwin W.M. The topography of spinal nerve roots // Anat. Rec. 1908. Vol. 2. P. 155–156.
8. Becker R.F., Grunt J.A. The cervical sympathetic ganglia // Anat. Rec. 1957. Vol. 127. P. 1–4.
9. Benzel E.C. Biomechanics of Spine Stabilization: Principles and Clinical Practice. New York : McGraw-Hill, 1995.
10. Benzel E.C. Biomechanics of Spine Stabilization. 2nd ed. Rolling Meadows, IL : American Association of Neurological Surgeons, 2001.
11. Bergman R.A., Thompson S.A., Afifi A.K. et al. Compendium of Human Anatomic Variation. Baltimore : Urban and Schwarzenberg, 1988. P. 63–75, 374–378.

12. Blades D.A., Hardy R.W., Cohen M. Cervical paraganglioma with subsequent intracranial and intraspinal metastases. Case report // *J. Neurosurg.* 1991. Vol. 75, N 2. P. 320–323.
13. Bland J.H., Boushey D.R. Anatomy and physiology of the cervical spine // *Semin. Arthritis Rheum.* 1990. Vol. 20. P. 1–20.
14. Blumenkrantz N., Sylvest J., Asboe-Hansen G. Local low-collagen content may allow herniation of intervertebral disc: biochemical studies // *Biochem. Med.* 1977. Vol. 18, N 3. P. 283–290.
15. Bogduk N. The anatomy and pathophysiology of neck pain // *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2003. Vol. 14, N 3. P. 455–472.
16. Cimen M., Elden H. Numerical variations in human vertebral column: a case report // *Okajimas Folia Anat. Jpn.* 1999. Vol. 75. P. 297–303.
17. Cooper P.R. Operative management of cervical spine injuries // *Clin. Neurosurg.* 1988. Vol. 34. P. 650–674.
18. Czervionke L.F., Berquist T.H. Imaging of the spine. Techniques of MR imaging // *Orthop. Clin. North Am.* 1997. Vol. 28, N 4. P. 583–616.
19. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983. Vol. 8, N 8. P. 817–831.
20. De Palma A.F., Rothman R.H. *The Intervertebral Disc.* Philadelphia : W.B. Saunders, 1970. P. 43–72.
21. Dvorak J., Panjabi M.M., Grob D. et al. Clinical validation of functional flexion/extension radiographs of the cervical spine // *Spine.* 1993. Vol. 18. P. 120–127.
22. Dvorak J., Panjabi M.M. Functional anatomy of the alar ligaments // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987. Vol. 12, N 2. P. 183–189.
23. Ebraheim N.A., Xu R., Lin D., Haman S. et al. Quantitative anatomy of the transverse foramen and pedicle of the axis // *J. Spinal Disord.* 1998. Vol. 11, N 6. P. 521–525.
24. Frykholm R. [Cervical syndrome] // *Nord. Med.* 1970. Vol. 84, N 39. P. 1247–1248.
25. Hasebe K. Die Wirbelsäule der Japaner // *Z. Morphol. Anthropol.* 1913. Vol. 15. P. 259–380.
26. Hautmann W. *Wissenschaftliche Arbeit am Anatomischen Institut der Universität Würzburg*, 1978.
27. Heller J.G., Estes B.T., Zaouali M., Diop A. Biomechanical study of screws in the lateral masses: variables affecting pull-out resistance // *J. Bone Joint Surg. Am.* 1996. Vol. 78, N 9. P. 1315–1321.
28. Helms J. Über den Winkel zwischen Dens und Epistropheus. Diss. München, 1963.
29. Holmes A., Chao Wang. The range and nature of flexion-extension motion in the cervical spine // *Spine.* 1994. Vol. 19. P. 2505–2510.
30. Hughes A.W. Die Drehbewegungen der menschlichen Wirbelsäule und die sogenannten Musculi rotatores (Theile) // *Arch. Anat. Physiol. Anat. Abt.* 1892. P. 265–280.
31. Jomin M., Lesoin F., Lozes G. Herniated cervical discs. Analysis of a series of 230 cases // *Acta Neurochir.* 1986. Vol. 79. P. 107–113.
32. Kettler A., Wilke H.J., Claes L. Effects of neck movements on stability and subsidence in cervical interbody fusion: an in vitro study // *J. Neurosurg.* 2001. Vol. 94, N 1. Suppl. P. 97–107.
33. Knese K.-H. Kopfgelenk, Kopfhaltung und Kopfbewegung des Menschen // *Z. Anat. Entwickl. Gesch.* 1949/50. Vol. 114. P. 67–102.
34. Knightly J.J., Greene K.A., Marciano F.F., Ronderos J.F. et al. Locked facets and disc herniation // *J. Neurosurg.* 1994. Vol. 80, N 5. P. 952–953.
35. Koschorek F., Jensen H.P., Terwey B. Dynamic studies of the cervical spinal canal and spinal cord by magnetic resonance imaging // *Acta Radiol. Suppl.* 1986. Vol. 369. P. 727–729.
36. Lang J. *Clinical Anatomy of the Cervical Spine.* Stuttgart; New York : Thieme, 1993. Vol. X. 192 p.
37. Lang J., Issing P. The measurements of the clivus, the foramina on the external base of the skull and the superior vertebrae // *Anat. Anz.* 1989. Vol. 169, N 1. P. 7–34.



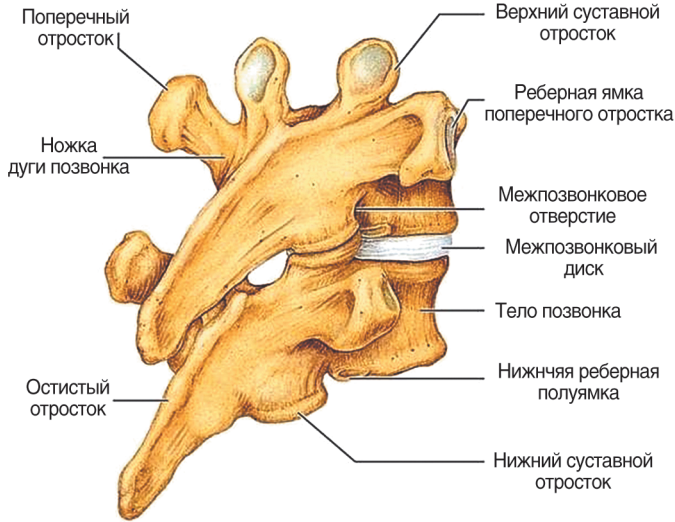
38. Marzotko D. Winkel- und Längenmessungen an Leichen verschiedener Altersklassen als Beitrag zur Topographie der Spinalnerven des Menschen // Wiss. Z. M.-Luther-Universität Halle-Wittenb. Math.-Nat. 1959. Vol. 8. P. 823–848.
39. Ogino H., Tada K., Okada K. et al. Canal diameter, anteroposterior compression ratio, and spondyloitic myelopathy of the cervical spine // Spine. 1983. Vol. 8. P. 1–15.
40. Panjabi M.M., White A.A., Keller D., Southwick W.O. et al. Stability of the cervical spine under tension // J. Biomech. 1978. Vol. 11. P. 189–197.
41. Perlow S., Vehe K.L. Variations in the gross anatomy of the stellate and lumbar sympathetic ganglia // Am. J. Surg. 1935. Vol. 30. P. 454–458.
42. Roofe P.G. Innervation of annulus fibrosus and posterior ligament // Arch. Neurol. Psychiatr. 1940. Vol. 44, N 1. P. 100–103.
43. Stevens J.M., O'Driscoll D.M., Yu Y.L., Kendall B.E. et al. Some dynamic factors in compressive deformity of the cervical spinal cord // Neuroradiology. 1987. Vol. 29, N 2. P. 136–142.
44. Stilling B. Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks. Kassel : Hotop, 1859.
45. Veleanu C. Contributions to the anatomy of the cervical spine // Acta Anat. 1975. Vol. 92. P. 467–480.
46. Yu S., Sether L.A. et al. Tears of the annulus fibrosus: correlation between MR and pathologic findings in cadavers // Am. J. Neuroradiol. 1988. Vol. 9. P. 367–370.
47. Ziehen Th. Nervensystem. Erste bis dritte Abteilung. Zentralnervensystem. I. Teil. Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Rückenmarks. Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Gehirns. Jena : Fischer, 1899.

## 1.2. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ГРУДНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА. ТОРАКОСКОПИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ

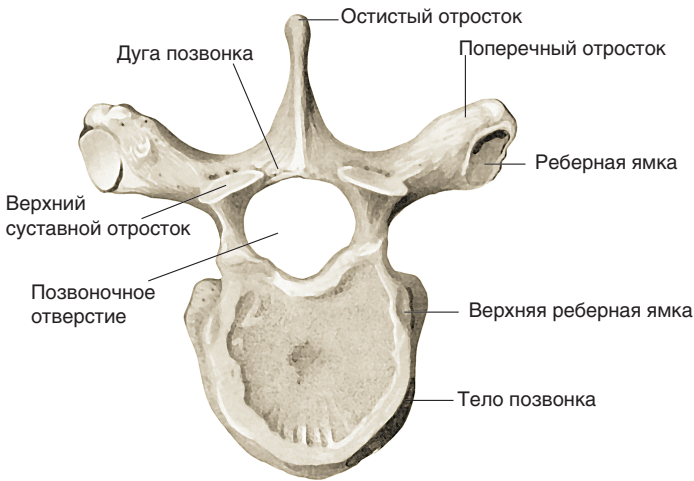
*Гринь А.А., Кордонский А.Ю.*

Грудной отдел позвоночника состоит из 12 позвонков. Он имеет физиологический кифоз, который обуславливает перераспределение нагрузки на передние отделы позвоночника, в отличие от шейного и поясничного отделов, имеющих физиологический лордоз и вследствие этого наибольшую нагрузку несут задние отделы межпозвонковых дисков. Межпозвонковые диски в грудном отделе шире тел смежных позвонков, они немного выступают в передней и боковой (но не задней) частях [6]. Таким образом, задние остеофиты и грыжи дисков для грудного отдела редки, чаще в этом отделе встречаются бессимптомные передние и боковые остеофиты. Двигательная функция грудного отдела позвоночника ограничена, что обеспечивается невысокими межпозвонковыми дисками и большим количеством синовиальных соединений с ребрами. Ограниченная подвижность имеет положительное значение: меньше травмируются межпозвонковые диски, медленнее происходят дегенеративные изменения. Частота поражений межпозвонковых дисков увеличивается в краниально-каудальном направлении. По данным Arseni, из 171 пораженного диска на долю Th1–Th5 приходятся единичные случаи, на долю Th6–Th8 — более 10 случаев, а ниже Th9 — уже больше 20 случаев, причем на Th11 — 41 поражение (24%) [8].

Грудные позвонки по размеру больше шейных. Позвонок Th1 имеет наименьший размер, далее (сверху вниз) размеры позвонков и высота их тел увеличиваются. Позвонки грудного отдела имеют следующие отличительные особенности: во-первых, они соединены с ребрами; во-вторых, их остистые отростки черепицеобразно накладываются друг на друга. Грудные позвонки имеют тело, дугу, 7 отростков: остистый, два поперечных, по два верхних и нижних суставных отростка (фасетки), сбоку на теле — верхнюю и нижнюю суставные полуямки (рис. 1.7–1.9).

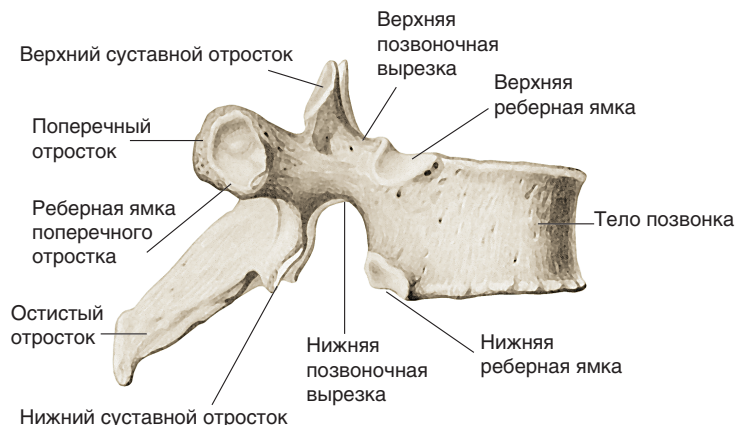


**Рис. 1.7.** Строение грудных позвонков



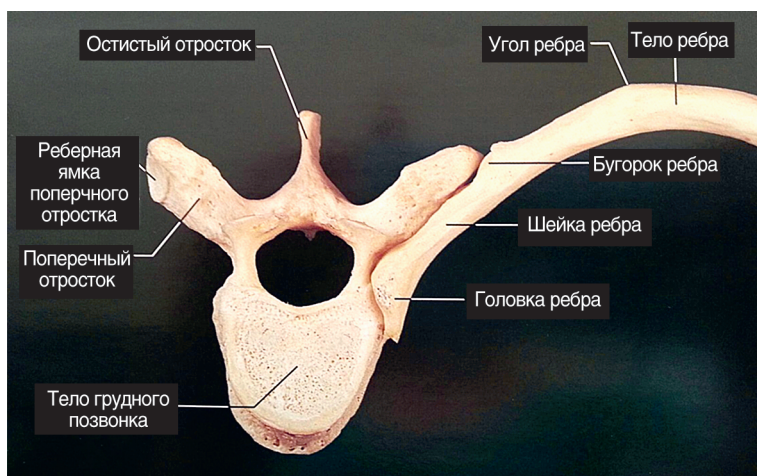
**Рис. 1.8.** Грудной позвонок, вид сверху

Остистые отростки грудных позвонков длинные, наклонены вниз, накладываются друг на друга. Остистые отростки позвонков Th5–Th9 отходят под достаточно острым углом. Отростки верхних грудных (Th1–Th4) и нижних грудных (Th10–Th12) позвонков ориентированы более горизонтально. Такое строение остистых отростков препятствует переразгибанию грудного отдела позвоночника. Поперечные отростки грудных позвонков утолщены на концах, на их передней поверхности расположены реберные ямки для соединения с суставной поверхностью бугорка ребра. Реберные ямки отсутствуют у Th11 и Th12. Суставные отростки грудных позвонков ориентированы во фронтальной плоскости, при этом суставные поверхности верхних суставных отростков направлены наружу и кзади, а нижних — внутрь и кпереди. Вертикальная ориентация суставных отростков, а также соединение позвонков с ребрами играют роль в снижении подвижности и увеличении стабильности грудного отдела.



**Рис. 1.9.** Грудной позвонок, вид сбоку

Грудные позвонки соединяются с ребрами, образуя заднюю стенку грудной клетки. Головка каждого ребра соединяется с телами двух соседних позвонков и соприкасается с межпозвоночным диском. Это соединение носит название сустава головки ребра. Th1 имеет полную суставную ямку для соединения с головкой первого ребра и полуямку на нижней поверхности тела для соединения со вторым ребром, Th10 — только верхнюю полуямку, Th11 и Th12 имеют по одной полной суставной ямке для соединения с соответствующими позвонками. Кроме суставов головки ребра, первые 10 пар ребер образуют реберно-поперечные суставы — сочленение с реберной ямкой поперечного отростка (рис. 1.10).



**Рис. 1.10.** Соединение грудного позвонка с ребром

Площадь сечения позвоночного канала в грудном отделе меньше, чем в шейном и поясничном отделах, и составляет 23–25 мм<sup>2</sup> [3]. Длина корешков увеличивается в каудальном направлении — так, на уровне Th12 она равняется 81 мм [7].

В грудных и первых поясничных сегментах (от C<sub>8</sub> до L<sub>1-4</sub>) спинного мозга сосредоточены центры симпатической системы, на этом уровне спинной мозг имеет боковые рога, в которых сосредоточены симпатические клетки. После выхода из межпозвоночного отверстия от спинномозгового нерва отходят четыре ветви:

передняя, задняя, белая соединительная, содержащая преганглионарные симпатические волокна, и менингеальная, или синувентральная нерв Люшка. Белая соединительная ветвь подходит к узлам симпатического ствола, который в грудном отделе состоит из 10–12 симпатических узлов, располагающихся на уровне суставных линий спереди от головок ребер. Синувентральная нерв по выходе из межпозвоночного отверстия соединяется в единый ствол с симпатической ветвью, отходящей от симпатического ствола [23]. После этого синувентральная нерв возвращается в позвоночный канал, где делится на две ветви: короткую, теряющуюся в венозном сплетении, и длинную, которая достигает эпидурального пространства и распадается на отдельные ветви, иннервирующие надкостницу позвонков, связочный аппарат, капсулу суставов, ТМО, заднюю часть межпозвоночного диска [2, 3, 4, 24]. Дегенеративно-дистрофические изменения грудного отдела позвоночника часто сопутствуют или являются триггером развития артроза суставов головки ребра и реберно-поперечных суставов. Близкое расположение спинномозговых нервов и симпатического ствола приводит не только к клинике опоясывающих болей, напоминающих межреберную невралгию, но и к вегетативным синдромам.

Поражение же дисков грудных позвонков, кроме статических расстройств, приводит как к компрессии корешков и спинного мозга, так и к раздражению множества эфферентных волокон, что проявляется вазомоторными, вегетативными и трофическими нарушениями. Нередко после удаления грыжи диска неврологические расстройства остаются. В этом отношении интересна концепция Gutzeit о функциональном и органическом расстройстве внутренних органов на почве дискогенного сдавления корешков. Длительное дискогенное раздражение способствует образованию инертной болевой доминанты коры головного мозга, что приводит к расстройству некоторых выработанных условных рефлексов (например, к мышечно-тоническому синдрому). Все это объединяется общим названием «рефлекторное звено патогенеза» дискогенной болезни [13].

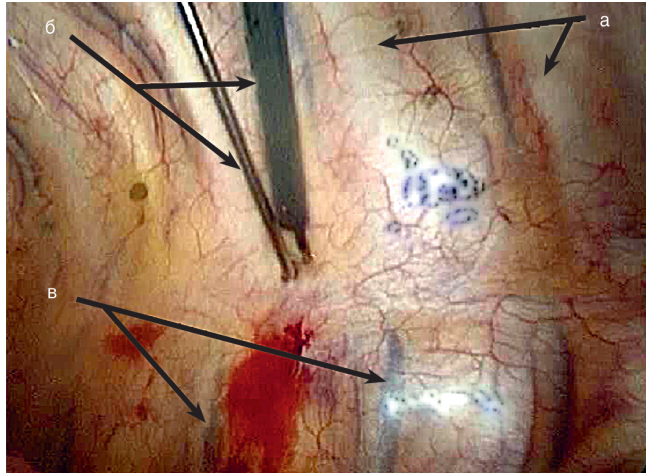
Указанные анатомические особенности грудного отдела позвоночника и сложное взаимодействие со структурами вегетативной нервной системы накладывают отпечаток на клинические проявления дегенеративно-дистрофических заболеваний грудного отдела. В первую очередь речь идет о симптомах со стороны внутренних органов, порой симулирующих органические заболевания последних. Вполне вероятно, что на самом деле заболеваемость дегенеративно-дистрофическими изменениями грудного отдела позвоночника выше, чем принято считать [25], за счет того, что такие пациенты длительно наблюдаются у терапевтов по поводу симптоматики со стороны внутренних органов грудной и брюшной полости.

## Торакоскопическая анатомия

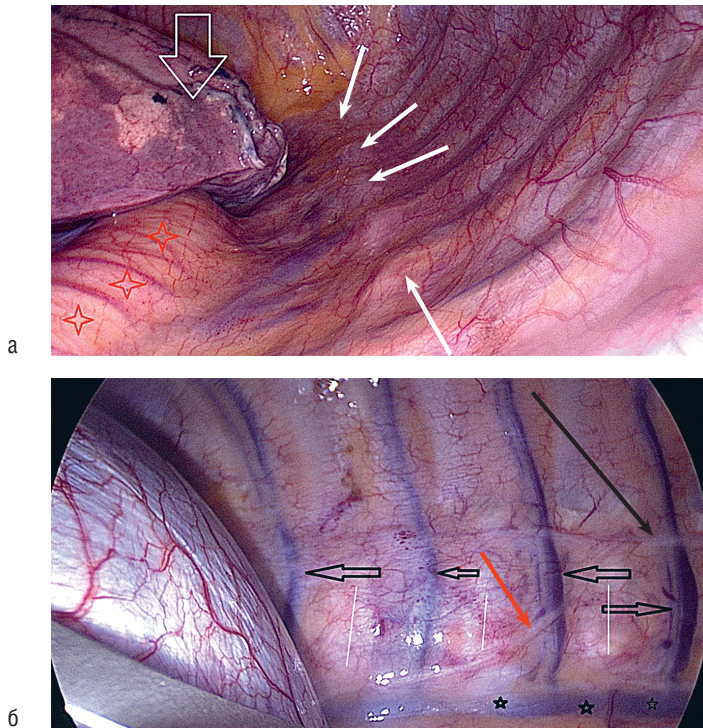
Внутренняя стенка грудной клетки представлена ребрами, которые прикрыты внутренними грудными мышцами и волокнами подреберных мышц (рис. 1.11). Внутренние межреберные мышцы кзади от реберных углов отсутствуют, там располагается внутренняя межреберная перепонка. От X–XII ребер начинаются подреберные мышцы, которые перекидываются и прикрепляются через одно ребро.

Первое ребро на внутренней стенке грудной клетки не визуализируется. Наивысшее ребро, которое видно из плевральной полости, — второе. Головки ребер расположены напротив межпозвоночных дисков со II по IX ребро и являются своеобразными маркерами, по которым хирург во время операции может ориентироваться (рис. 1.12) [18].



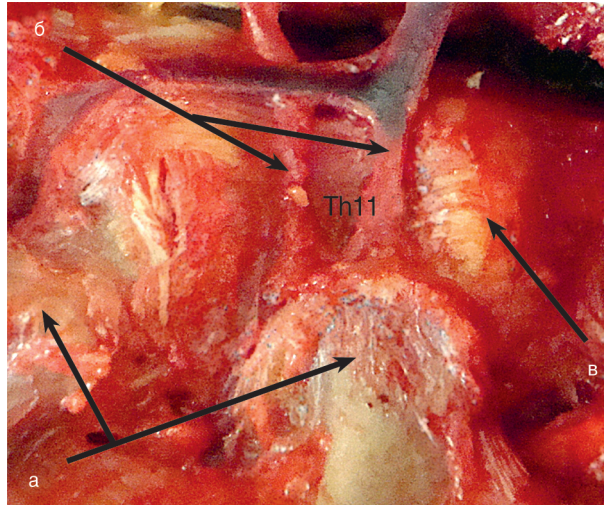


**Рис. 1.11.** Внутренняя стенка грудной клетки, правосторонний доступ: а) ребра; б) спица и коагуляционный крючок (расположены в проекции головки ребра); в) сегментарные сосуды на боковых поверхностях тел позвонков



**Рис. 1.12.** Вид а) левой и б) правой половины грудной клетки из камеры эндоскопа после коллапсирования легкого (белая объемная стрелка): белые стрелки указывают головки ребер; черная тонкая стрелка показывает симпатический ствол, который проходит на уровне головок ребер; купол диафрагмы на рис. «б» виден слева; белые линии расположены на межпозвонковых дисках, а красная стрелка указывает на большой чревный нерв; сегментарные сосуды (проходят посередине тел позвонков) указаны объемными стрелками; полунепарная вена обозначена черными звездочками, а аорта — красными

Головки ребер сочленяются с реберными ямками двух соседних позвонков. Нижележащий от головки ребра позвонок соответствует номеру ребра. Это можно использовать при определении уровня хирургического вмешательства. Головки I, X, XI и XII ребер сочленяются с реберной ямкой только одного позвонка и располагаются напротив его тела (рис. 1.13).



**Рис. 1.13.** Анатомический препарат позвоночника на уровне позвонков Th10–Th12: а) головки ребер расположены напротив тел позвонков; б) сегментарные сосуды (артерия и вена); в) межпозвоночный диск

На уровне позвонков Th1–Th10 ребра дополнительно соединены с позвоночным столбом при помощи реберно-поперечных сочленений — между суставной поверхностью бугорков ребер и реберными ямками соответствующих поперечных отростков. На уровне позвонков Th11 и Th12 эти сочленения отсутствуют, что в определенной степени обуславливает большую мобильность этих ребер.

Линия, проходящая через верхушки головок ребер, в верхне-грудном отделе позвоночника располагается посредине тел позвонков, а в нижне-грудном отделе — на уровне задней четверти тел позвонков.

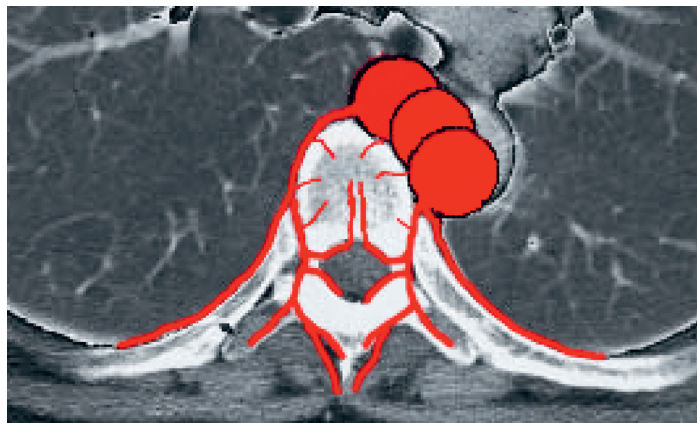
Со II по IX ребро головки ребер почти полностью закрывают межпозвоночные отверстия с проходящими там сосудами и спинномозговыми корешками. Видна остается только верхняя половина межпозвоночных отверстий.

В грудной полости позвоночный столб, сегментарные сосуды и симпатический ствол прикрыты париетальной плеврой. Под париетальной плеврой, над головками ребер, расположен симпатический ствол. В грудном отделе позвоночника он образован X–XII грудными узлами. Ветви симпатического ствола вместе с блуждающими нервами участвуют в образовании нервных сплетений грудной полости. V–IX грудные узлы симпатического ствола образуют большой чревный нерв, X–XI грудные узлы — малый чревный нерв. Чревные нервы располагаются на боковой поверхности тел грудных позвонков. Они проходят в межмышечную щель ножек диафрагмы и направляются к узлам чревного сплетения.

Для доступа к телам позвонков нервы при помощи диссектора выделяют, после чего сдвигают кпереди. Как правило, большой и малый чревные нервы пересекают тела Th7 и Th11 позвонков сзади наперед и сверху вниз.

Посредине тел позвонков проходят сегментарные сосуды — артерии и вены. Правые межреберные артерии длиннее левых из-за левостороннего расположения

аорты. Грудной отдел аорты располагается слева, на протяжении от Th4 до Th12 позвонков и является продолжением дуги аорты. Верхняя часть грудного отдела аорты прилежит к боковой поверхности тел позвонков. Спускаясь вниз, аорта постепенно смещается кпереди и на уровне диафрагмы располагается почти по средней линии на передней поверхности тел позвонков (рис. 1.14).



**Рис. 1.14.** Смещение аорты кпереди по мере ее прохождения от уровня позвонка Th4 до позвонка Th12. Верхняя часть грудного отдела аорты прилежит к боковой поверхности тел позвонков. Спускаясь вниз, аорта постепенно смещается кпереди и на уровне диафрагмы располагается почти по средней линии

Из-за левостороннего расположения пищевода, аорты, сердца и перикарда в верхнегрудном отделе позвоночника при локализации зоны хирургического интереса на уровне Th2–Th8 позвонков целесообразно применять правосторонний доступ.

G.C. Nuiteма в 2007 г. в журнале «Spine» описал существенные различия расположения аорты при выполнении компьютерной томографии (КТ) в положении больного на спине или на боку. Расположение ее особенно сильно менялось на уровне Th4–Th8 позвонков. В положении больного на спине аорта смещалась более латерально и кзади, а в положении на боку — медиально и кпереди от позвоночного столба [14]. Совместно с Т.Ю. Малышевой (г. Тюмень) мы также исследовали этот факт и установили, что на уровне Th6 и Th8 позвонков аорта в положении пациента «на спине» перекрывает тело позвонка на весь его диаметр, но при выполнении МРТ в положении «на животе» она смещается кпереди на 1/2 диаметра тела позвонка, практически открывая его наполовину. На уровне Th10 позвонка аорта перекрывает тело позвонка на 1/2 в положении человека «на спине», но в положении «на животе» она смещается к переднему краю тела позвонка и открывает его полностью. На уровне Th12 позвонка аорта лежит кпереди от тела позвонка и существенно не меняет своего положения при смене положения тела пациента (рис. 1.15). У людей с болезнью Бехтерева аорта малоподвижна и практически не смещается при изменении положения тела.

Венозная кровь от позвонков и спинного мозга оттекает по сегментарным венам в непарную, в верхнюю и нижнюю полунепарные вены.

Правые сегментарные вены с уровня Th4 по Th12 впадают в непарную вену. Вторая, третья и четвертая правые межреберные вены, сливаясь, формируют верхнюю межреберную вену, которая, как правило, располагается на боковой поверхности тела позвонка Th4 и впадает в непарную вену в области ее дуги. Это формирование вен служит дополнительным анатомическим ориентиром.

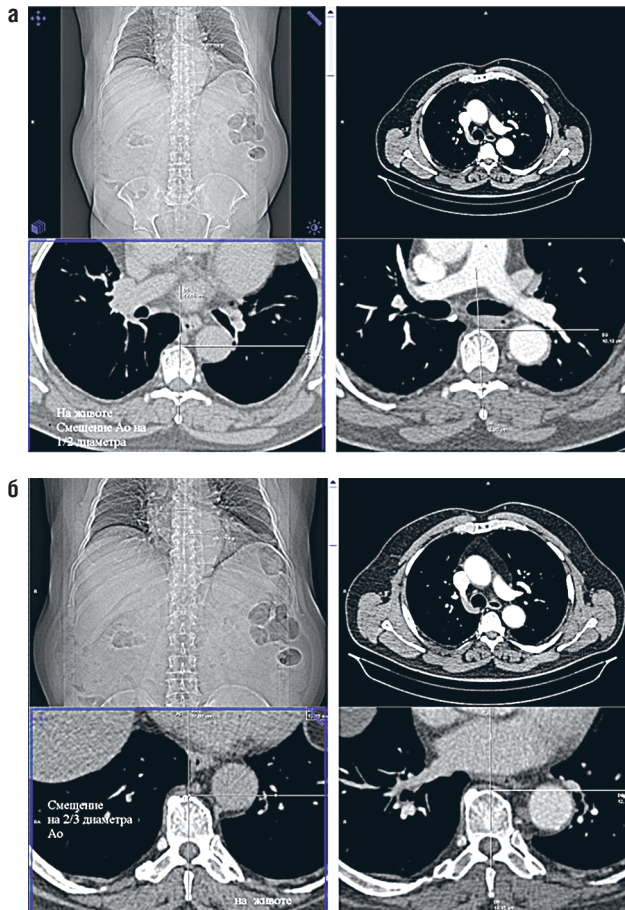


Непарная вена располагается на переднебоковой поверхности позвоночного столба. На уровне позвонка Th4 она отклоняется в правую сторону и ложится на его боковую поверхность. Далее непарная вена огибает заднюю поверхность корня легкого и на уровне позвонка Th3 поворачивается кпереди, образуя дугу непарной вены. Вена в области дуги перебрасывается через правый бронх и впадает в верхнюю полую вену (рис. 1.16).

Таким образом, позвонки Th3 и Th4 находятся в наиболее сложных топографических условиях — справа на их боковой поверхности лежит верхняя межреберная вена и дуга непарной вены, слева, прикрывая почти всю боковую поверхность, располагается аорта.

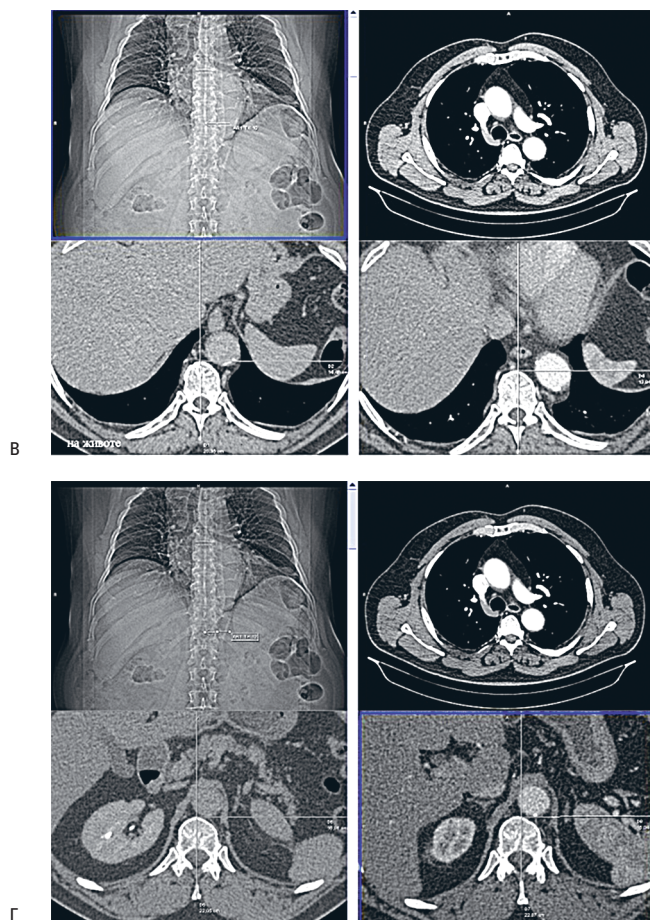
Левые сегментарные вены впадают в верхнюю и нижнюю полунепарные вены. Кровь по пяти верхним межреберным венам оттекает в верхнюю полунепарную вену, а по остальным — в нижнюю полунепарную вену.

Нижняя полунепарная вена образуется из левой восходящей поясничной вены и проходит по левой переднебоковой поверхности тел позвонков. На уровне позвонков Th7–Th8 она впадает в непарную вену.



**Рис. 1.15.** Компьютерная томография грудной клетки и грудного отдела позвоночника пациента, обследованного вне связи с патологией аорты и позвоночника: а) компьютерная томография на уровне Th6 позвонка; б) компьютерная томография на уровне Th8 позвонка



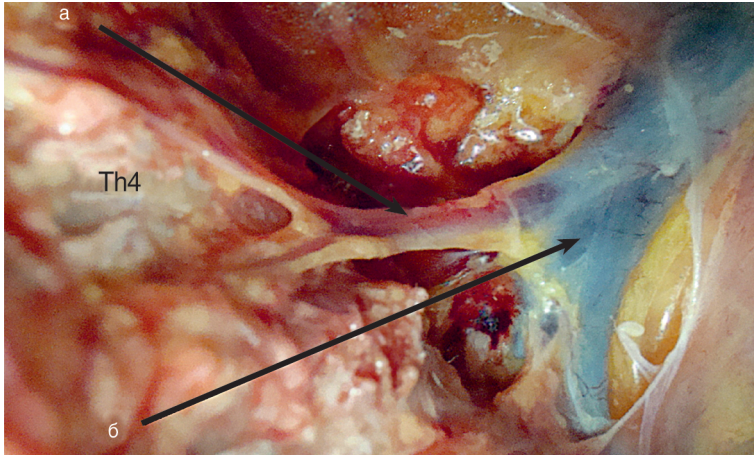


**Рис. 1.15.** Окончание. Компьютерная томография грудной клетки и грудного отдела позвоночника пациента, обследованного вне связи с патологией аорты и позвоночника: в) компьютерная томография на уровне Th10 и г) — на уровне Th12 позвонков. На каждом рисунке левый нижний снимок в аксиальной проекции выполнен в положении пациента «на животе», а правый — в положении «на спине». На снимках видно постепенное смещение аорты кпереди при ее локализации от уровня Th6 до Th12 позвонка в положении пациента «на спине». Также определяется ее дислокация на каждом из уровней при изменении положения тела пациента из положения «на спине» в положение «на животе»

Верхняя полунепарная вена образуется в результате слияния пяти верхних межреберных вен, и в проекции позвонков Th7–Th8 она впадает в нижнюю полунепарную вену или в непарную вену. При отсутствии этих вен левые межреберные вены впадают сразу в непарную вену. На всем своем протяжении полунепарные вены прикрыты аортой и поэтому не видны.

Между непарной веной и аортой, позади пищевода на передней поверхности тел грудных позвонков проходит грудной лимфатический проток. Варианты его положения относительно позвоночного столба разнообразны. Как правило, по направлению кверху грудной лимфатический проток от пищевода постепенно смещается влево и с уровня позвонка Th3 располагается сзади и слева от пищевода.

Грудной отдел пищевода прилежит к позвоночнику и повторяет его изгиб. Выше позвонка Th4 пищевод образует изгиб влево (так же, как и на шее) и располагается ближе к левой стороне позвоночного столба. Максимальное отклонение влево

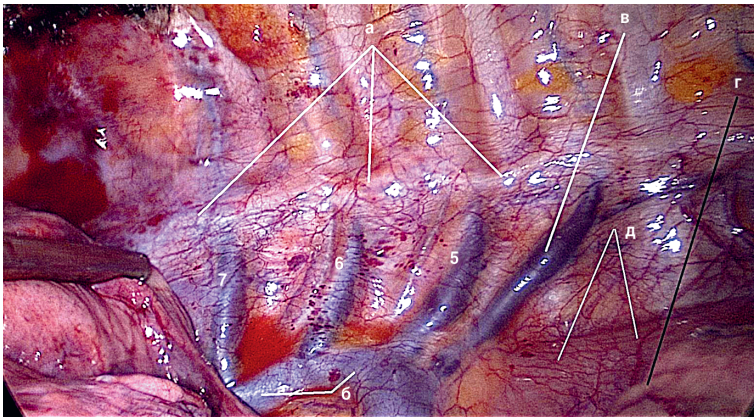


**Рис. 1.16.** Анатомический препарат позвоночника с верхней межреберной веной и дугой непарной вены: а) верхняя межреберная вена; б) дуга непарной вены

наблюдается на уровне позвонков Th2 и Th3. Несмотря на левостороннее положение пищевод не покрывает боковых поверхностей тел позвонков, а как бы нависает над ними и остается достаточно подвижным. На всем протяжении он отстоит от передней поверхности тел позвонков на 0,4–0,8 см. На уровне позвонков Th4–Th5 пищевод немного отходит от позвоночника кпереди, образуя первый сагиттальный изгиб, и в средне-грудном отделе располагается с уклоном вправо или по срединной линии. На уровне позвонков Th7–Th8 пищевод вновь отклоняется влево и кпереди, формируя второй сагиттальный изгиб пищевода.

Таким образом, грудной отдел позвоночника можно разделить на три этажа: верхний (Th1–5), средний (Th6–9) и нижний (Th10–12).

Первая межреберная вена впадает в брахиоцефальную вену и часто не видна. Слияние 2, 3, 4 межреберных вен образует верхнюю межреберную вену (*v. superior intercostalis*). Пятая межреберная вена впадает в непарную вену (рис. 1.17).

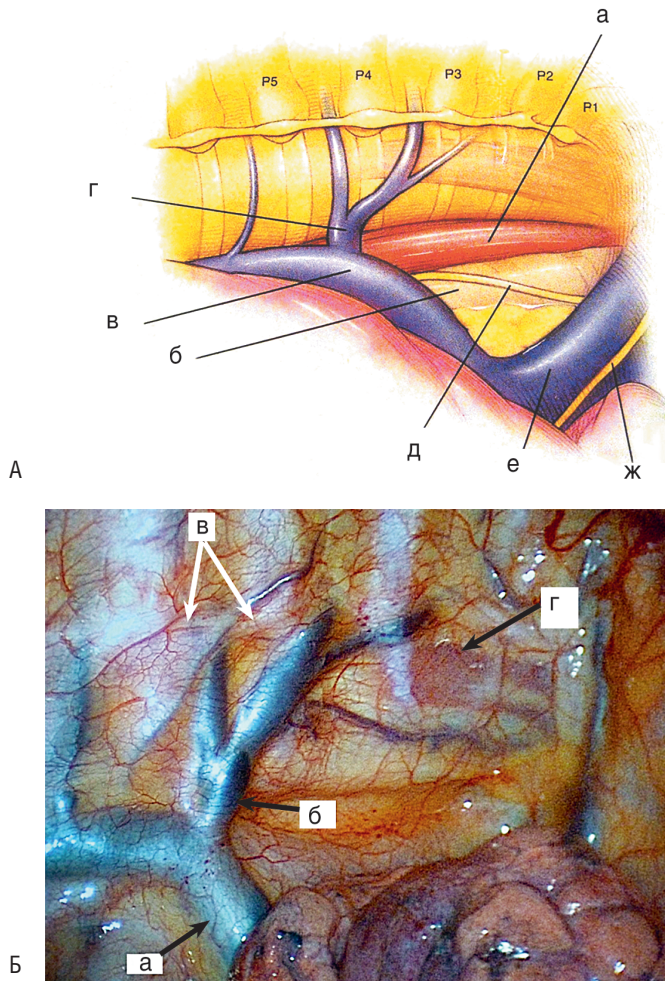


**Рис. 1.17.** Вид верхнего и частично среднего этажей грудной полости справа: а) симпатический ствол проходит под плеврой и лежит на головках ребер; б) непарная вена (*v. azygos*); в) верхняя межреберная вена (*v. superior intercostalis*); г) — правый блуждающий нерв (*n. vagus*); д) пищевод; цифрами 5, 6, 7 обозначены соответствующие сегментарные вены, проходящие посредине тел позвонков, а чуть ниже каждой вены видны сегментарные артерии



## 34 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Длинная мышца шеи доходит до тела Th3, что тоже может служить анатомическим ориентиром. Пищевод лежит кпереди от позвонков и длинной мышцы шеи, кпереди от него — трахея, над ней — блуждающий нерв. Еще более кпереди (на верхней полой вене) находится диафрагмальный нерв (рис. 1.18).



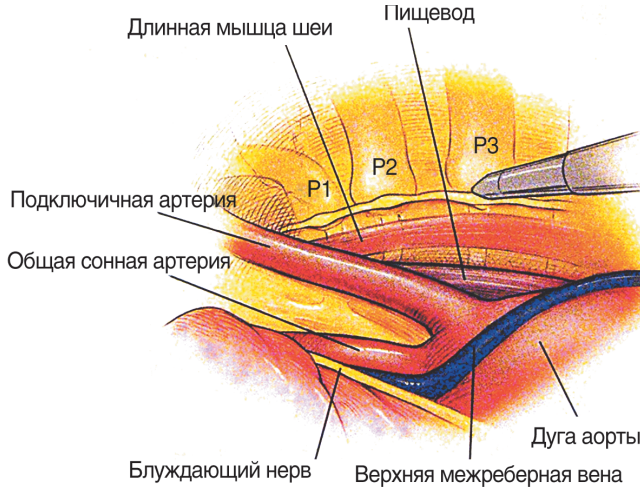
**Рис. 1.18.** Верхний этаж грудной клетки справа: А — схематичное расположение анатомических структур верхнего этажа грудной клетки: а) пищевод; б) трахея; в) непарная вена; г) верхняя межреберная вена; д) правый блуждающий нерв; е) верхняя полая вена; ж) правый диафрагмальный нерв. Источник: *Atlas of minimal access spine surgery 2nd Edition под редакцией J.J. Regan and I.H. Lieberman*; Б — эндоскопическая картина после коллабирования легкого: а) дуга непарной вены; б) верхняя межреберная вена; в) симпатический ствол; г) длинная мышца шеи

Наивысшая межреберная артерия (*a. intercostalis supreme*) начинается от реберно-шейного ствола и кровоснабжает первый и второй межреберные промежутки. Все остальные межреберные артерии начинаются из аорты.

Первое ребро не видно — оно прикрыто жиром, но его можно определить по пульсации подключичной артерии.

Верхний этаж слева имеет свои особенности. Аорта лежит на телах позвонков и затрудняет доступ к ним. Кпереди лежат органы средостения и сердце.

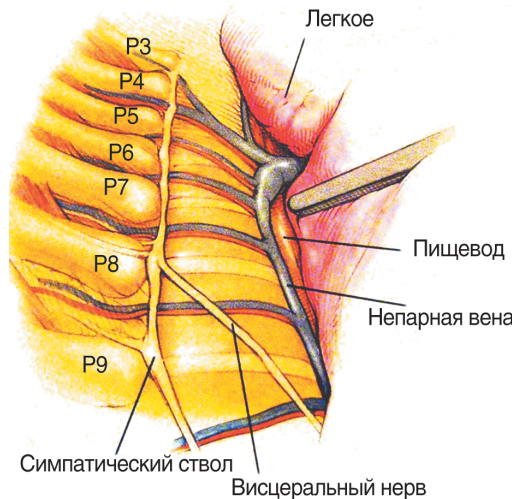
Левая подключичная артерия отходит дистальнее левой общей сонной артерии. Блуждающий нерв лежит на общей сонной артерии. Межреберные вены впадают в полунепарную вену, которая лежит под аортой. Верхняя межреберная вена, являясь продолжением полунепарной, впадает в левую плечеголовную вену и лежит на аорте (рис. 1.19) [12, 15, 18].



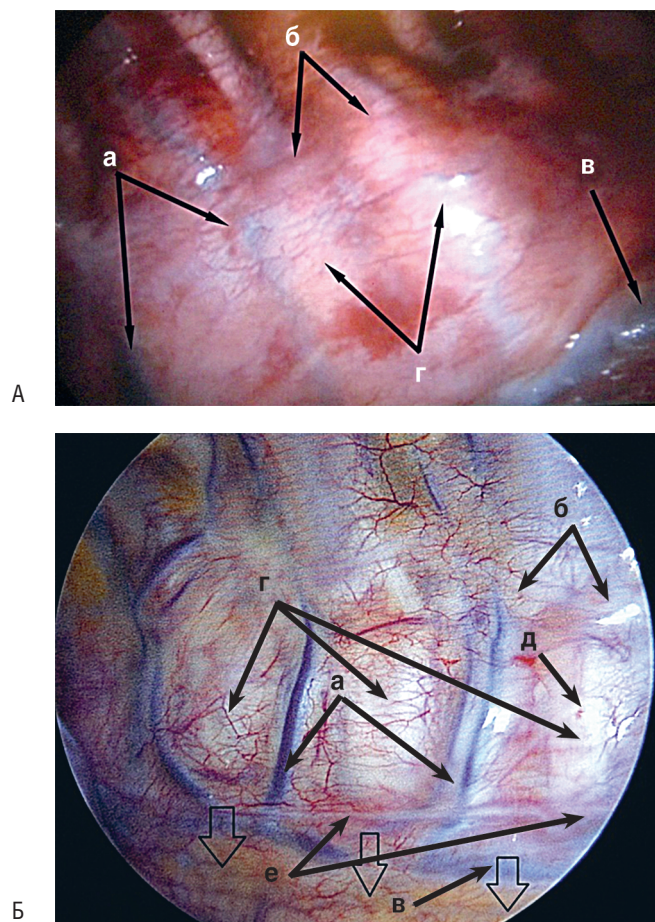
**Рис. 1.19.** Схематичное изображение структур верхнего этажа левой плевральной полости. *Источник: Atlas of minimal access spine surgery 2nd Edition под редакцией J.J. Regan and I.H. Lieberman*

Средний этаж грудной полости справа — идеальное место для эндоскопической операции. Легкое легко смещается кпереди и вверх, диафрагма существенно не мешает, тела позвонков очень хорошо видны. Головки ребер лежат на дисках с Th2 до Th9. Сегментарные артерия и вена лежат на центральной вогнутой части позвонков, между дисками. Между ними и телами позвонков есть мелкие веточки (питающие и дренирующие) [9, 11, 12, 19, 20, 22].

Кпереди от непарной вены лежит пищевод, а левее его — аорта (рис. 1.20, 1.21).



**Рис. 1.20.** Схематичное изображение структур среднего этажа правой плевральной полости. *Источник: Atlas of minimal access spine surgery 2nd Edition под редакцией J.J. Regan and I.H. Lieberman*



**Рис. 1.21.** Средний этаж правой плевральной полости: а) сегментарные сосуды на телах позвонков; б) симпатический ствол, лежащий на головках ребер; в) непарная вена; г) межпозвоночные диски; А — у большого К; Б — у пациента Д: д) большой внутренностный нерв; е) блуждающий нерв; толстыми стрелками указан пищевод

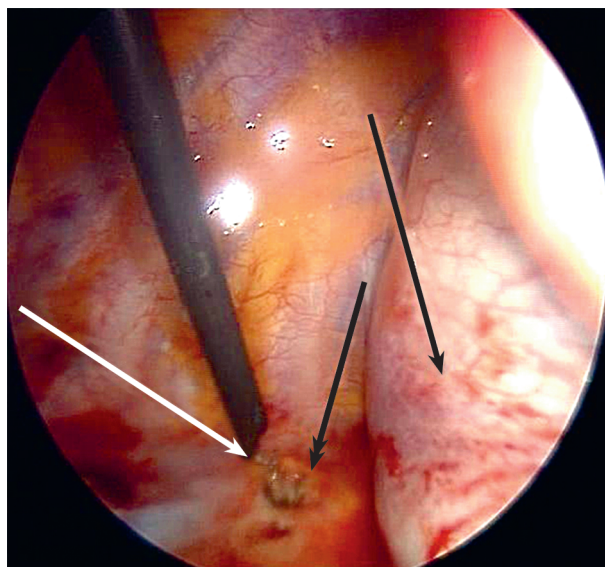
Слева средний этаж отличается тем, что к телам позвонков прилежит аорта.

Нижние этажи правой и левой плевральных полостей очень похожи (рис. 1.22–1.24). Но справа из-за печени диафрагма сильно мешает доступу к телам Th9–12 позвонков. Диафрагма крепится к головке XII ребра и наискосок — по телу L1 позвонка. При мобилизации диафрагмы от тела L1 позвонка возможен доступ к телам L1, L2 позвонков через плевральную полость. Однако у гиперстеников это сделать крайне сложно [1, 5, 10, 16, 17].

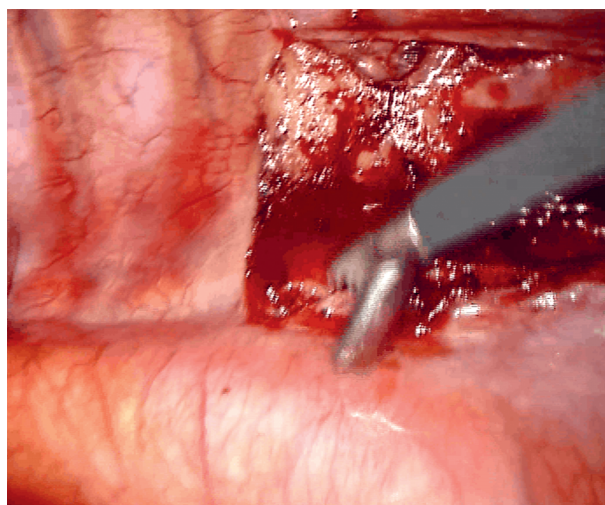
Вышепредставленный обзор торакоскопической анатомии позволяет подвести итог:

- 1) головки II–IX ребер лежат напротив дисков и могут быть использованы как анатомические ориентиры;
- 2) второе ребро и правая верхняя межреберная вена могут служить дополнительными анатомическими ориентирами;
- 3) для визуализации межпозвоночного отверстия и проходящих там структур необходимо выполнять резекцию головки ребра;



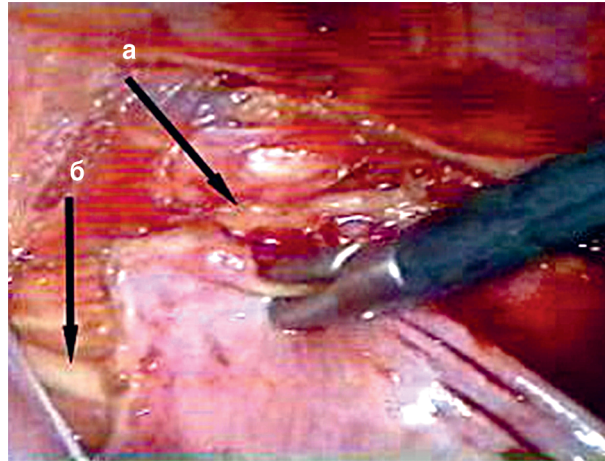


**Рис. 1.22.** Эндоскопический доступ к диску Th11–12 слева. Черной одинарной стрелкой указан купол диафрагмы, двойной стрелкой — место коагуляции плевры над диском Th11–12; белой стрелкой указан кончик трубки аспиратора



**Рис. 1.23.** Эндоскопический доступ в левую плевральную полость на уровне Th9–11 позвонков. Зажимом париетальную плевру скелетируют в сторону аорты

- 4) для ревизии эпидурального пространства и визуализации дурального мешка необходимо резецировать верхний край ножки нижележащего позвонка;
- 5) для торакоскопических доступов к позвонкам Th2–Th8 безопаснее выбирать правосторонний подход;
- 6) для торакоскопических доступов к позвонкам Th9–Th12 и позвонкам L1, L2 предпочтительнее выбирать левосторонний доступ;



**Рис. 1.24.** После скелетирования плевры обнажаются а) чревной и б) блуждающий нервы

- 7) позвонки Th3, Th4 находятся в наиболее сложных топографических условиях — справа на боковой поверхности Th3–Th4 позвонков лежит верхняя межреберная вена и дуга непарной вены, слева располагается аорта, прикрывая почти всю боковую поверхность позвонков;
- 8) позвонки Th8, Th9 находятся в наиболее выгодных топографических условиях — справа на переднебоковой поверхности расположена непарная вена, слева аорта, все более стремящаяся занять переднее срединное положение.

### Список литературы

1. Гуманенко Е.К., Бояринцев В.В., Петришин В.Л. и др. Топографо-анатомическое обоснование использования эндовидеохирургических доступов в хирургии повреждений позвоночника и спинного мозга грудной и поясничной локализации // V Международный симпозиум «Повреждения мозга (минимально-инвазивные способы диагностики и лечения)». Санкт-Петербург, 31 мая – 4 июня 1999 года : материалы симпозиума. СПб. : Нормед-Издат, 1999. С. 237–238.
2. Корж А.А., Тальшинский Р.Р., Хвисюк Н.И. Оперативные доступы к грудным и поясничным позвонкам. М. : Медицина, 1968. С. 26–40.
3. Огнев Б.В., Фраучи В.Х. Топографическая и клиническая анатомия : руководство. М. : Медгиз, 1960. 580 с.
4. Отелин А.А. Иннервация скелета человека. М., 1965.
5. Педаченко Е.Г., Куцаев С.В. Эндоскопическая спинальная нейрохирургия. Киев : А.Л.Д.; РИМАНИ, 2000. С. 95–125.
6. Перльмуттер О. А. Травма позвоночника и спинного мозга. Н. Новгород, 2000. 144 с.
7. Сепп Е.К., Аксентцев М.А., Мельников С.А. и др. Топическая диагностика заболеваний нервной системы / под ред. Е.К. Сеппа и др. М., 1962.
8. Arseni C., Nach F. Protrusion of thoracic intervertebral discs // Acta Neurochir. (Wien). 1963. Vol. II. P. 3–33.
9. Beisse R. Endoscopic anterior repair in spinal trauma // Atlas of Minimal Access Spine Surgery. 2nd ed. / eds J.J. Regan, I. Leiberman. Quality Medical Publishing, 2004. P. 285–309.

10. Bergey D.L., Villavicencio A.T., Goldstein T. et al. Endoscopic lateral transpoas approach to the lumbar spine // Spine. 2004. Vol. 29, N 15. P. 1681–1688.
11. Dickman C., Rosenthal D. Thoracoscopic Spine Surgery. New York : Raven Press, 2002.
12. Dickman C.A., Rosenthal D., Perin N.I. Thoracoscopic Spine Surgery. New York : Thieme, 1999.
13. Gutzeit K. Wirbelsaule als Krankheitsfaktor // Dtsch. Med. Wochenschr. 1951. Vol. 76, N 3. P. 44.
14. Huitema G.C., Cornips E.M., Castelijns M.H. et al. The position of the aorta relative to the spine: is it mobile or not? // Spine. 2007. Vol. 20. P. 1259–1264.
15. Isaacs R.E., Podichetty V.K., Sandhu F.A. et al. Thoracic microendoscopic discectomy: a human cadaver study // Spine. 2005. Vol. 30, N 10. P. 1226–1231.
16. Kim D.H., Jahng T.A., Balabhadra R.S. et al. Thoracoscopic transdiaphragmatic approach to thoracolumbar junction fractures // Spine. 2004. Vol. 9, N 4. P. 317–328.
17. Kleeman T.J., Michael A.U., Clutterbuck W.B. et al. Laparoscopic anterior lumbar interbody fusion at L4-5 // Spine. 2002. Vol. 27. P. 1390–1395.
18. Krasna M.J., Mack M.J. Atlas of Thoracoscopic Surgery. St Louis : Quality Medical, 1994.
19. Mayer H.M. Minimally Invasive Spine Surgery. 2nd ed. Berlin : Springer, 2006.
20. Paif T.G., Elias A.J.R., Tribell R. Thoracic, lumbar, and sacral spine anatomy for endoscopic surgery // Neurosurgery. 2002. Vol. 51, N 5. P. 67–78.
21. Regan J.J., Mack M.J. Atlas of Endoscopic Spine Surgery. St Louis : Quality Medical, 1995.
22. Regan J.J., Mack M.J., Picetti G.D. et al. A comparison of video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) with open thoracotomy in thoracic spinal surgery // Today's Ther. Trends. 1994. Vol. 22. P. 203–218.
23. Tarsy J.M. Pain Syndromes and Their Treatment with Special Reference to Shoulder – Arm Pain. Springfield, 1953.
24. Tsucada K. Histologische Studien tiber die Zwischenwirbelscheiben des Menschen. Histologische Befunde des Foetus // Mitt. Med. Akad. Kioto. 1938. Vol. 24. P. 1172.
25. Wood K.B., Garvey T.A., Gundry C., Heithoff K.B. Magnetic resonance imaging of the thoracic spine. Evaluation of asymptomatic individuals // J. Bone Joint Surg. Am. 1995. Vol. 77. P. 1631–1638.

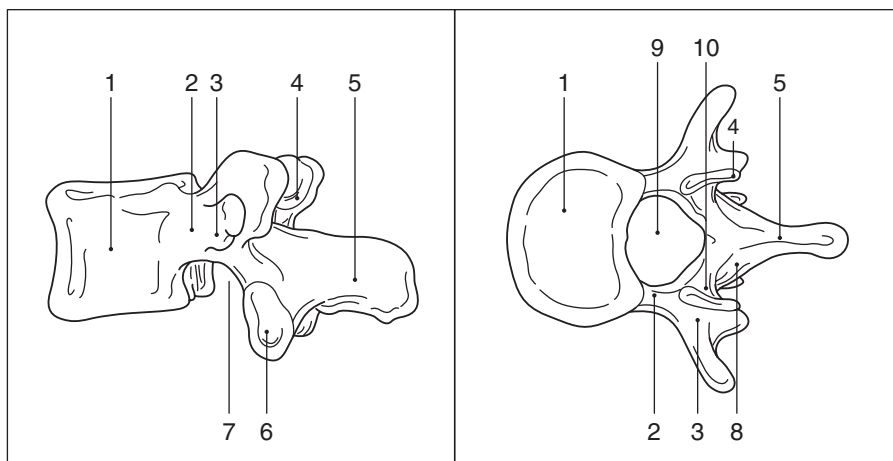
### **1.3. КЛИНИЧЕСКИЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОЕНИЯ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА**

*Гуща А.О., Коновалов Н.А., Гринь А.А.*

Поясничный отдел позвоночника состоит из пяти отдельных крупных позвонков, соединенных между собой межпозвонковыми дисками и связками. У некоторых людей в поясничном отделе насчитывается шесть позвонков (люмбализация), однако в большинстве случаев такая аномалия развития не имеет клинического значения. В норме поясничный отдел имеет легкий плавный изгиб вперед (физиологический лордоз). Поясничный отдел позвоночника соединяет малоподвижный грудной отдел и неподвижный крестец.

**Строение поясничного позвонка.** Поясничный позвонок состоит из тела и дуги позвонка. В связи с большей нагрузкой поясничные позвонки имеют массивное тело, что отличает их от позвонков других отделов. Тело поясничного позвонка бобовидной формы, поперечный размер его больше переднезадне-





**Рис. 1.25.** Строение поясничного позвонка (слева — вид сверху, справа — вид сбоку): 1 — тело; 2 — ножка дуги позвонка; 3 — поперечный отросток; 4 — верхний суставной отросток; 5 — остистый отросток; 6 — нижний суставной отросток; 7 — нижняя позвоночная вырезка; 8 — пластинка; 9 — позвоночное отверстие; 10 — добавочный отросток

го. Высота и ширина постепенно увеличиваются от L1 до L5 позвонка. Тела трех нижних позвонков спереди выше, чем сзади, вследствие развития поясничного лордоза. Тело позвонка обращено вперед и является его опорной частью (рис. 1.25).

От задней поверхности тела позвонка отходят ножки дуги позвонка, при помощи которых дуга позвонка соединяется с телом. Ширина ножек дуги позвонка составляет около 9 мм на уровне L1 и постепенно увеличивается до 8 мм на уровне L5. Угол отхождения ножек от тела также зависит от уровня: под углом  $30^\circ$  от тела L5 и только  $12^\circ$  от L1. От каждой ножки отходит и идет к срединной линии костная пластинка, которая называется пластинкой дуги позвонка. Считается, что пластинка дуги выполняет защитную функцию. Как описывается в литературе, пластинки дуги позвонка формируют костную защиту невральных элементов позвоночного канала [3, 4, 13].

Две пластинки дуги позвонка встречаются и сливаются на срединной линии, образуя так называемую «крышу» дуги позвонка. Нижненааружный угол и нижняя граница пластинки дуги позвонка образуют особый костный вырост — нижний суставной отросток. От места слияния пластинки дуги позвонка и ножки отходит верхний суставной отросток. На внутренней поверхности каждого (правого и левого) верхнего суставного отростка и на наружной поверхности каждого (правого и левого) нижнего суставного отростка находится участок гладкой кости, покрытый хрящом и являющийся суставной поверхностью суставного отростка.

От места соединения двух пластинок дуги позвонка назад отходит остистый отросток — короткий, плоский, с утолщенным концом, направленный назад и располагающийся почти на одном уровне с телом позвонка. Такое положение остистых отростков поясничных позвонков обусловлено большой подвижностью позвоночного столба в этой области. Суставные отростки хорошо развиты, их суставные поверхности расположены в сагитальной плоскости, у верхних отрост-

ков они направлены медиально, у нижних — латерально. Каждый верхний суставной отросток имеет небольшой бугорок — сосцевидный отросток, который располагается несколько выше и чуть медиальнее добавочного отростка. Суставные поверхности в поясничном отделе располагаются более сагиттально для обеспечения вращательных движений вдоль продольной оси. Тем не менее суставные поверхности в пояснично-крестцовом отделе ориентированы фронтально, чтобы не допускать переднезаднего смещения.

От места соединения ножки дуги позвонка и пластинки дуги начинается и идет латерально плоский, прямоугольный костный вырост — поперечный отросток. Он длинный, расположен почти во фронтальной плоскости, сжат спереди назад, конец его отклонен кзади. Эти части поперечных отростков являются рудиментами ребер, слившимися в процессе развития с истинными поперечными отростками поясничных позвонков. У места слияния рудимента ребра с истинным поперечным отростком у поясничных позвонков с каждой стороны находится небольшой выступ — добавочный отросток. Форма и размер его варьируют от небольшой выпуклости до более крупного костного образования или четко различимого отростка различной длины. Вне зависимости от его формы добавочный отросток является единственным костным выступом на задней поверхности проксимальной части поперечного отростка.

Дуга позвонка и задняя поверхность его тела образуют позвоночное отверстие — пространство, через которое проходят, наряду с другими образованиями, нервные структуры. Спинномозговой канал в верхнепоясничном отделе имеет овальную форму, в нижних — приобретает форму трехгранника. Нервный корешок отходит от дурального мешка на уровне латерального углубления и следует через тубулярный канал или межпозвоночное отверстие. Оно образовано верхней и нижней вырезками ножек дуги позвонка.

**Позвоночный канал.** Lee и соавт. [29] выделяют в латеральных отделах позвоночного канала три анатомические зоны: область входа, срединную часть и область выхода. Область входа представляет собой подсуставное пространство, расположенное медиальнее дужки позвонка, и соответствует зоне латерального углубления. Срединная область расположена под межсуставной частью и дужкой позвонка, выходная часть находится в межпозвоночном отверстии.

Область входа является краниальной частью латерального углубления, которое начинается сбоку от дурального мешка и имеет косонисходящее и латеральное направление к межпозвоночному отверстию. Анатомически латеральное углубление ограничено дужками позвонка с боковой стороны, верхней суставной поверхностью сзади, заднебоковой поверхностью тела позвонка и прилежащего межпозвоночного диска. Самая узкая часть латерального углубления располагается между верхней границей дужки и широкой частью верхней суставной поверхности. Нервный корешок в этой области покрыт оболочкой и окружен спинномозговой жидкостью. Латеральный край корешка соприкасается с медиальной кортикальной костью ножки, медиальный край окружен эпидуральной жировой тканью.

Срединная часть располагается под межсуставной частью и сразу за ножкой дуги позвонка. Она ограничена спереди задней поверхностью тела позвонка, а сзади — межсуставной частью. Медиальная граница открывается в спинномозговой канал. Нервные корешки в норме имеют косонисходящее направление по латеральному углублению через межпозвоночные отверстия. Корешок огибает ножку дуги позвонка и соприкасается с вентральной стенкой межсуставной части у места прикрепления желтой связки.

Выходная зона представляет собой межпозвонковое отверстие, которое имеет каплевидную форму и формирует туннель, соединяющийся со спинномозговым каналом. Сверху и снизу оно ограничено ножками дуги позвонка смежных позвонков, сзади — межсуставной частью и желтой связкой, спереди — задне-нижним краем вышележащего тела позвонка, задним краем межпозвонкового диска и задневерхним краем нижележащего тела позвонка. Нормальные размеры отверстий колеблются в пределах от 20 до 23 мм, ширина — от 8 до 10 мм [22]. Вентральные и дорзальные нервные корешки занимают от 23 до 30% площади отверстий и располагаются кпереди от дорсального нервного ганглия. Последний, как правило, проходит в верхней латеральной части межпозвонкового отверстия, непосредственно под дужками позвонков. Снижение размеров отверстий менее 15 мм и высоты межпозвонкового диска менее 4 мм в 80% случаев ассоциировано с компрессией нервных корешков.

**Межпозвонковые суставы.** При соединении двух соседних поясничных позвонков образуются три сустава. Один из них формируется между телами позвонков. Два других возникают при соединении верхних суставных отростков одного позвонка с нижними суставными отростками вышележащего позвонка. Суставы, образованные суставными отростками, являются дугоотростчатými. Поскольку они расположены сзади, их также называют задними межпозвонковыми суставами. Покрытые хрящом поверхности суставных отростков соседних позвонков обращены друг к другу. При этом плоскости суставных щелей в поясничном отделе (так же, как в шейном и грудном) ориентированы соответственно направлению суставных отростков и их суставных поверхностей. Суставная капсула прикреплена по периферии суставного хряща и усилена тонкими пучками соединительнотканых волокон. Суставы, образованные нижними суставными отростками последнего поясничного позвонка и верхними суставными отростками крестца, выделяют особо — это пояснично-крестцовые суставы.

Дугоотростчатые суставы относятся к плоским малоосным малоподвижным соединениям. Им присущи черты всех типичных синовиальных суставов. Суставные поверхности покрыты суставным хрящом, а края суставных поверхностей соединяются синовиальной мембраной. Суставная капсула окружает синовиальную мембрану и прикрепляется к суставным отросткам на небольшом расстоянии от края суставного хряща.

Суставные поверхности поясничных позвонков имеют овальную форму, высоту 16 мм и ширину 14 мм, а площадь их составляет около 160 мм<sup>2</sup>. Верхние суставные поверхности несколько меньше нижних. Если смотреть сзади, суставные поверхности поясничных дугоотростчатых суставов выглядят как плоскости, позволяя предположить, что они являются плоскими суставами. Однако если смотреть сверху, суставные поверхности имеют как различную форму, так и различную основную плоскость соприкосновения. Обе эти особенности оказывают значительное влияние на биомеханику дугоотростчатых суставов и, следовательно, поясничного отдела позвоночника [10, 13, 14, 16, 19, 41].

В поперечной плоскости суставные поверхности могут быть ровными и плоскими, однако иногда они имеют изогнутую форму. В этом случае кривизна их колеблется от незначительной до выраженной настолько, что верхняя суставная поверхность принимает форму буквы «С» или «J». Ориентация поясничных дугоотростчатых суставов условно определяется по величине угла между средней плоскостью сустава и сагиттальной плоскостью. В случае искривленных суставных поверхностей средней плоскостью сустава называют линию, проходящую через переднемедиальный и заднелатеральный края сустава.

Различная форма и ориентация дугоотростчатых суставов поясничного отдела позвоночника определяет роль этих суставов в предотвращении смещения тела позвонка вперед или вращении в межпозвонковом сочленении. Степень противодействия каждого дугоотростчатого сустава смещению позвонка вперед зависит от того, насколько суставные поверхности верхних суставных отростков повернуты назад. Степень же противодействия суставов вращению зависит от того, насколько медиально повернуты суставные поверхности верхних суставных отростков.

Суставной хрящ покрывает суставные поверхности верхних и нижних суставных отростков, он принимает ту же выгнутую или вогнутую форму, что и подлежащая суставная поверхность кости. Наибольшая толщина суставного хряща, достигающая 2 мм, отмечается в центре каждой суставной поверхности. Гистологически выделяют четыре зоны суставного хряща. Поверхностная, или тангенциальная, зона состоит из 3–4 слоев овальных клеток, длинная ось которых направлена параллельно поверхности хряща. Под этой зоной находится переходная зона, в которой хрящевые клетки расположены небольшими группами по 3–4 клетки. Еще глубже находится лучевая зона, которая образует большую часть хрящевого слоя и состоит из групп, в состав которых входит по 6–8 крупных клеток, длинная ось которых располагается перпендикулярно поверхности хряща. Глубже всего находится кальцинированная зона, которая однородно покрывает субхондральную пластинку и образует около 1/6 толщины хрящевого слоя.

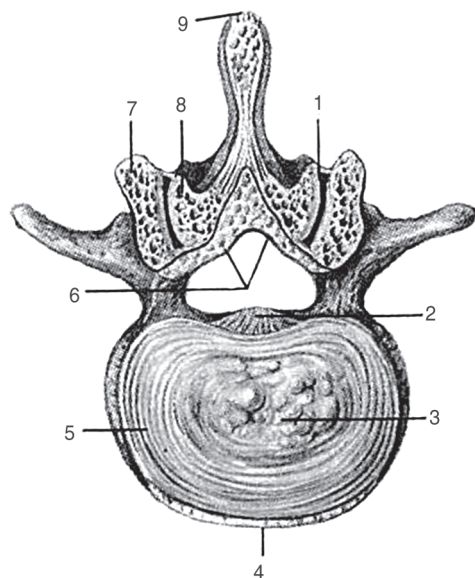
Суставной хрящ располагается на утолщенном костном слое, который называется субхондральной костью. В нормальном суставе у субхондральной кости нет никаких специфических черт. Однако возрастные и дегенеративные изменения, затрагивающие суставной хрящ, касаются и субхондральной кости.

Задний, верхний и нижний края каждого поясничного дугоотростчатого сустава окружены фиброзной капсулой, состоящей из коллагеновых волокон, которые проходят более или менее поперечно от одного суставного отростка к другому. Самые поверхностные волокна суставной капсулы прикрепляются по задней поверхности сустава на 2 мм кнаружи от суставного хряща, а некоторые из волокон самых глубоких слоев суставной капсулы вплетаются в край суставного хряща. У верхнего и нижнего полюсов сустава капсула прикрепляется чуть в стороне от костно-хрящевого стыка, образуя над верхним и нижним краем как верхнего, так и нижнего суставных отростков подкапсульные карманы, которые в неповрежденном суставе заполнены жировой тканью. Спереди фиброзная капсула сустава полностью замещена желтой связкой, которая прикрепляется близко к суставному краю.

Сзади капсула утолщается и укрепляется глубокими волокнами многогроздельной мышцы. У верхнего и нижнего полюсов сустава капсула не натянута. Над верхним полюсом сустава она поднимается вверх, в сторону поперечного отростка соседнего позвонка. Над нижним полюсом она свисает вниз, в сторону задней стенки пластинки дуги позвонка. Как в верхней, так и в нижней части капсулы находится крошечное отверстие, через которое жировая ткань, расположенная внутри сустава, проникает наружу.

Синовиальная оболочка поясничного дугоотростчатого сустава не отличается от оболочки любого типичного сустава. Она прикрепляется по периметру суставного хряща одной суставной поверхности и, пересекая сустав, прикрепляется по периметру суставного хряща противоположной суставной поверхности. Выстилает внутренний слой суставной капсулы и желтой связки.

**Межпозвоночный диск.** Тела двух соседних позвонков соединяются при помощи межпозвоночных дисков (рис. 1.26) и межпозвоночных симфизов. Каждый межпозвоночный диск имеет форму двояковыпуклой линзы, в которой выделяют две части: периферическую и центральную.

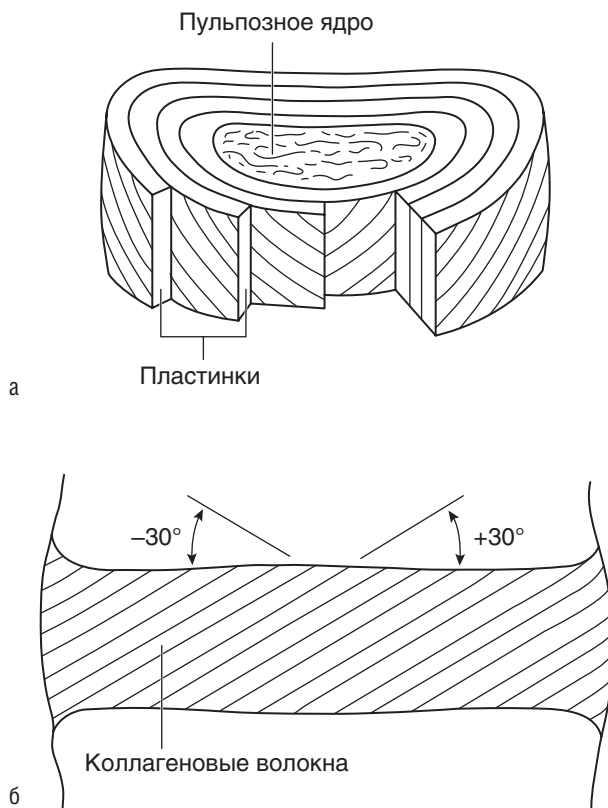


**Рис. 1.26.** Межпозвоночный диск, основные суставы и связки, горизонтальный распил между L3 и L4. 1 — дугоотростчатый сустав; 2 — задняя продольная связка; 3 — пульпозное ядро; 4 — передняя продольная связка; 5 — фиброзное кольцо; 6 — желтая связка; 7 — нижний суставной отросток L3; 8 — верхний суставной отросток L4; 9 — надостистая связка

Центральная часть называется студенистым ядром и представляет собой полужидкую слизистую массу, которая эмбриологически является остатком хорды [32]. Гистологически оно представляет собой немного хрящевых клеток и беспорядочно расположенных коллагеновых волокон, погруженных в полужидкое основное вещество. Биомеханически жидкостная природа студенистого ядра позволяет ему деформироваться под давлением, но, как и у любой жидкости, объем его не уменьшается. Периферическая часть называется фиброзным кольцом и состоит из четко упорядоченных коллагеновых волокон. Прежде всего, коллагеновые волокна состоят из 10–20 пластов, которые называются пластинками и располагаются концентрически вокруг пульпозного ядра. По мере приближения к центру диска толщина пластинок увеличивается; в передней и боковых частях диска они толстые, а сзади они тоньше и лежат плотнее (рис. 1.27) [7, 11, 40].

Внутри каждой пластинки коллагеновые волокна лежат параллельно друг другу, идя от вышележащего позвонка к нижележащему.

Каждая позвоночная концевая пластинка представляет собой слой хряща толщиной около 0,6–1 мм, покрывающий область тела позвонка, которое ограничено кольцевым апофизом, т.е. две концевые пластинки покрывают все студенистое ядро, но не покрывают наружную часть фиброзного кольца. Гистологически концевые пластинки состоят из гиалиновой и волокнистой хрящевой ткани. Гиалиновая хрящевая ткань примыкает к телу позвонка и лучше всего видна



**Рис. 1.27.** Межпозвоночный диск: а) пульпозное ядро и пластинки коллагеновых волокон фиброзного кольца; б) расположение и ход коллагеновых волокон

в дисках новорожденных и детей. Волокнистая хрящевая ткань граничит со студенистым ядром, а у людей старшего возраста концевые пластинки состоят лишь из волокнистой хрящевой ткани. Она образуется путем включения в концевую пластинку коллагеновых волокон фиброзного кольца [11, 20, 36, 40, 43].

Коллагеновые волокна внутренних пластинок фиброзного кольца проникают в концевую пластинку и направляются к ее центру. Проследив эти волокна по всей длине, можно заметить, что студенистое ядро полностью окружено коллагеновыми волокнами, которые образуют подобие капсулы. Спереди, сбоку и сзади эта капсула формируется внутренними пластинками фиброзного кольца, а сверху и снизу «капсула» погружается в позвоночные концевые пластинки.

В области кольцевых апофизов, где концевые пластинки отсутствуют, коллагеновые волокна наиболее поверхностно расположенных пластинок фиброзного кольца проникают непосредственно в кость тела позвонка. В более молодых дисках эти волокна прикрепляются к позвоночной концевой пластинке, которая полностью покрывает тела развивающихся поясничных позвонков. После оссификации кольцевых апофизов коллагеновые волокна поглощаются костной тканью.

Прикрепление фиброзного кольца к позвоночным концевым пластинкам обуславливает их прочную связь с межпозвоночным диском. С телами позвонков,



напротив, концевые пластинки связаны слабо и могут быть полностью оторваны от них при некоторых видах спинальной травмы. В связи с этим, а также с другими морфологическими особенностями концевые пластинки считаются частью межпозвонкового диска, а не тел позвонков.

Над частью поверхности позвоночной концевой пластинки (около 10%) субхондральная костная ткань тела позвонка отсутствует и образуются карманы, где костный мозг граничит с поверхностью концевой пластинки или проникает в нее на небольшую глубину. Эти карманы облегчают диффузию питательных веществ из кровеносных сосудов пространства костного мозга и важны для питания концевых пластинок и межпозвонкового диска.

**Связогный аппарат.** Соединения тел позвонков при помощи межпозвонковых дисков подкрепляются двумя продольными связками: передней и задней. Передняя продольная связка простирается от глоточного бугорка затылочной кости и переднего бугорка передней дуги атланта до 2–3-й поперечной линии тазовой поверхности крестца. Эта связка рыхло соединяется с передней поверхностью тел позвонков и прочно сращена с межпозвонковыми дисками. Она состоит из длинных коллагеновых волокон, расположенных встречно-направленными слоями. Задняя продольная связка начинается на задней поверхности тела С2, тянется по задней поверхности тел позвонков вниз (внутри позвоночного канала) и заканчивается в крестцовом канале на задней поверхности тел крестцовых позвонков или на Sx1. На уровне межпозвонковых дисков эта связка расширяется и срастается с хрящом и краями позвонков. С телами позвонков эта связка соединена непрочно. Как правило, толщина связки на уровне тел позвонков вдвое меньше, чем на уровне межпозвонковых дисков. На уровне срединного атлантоосевого сустава задняя продольная связка срастается с пучками крестообразной связки атланта, которая расположена кпереди от нее, а кверху продолжается в покрывную мембрану.

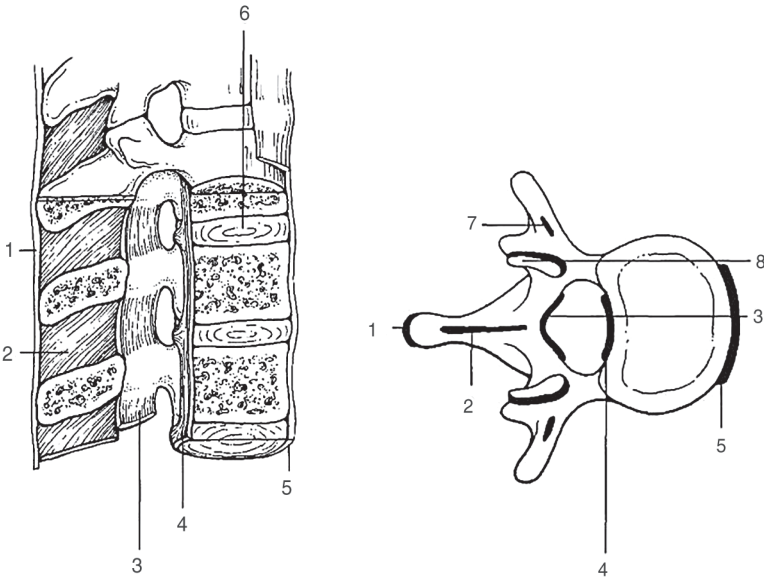
Для соединения дуг позвонков между собой служат желтые связки, которые заполняют промежутки между дугами. Они состоят из эластической соединительной ткани и поэтому имеют желтый цвет и большую прочность.

Остистые отростки соединяются при помощи межостистых связок и надостистой связки. Межостистые связки представляют собой соединительнотканые пластинки, расположенные между остистыми отростками. Надостистая связка — это длинный фиброзный тяж, пучки которого прикрепляются к верхушкам остистых отростков всех позвонков. Обе эти связки состоят преимущественно из эластина и, располагаясь на протяжении всего позвоночника, наиболее выражены в поясничном отделе позвоночника.

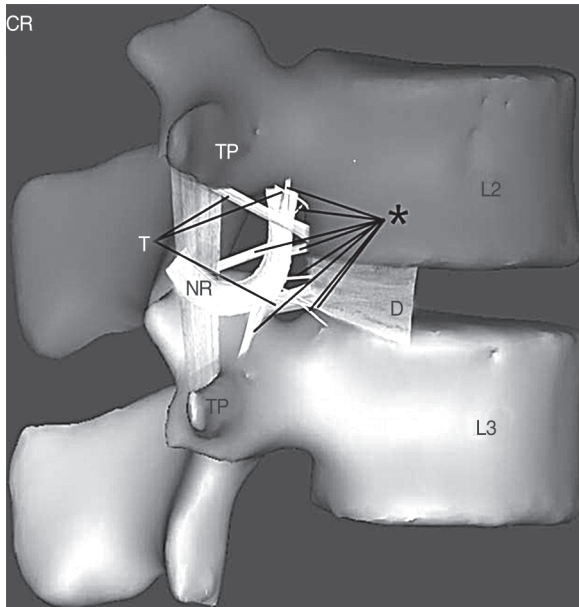
Соединения поперечных отростков осуществляются при помощи межпоперечных связок, которые соединяют верхушки поперечных отростков рядом расположенных позвонков (рис. 1.28).

**Связки межпозвонкового отверстия позвоночника.** В 1949 г. Hadley описал межпозвонковое отверстие и определил это образование как границу между костными структурами и элементами периферической нервной системы, содержащую несколько важных структур, в частности спинномозговые нервы, сосуды и элементы лимфатической нервной системы [23]. Golub и Silverman изучали морфологию и природу межпозвонкового отверстия и предположили, что находящиеся в нем связки являются непостоянными и, возможно, аномальными [22]. В противоположность этому, другими исследованиями [30, 31] было показано, что связки межпозвонкового отверстия скорее норма, чем патология, и при этом, уменьшая пространство для спинномозгового нерва, они могут являться причиной компрессии нерва после успешно проведенных операций, в частности трансфораминаль-





**Рис. 1.28.** Связки поясничного отдела позвоночника, сагиттальный (слева) и аксиальный (справа) срезы: 1 — надостистая связка; 2 — межостистая связка; 3 — желтая связка; 4 — задняя продольная связка; 5 — передняя продольная связка; 6 — межпозвонковый диск; 7 — межпоперечные связки; 8 — связка капсулы сустава



**Рис. 1.29.** Схема расположения связок в фораминальном отверстии на уровне L2–L3 поясничного отдела позвоночника: TP — поперечный отросток; D — межпозвонковый диск; NR — спинномозговой нерв; T — трансфораминальные (поперечные) связки; \* — радиальные связки

ных пункционных эндоскопических дискэктомий на уровне поясничного отдела позвоночника (PELD — percutaneous endoscopic lumbar discectomy).

Выделяют трансфораминальные связки и радиальные связки межпозвонкового отверстия. Последние соединяют манжету корешка, размещенного в межпозвонковом отверстии с поперечным отростком, образующим его стенку, тогда как трансфораминальные связки соединяют костные стенки межпозвонкового отверстия. Почти половина связок располагается в верхней части наружного кольца межпозвонкового отверстия. Выделено два вида связок: ремнеобразные (плотные и плоские) и типа «удавок» (более тонкие и извитые). Первые обнаруживаются чаще, чем вторые. Верхние радиальные связки начинаются от верхнелатеральной поверхности тела позвонка, нижние радиальные — соответственно от верхне-наружной части ножки, и все они соединяются с манжетой корешка (рис. 1.29). Трансфораминальные (поперечные) связки делятся на верхние, средние и нижние и могут соединять не только костные стенки наружного кольца межпозвонкового отверстия, но и соединяться с межпоперечной связкой, при этом создавая серьезные препятствия прохождению спинномозговых нервов [8].

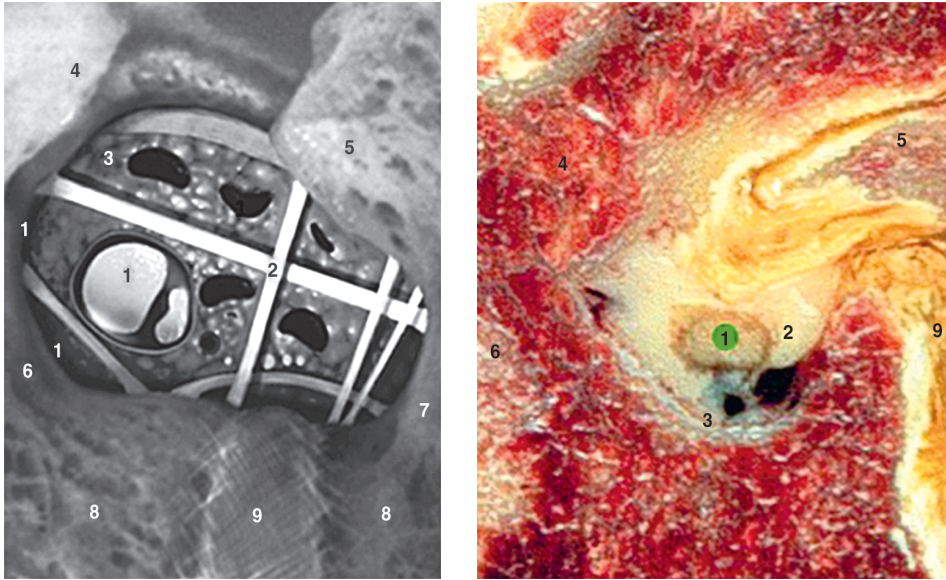
Лее и соавт. классифицировал связки межпозвонкового отверстия на три группы: внутренние, интрафораминальные и наружные [30, 31]. Возможна визуализация связок межпозвонкового отверстия при МРТ при применении соответствующих проекций. Длина связок варьирует от 2,5 до 2,9 мм с максимальной толщиной до 3,8 мм [18].

При обычных обстоятельствах предполагается, что радиальные связки экстрафораминального расположения могут вызывать сдавление выходящего нерва при крайних положениях (боковые наклоны или ротация позвоночника).

Особое внимание следует уделять воздействию связок на выходящий спинномозговой нерв при трансфораминальных доступах. Расположение рабочей канюли в заднелатеральном положении относительно выходящего нерва предполагает интраоперационное смещение последнего, что может вызвать повреждение и послеоперационные боли воздействием радиальных связок, фиксированных к его манжете.

В целом радиальные связки менее прочны, чем трансфораминальные, и часто не пересекаются при проведении невролиза выходящего спинномозгового корешка при декомпрессивных процедурах, что может обуславливать сохраняющиеся неврологические боли в послеоперационном периоде.

**Межпозвонковое отверстие.** Межпозвонковое отверстие уникально по сравнению с другими анатомическими отверстиями, так как вентральный его край представлен подвижным межпозвонковым суставом, дорсальный — межпозвонковым диском и только краниальный и каудальный края представлены статическими структурами в виде ножек смежных позвонков (рис. 1.30). Межпозвонковое отверстие содержит в себе выходящий нервный корешок, артерии, вены и лимфатические сосуды. Межпозвонковое отверстие — это, по сути, костный канал, имеющий значительную подвижность за счет верхнего и нижнего краев, через который проходят нейроваскулярные структуры. Латеральная часть отверстия имеет сложную сеть фораминальных связок, которые проходят в разных направлениях, формируют своего рода решетку, фиксирующую нейроваскулярные структуры. Bourgey в 1832 г. впервые сообщила о наличии связок, проходящих через межпозвонковое отверстие [15]. В 1940-х гг. Larmon [28] и Magnuson [33] также отметили наличие связок, пересекающих межпозвонковое отверстие. Golub и Silverman [22] в 1969 г. сообщили о наличии связок, проходящих через отверстие поясничного отдела позвоночника на всех поясничных уровнях, а также выделили пять основных типов, различающихся по направлению. В более позднем исследовании Kuofí [27] была предложена градация связок по их локализации в медиальной, средней



**Рис. 1.30.** Анатомия межпозвонкового отверстия в норме (схематическая реконструкция Cramer et al.) и при дегенеративной патологии (препарат W. Rausching); краниальный конец — слева, каудальный — справа. 1 — выходящий корешок; 2 — фораминальные связки; 3 — кровеносные сосуды; 4 — суставной отросток верхнего позвонка; 5 — суставной отросток нижнего позвонка; 6 — ножка верхнего позвонка; 7 — ножка нижнего позвонка; 8 — тело позвонка; 9 — межпозвонковый диск

и латеральной межножковых областях. Последующие анатомические исследования также подтверждали наличие фораминальных связок и формирование сложной сети из них за счет разнонаправленности. Размеры межпозвонкового отверстия вариабельны и значительно увеличиваются в направлении от сегмента L5–S1 к сегменту L1–L2. Magnuson [33] в 1944 г. сообщал о проведенных измерениях ширины межпозвонкового отверстия, средние значения составили 7 мм. Smith в 1993 г. провел измерение межпозвонкового отверстия с помощью 3D КТ, но, к сожалению, сравнительные исследования с использованием трупных образцов показали, что 3D КТ является неточным методом для корректной оценки размеров межпозвонкового отверстия [42]. Проводилось и измерение при помощи МРТ [24]. Высота межпозвонкового отверстия измерялась между нижним краем ножки верхнего позвонка и верхним краем ножки нижнего позвонка. Исследованы 33 уровня, от L1–L2 до L4–L5. Средняя высота отверстий составила: L1–L2, 17,1±2 мм; L2–L3, 18,4±1,7 мм; L3–L4, 18,1±1,5 мм; L4–L5, 17,1±3,6 мм [24]. Стоит отметить, что размеры межпозвонковых отверстий на каждом сегменте имеют незначимые различия и отличаются в основном за счет выраженности дегенеративно-дистрофических изменений.

Выходящий нервный корешок занимает только часть межпозвонкового отверстия и выходит из позвоночного канала, огибая ножку вышележащего позвонка. Траектория выхода корешка очень важна при планировании хирургического лечения, поэтому данному вопросу посвящено большое количество исследований. Cohen, исследуя угол выхода нервного корешка из межпозвонкового отверстия, сообщил о том, что он значительно не меняется на сегментах L1–L5, но заметно

уменьшается в сегменте L5–S1 [17]. В более позднем морфометрическом исследовании с использованием МРТ для анализа угла наклона наблюдалось, что корешок L1 имеет больший угол отхождения от дурального мешка, чем все остальные корешки поясничного отдела, а на уровне L5–S1, так же как и Cohen, отметили значительное уменьшение угла выхода нервного корешка [24]. Во всех исследованиях отмечалось увеличение длины корешка на участке от дурального мешка до входа в межпозвонковое отверстие в направлении от L1 к L5 [17, 24]. Корешок окружен эпидуральным жиром в позвоночном канале и достаточно мобилен. Но при входе в межпозвонковое отверстие ситуация кардинально меняется. Он окружен фораминальными связками, проходит в костной борозде, располагающейся на основании ножки вышележащего позвонка, и надежно фиксирован [39]. В одном из исследований проведена оценка фиксации корешков в межпозвонковых отверстиях и приведены объективные цифры. Средняя сила разрыва для корешков L1–L4 составляла 7,25 кг, 13 кг для корешка L5 и 11,5 – для нервного корешка S1 [37].

Ограниченность данного пространства, развивающаяся в течение жизни, обусловлена в первую очередь спондилоартрозом, явлениями дегидратации и дегенерации межпозвонкового диска.

**Мышцы поясничного отдела позвоночника.** Многофункциональные мышцы спины выполняют ряд действий, каждое из которых может понадобиться для обеспечения потребностей позвоночного столба. С точки зрения наблюдающихся движений позвоночного столба выделяют три типа движений: минимальные активные движения позвоночного столба, неосознанные движения для поддержания позы (так называемые постуральные движения) и значительные движения при сгибании и подъеме [1].

*Минимально активные движения* мышц спины происходят при движении позвоночника в вертикальном положении, поскольку для этого достаточно действие сил тяжести. Во время разгибания мышцы спины помогают сместить центр тяжести, но не участвуют в дальнейшем разгибании. При преодолении сопротивления, а также при форсированном движении активизируются мышцы спины, действующие на грудную клетку. Наружные сгибатели сгибают вбок поясничный отдел позвоночника, но после смещения центра тяжести дальнейшее движение продолжается под действием силы тяжести. Гомолатеральные наружные сгибатели, однако, выполняют направляющую функцию, а контралатеральные мышцы осуществляют баланс действию силы тяжести и контроль скорости и объема движения [45, 48].

*Поддержание позы.* В вертикальном положении позвоночник надежно стабилизируют суставы и связки, но при несимметричной нагрузке он может смещаться под действием силы тяжести. Мышцы спины корректируют это смещение. У спокойно стоящего человека мышцы спины проявляют небольшую постоянную активность, прерывистую активность или они могут быть неактивными. На степень мышечной активности влияет положение головы или покачивание корпуса. Объяснение подобных различий кроется в различном расположении центра тяжести по отношению к поясничному отделу позвоночника. Примерно в 75% случаев линия тяжести проходит перед центром L4 позвонка, т.е. сила тяжести наклоняет вперед грудную клетку и поясничный отдел позвоночника. Для сохранения вертикального положения и противодействия сгибанию необходим постоянный уровень активности задних сагиттальных вращателей поясничного отдела позвоночника. Действия, приводящие к смещению центра тяжести, вызовут боковое сгибание.

*Значительные движения при сгибании.* Наиболее значима роль мышц спины при сгибании вперед и выпрямлении согнутого позвоночника. Наклон позвоночника вперед сопровождается увеличением активности мышц спины, которая пропор-

циональна углу наклона и величине дополнительной нагрузки. Сгибание вперед происходит под действием силы тяжести, движения грудной клетки на поясничном отделе позвоночника контролируются длинными грудными волокнами длиннейшей мышцы спины и подвздошно-реберной мышцы. Длинные сухожилия в местах прикрепления этих мышц позволяют им действовать близи увеличивающегося грудного кифоза и фиксировать грудную клетку у подвздошной кости и крестца. В поясничной области многораздельные мышцы, а также волокна поясничной части длиннейшей мышцы спины контролируют вращение поясничных позвонков, одновременно волокна поясничной части длиннейшей мышцы контролируют возникающий сдвиг позвонков. При продолжении наклона вперед позвоночный столб фиксируется за счет смыкания суставных отростков и натягивания задних связок. Это явление известно как «критическая точка». Физиологическая основа ее до сих пор не ясна. Значимость критической точки состоит в том, что она отмечает момент перехода осевой нагрузки от мышц к связочному аппарату [26, 35, 45–48].

Разгибание согнутого корпуса характеризуется высоким уровнем активности мышц спины. Длиннейшая мышца спины и подвздошно-реберная мышца поднимают грудную клетку, поворачивая ее назад.

**В поясничном отделе позвоночника можно выделить три группы мышц:**

- 1) большая поясничная мышца, располагающаяся по передненаружной поверхности поясничного отдела позвоночника;
- 2) наружные межпоперечные мышцы и квадратная мышца поясницы, которые связывают поперечные отростки и покрывают их спереди;
- 3) задние поясничные мышцы, которые лежат позади и покрывают задние элементы поясничного отдела позвоночника.

1. Большая поясничная мышца (лат. *m. psoas major*) является частью подвздошно-поясничной мышцы и по анатомической классификации относится к группе внутренних мышц таза. Она начинается от латеральной поверхности тел и поперечных отростков Th12 и всех поясничных позвонков. Располагаясь впереди поперечных отростков, эта мышца плотно прилежит к телам позвонков. Далее мышца направляется вниз и пересекает пограничную линию таза спереди и соединяется с подвздошной мышцей, прикрепляясь к малому вертелу бедренной кости.

На уровне каждого сегмента, начиная с Th12–L1 и заканчивая L4–L5, большая поясничная мышца прикрепляется к медиальным трем четвертям передней поверхности поперечных отростков, межпозвонковым дискам и краям тел позвонков вблизи диска. Дополнительный пучок отходит от тела L5 позвонка. Мышечные волокна, отходящие от межпозвонкового диска L4–5 и поперечного отростка L5, формируют самые глубоко и низко расположенные пучки волокон мышцы. На них наслаиваются волокна, отходящие от диска, краев тел и поперечных отростков вышележащих позвонков. В результате поперечный срез мышцы состоит из концентрических слоев, при этом снаружи находятся мышечные волокна, начавшиеся на более высоком уровне, а волокна, отошедшие от нижележащих позвонков, погружены вглубь мышцы. Длина всех мышечных пучков одинакова — сухожильная часть пучка, отходящего от L1, начинается раньше, чем у отходящих ниже пучков. Такое строение мышцы говорит о том, что она действует исключительно на бедро.

Считается, что основной функцией мышцы является сгибание поясничного отдела позвоночника и наклон таза вместе с туловищем вперед при фиксированной нижней конечности. Однако биомеханический анализ показал, что ее участие в сгибании и разгибании поясничного отдела очень незначительно. Расположение ее волокон обуславливает разгибание верхних и сгибание нижних поясничных сегментов, но направление действия этих волокон почти совпадает с осью вращения поясничных позвонков, и, таким образом, даже в состоянии максимального сокращения они могут вызывать лишь незначительные движения. В связи с этим



большая поясничная мышца не оказывает какого-либо значимого влияния на движение поясничного отдела позвоночника.

Тем не менее, несмотря на это, большая поясничная мышца может вызывать значительное сдавление поясничных межпозвонковых дисков. Близость осей действия мышцы к осям вращения снижает эффективность при сгибании, но увеличивает силу вызываемого ей осевого сдавления. При максимальном сокращении, например во время приседаний, две большие поясничные мышцы могут вызывать сдавление диска L5–S1, эквивалентное действию груза весом 100 кг.

2. Наружные (латеральные) межпоперечные мышцы (лат. *mm. intertransversarii lumborum*) поясницы состоят из двух частей: передней межпоперечной мышцы поясницы и задней межпоперечной мышцы поясницы. Передние межпоперечные мышцы соединяют края поперечных отростков соседних позвонков, а задние мышцы соединяют добавочные отростки одного позвонка с поперечными отростками нижележащего позвонка. Как передние, так и задние межпоперечные мышцы иннервируются передними ветвями поясничных спинномозговых нервов и в связи с этим не могут быть отнесены к мышцам спины, которые иннервируются задними ветвями спинномозговых нервов.

Функциями межпоперечных мышц является осуществление наклона поясничного отдела позвоночника в стороны.

Квадратная мышца поясницы (лат. *m. quadratus lumborum*) по анатомической классификации относится к мышцам задней стенки брюшной полости, располагается сбоку от поперечных отростков поясничных позвонков, начинается от подвздошного гребня, подвздошно-поясничной связки и от поперечных отростков нижних поясничных позвонков. Прикрепляется к нижнему краю XII ребра и к поперечным отросткам верхних поясничных позвонков. Латеральная часть мышцы проходит косо и медиально. Мышца спереди прикрыта глубокой пластинкой пояснично-грудной фасции. К медиальной части квадратной мышцы поясницы прилежит большая поясничная мышца, а сзади — начало мышцы, выпрямляющей позвоночник.

Большинство волокон квадратной мышцы поясницы прикрепляются к XII ребру, а одна из функций этой мышцы заключается в удерживании этого ребра во время акта дыхания. Остальные ее волокна соединяют подвздошную кость с поперечными отростками четырех верхних поясничных позвонков. Эти волокна способны эффективно участвовать в осуществлении бокового сгибания, но их доля в общей массе мышцы варьирует, а сила вызываемого ими бокового сгибания никогда не исследовалась. Анатомия этих волокон позволяет предположить, что участие их в этом движении невелико.

3. Группа задних мышц поясницы включает мышцы, располагающиеся позади плоскости поперечных отростков, прикрепляющиеся к поясничным позвонкам и, таким образом, действующие непосредственно на поясничный отдел позвоночника, и другие мышцы, которые, не будучи прикрепленными к поясничным позвонкам, тем не менее оказывают влияние на поясничный отдел позвоночника. Для более удобного изучения анатомии задней группы мышц поясницы в ней выделяют три подгруппы мышц (рис. 1.31): короткие межсегментарные, короткие полисегментарные и длинные полисегментарные.

3.1. Короткие межсегментарные мышцы — межостистые и медиальные межпоперечные мышцы.

Межостистые мышцы (лат. *mm. interspinales lumborum*) представляют собой короткие парные мышцы, располагающиеся по обе стороны от межостистой связки и соединяющие остистые отростки соседних поясничных позвонков. Медиальные межпоперечные мышцы (лат. *mm. intertransversarii mediales lumborum*)

могут считаться истинными мышцами спины, поскольку, в отличие от латеральных межпоперечных мышц, иннервируются задними ветвями поясничных спинномозговых нервов. Эти мышцы отходят от добавочных отростков, примыкающих сосцевидных отростков и сосцевидно-добавочной связки, которая их соединяет. Они прикрепляются к верхней поверхности сосцевидного отростка нижележащего позвонка.

3.2. Короткие полисегментарные мышцы — многораздельная мышца; поясничный отдел мышцы, выпрямляющей позвоночник, а точнее поясничные части длиннейшей мышцы груди и подвздошно-реберной мышцы поясницы.

Многораздельная мышца (лат. *m. multifidus*) состоит из повторяющихся групп пучков, которые отходят от пластинок дуг и остистых отростков поясничных позвонков. Эти пучки сгруппированы в пять перехлестывающихся групп, при этом от каждого поясничного позвонка отходят волокна одной группы. На уровне каждого сегмента пучки отходят от основания и нижненаружного края остистого отростка, а несколько пучков отходят единым сухожилием от каудального края верхушки остистого отростка. Имеющие единое начало, пучки волокон каждой группы расходятся в каудальном направлении, прикрепляясь к сосцевидным отросткам, гребню подвздошной кости и к крестцу.

Следует отметить, что, несмотря на прикрепление большого числа волокон многораздельной мышцы к сосцевидным отросткам, некоторые из ее более глубоко расположенных волокон вплетаются в расположенные рядом с сосцевидными отростками капсулы дугоотростчатых суставов. Это позволяет избежать ущемления капсулы сустава во время движения с участием многораздельной мышцы.

Поясничный отдел мышцы, выпрямляющей позвоночник, лежит снаружи от многораздельных мышц и образует выступающий задненаружный контур мышц поясничной области. Она состоит из двух мышц — длиннейшей мышцы груди и подвздошно-реберной мышцы поясницы.

Поясничная часть длиннейшей мышцы груди состоит из пяти пучков, каждый из которых отходит от добавочного отростка и прилегающего к нему медиального края дорсальной поверхности поперечного отростка поясничного позвонка. Каждый пучок мышцы идет вперед и вниз. Поэтому действие любого такого мышечного пучка может быть представлено в виде вертикального и горизонтального вектора, относительный размер которого изменяется от L1 к L5 позвонку.

Поясничная часть подвздошно-реберной мышцы поясницы состоит из четырех лежащих друг на друге слоев, отходящих от L1–L4 поясничного позвонка. Рострально каждый пучок прикрепляется к верхушке поперечного отростка и к области, расположенной на 2–3 см латеральнее среднего слоя пояснично-грудной фасции. Расположение поясничных пучков подвздошно-реберной мышцы поясницы совпадает с ориентацией волокон длиннейшей мышцы груди, только первые лежат латеральнее. Как и в случае длиннейшей мышцы груди, действие волокон подвздошно-реберной мышцы поясницы можно разложить на вертикальный и горизонтальный векторы.

3.3. Длинные полисегментарные мышцы — мышца, выпрямляющая позвоночник, а точнее ее составляющие: грудные части длиннейшей мышцы груди и подвздошно-реберной мышцы поясницы.

Данные мышцы обычно не прикрепляются к поясничным позвонкам, но пересекают область поясницы и идут от грудной клетки к подвздошной кости или крестцу.

Обычно грудная часть длиннейшей мышцы груди состоит из 11 или 12 пар небольших мышечных пучков, отходящих от ребер или поперечных отростков Th1/Th2–Th12. На каждом уровне имеется два сухожилия — медиальное, которое идет от



верхушки поперечного отростка, и латеральное, которое отходит от ребра. Каждое сухожилие мышечного пучка проходит 3–4 см, а затем формирует небольшое, длиной 7–8 см, мышечное брюшко. Медиальные пучки, начинающиеся выше, располагаются поверх начинающихся нижних мышечных пучков. Каждое мышечное сухожилие переходит в сухожилие, которое идет к поясничной области. Эти сухожилия располагаются параллельно друг другу, при этом сухожилия от нижних мышечных пучков лежат наиболее латерально. Сухожилия пучка, начинающегося на уровне Th2, прикрепляются к остистому отростку L3, а сухожилия начинающихся ниже мышечных волокон последовательно прикрепляются к нижележащим остистым отросткам.

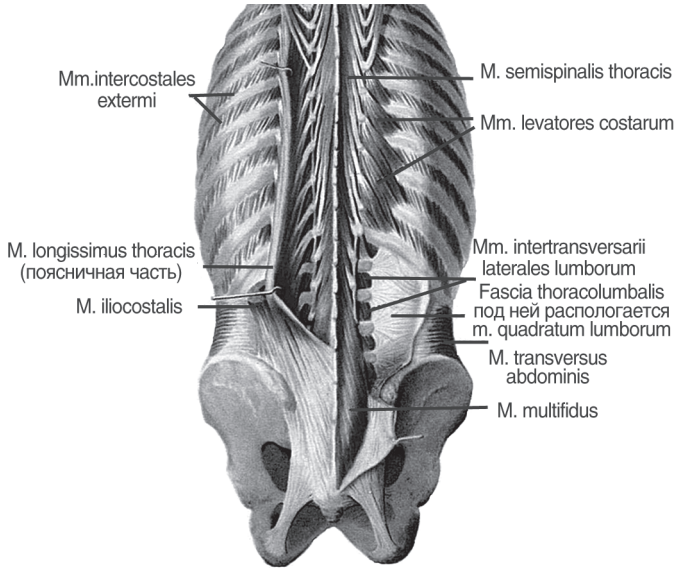
Прилежащие друг к другу нижние сухожилия грудной части длиннейшей мышцы груди образуют большую часть той структуры, которая называется апоневрозом мышцы, разгибающей позвоночник. Они лежат поверх волокон поясничной части длиннейшей мышцы груди и подвздошно-реберной мышцы, но не прикрепляются к ним.

Косая ориентация волокон грудной части длиннейшей мышцы груди также позволяет ей сгибать вбок грудной отдел позвоночника, что косвенно способствует боковому сгибанию поясничного отдела позвоночника.

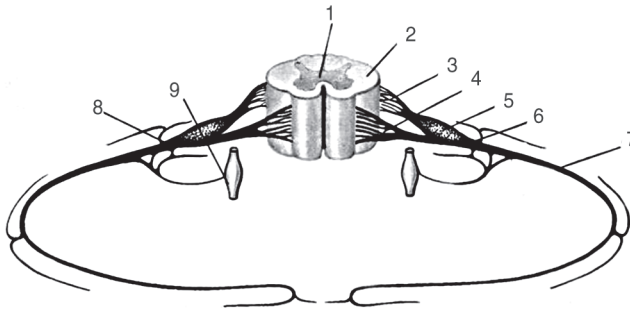
Грудная часть подвздошно-реберной мышцы поясницы состоит из мышечных пучков, которые отходят от семи или восьми нижних ребер и прикрепляются внизу подвздошной кости или к крестцу. Каждый пучок грудной части подвздошно-реберной мышцы поясницы начинается от угла ребра лентовидным сухожилием, длина которого достигает 9–10 см. Сухожилие переходит в мышечное брюшко длиной 8–10 см, а оно, в свою очередь, заканчивается сухожилием, которое участвует в образовании апоневроза мышцы, разгибающей позвоночник, и прикрепляется к задней верхней ости подвздошной кости. Наиболее медиально расположенные сухожилия, которыми заканчиваются самые верхние мышечные пучки, часто прикрепляются к задней поверхности крестца, ниже места прикрепления многораздельной мышцы.

Следует отметить, что пучки грудной части подвздошно-реберной мышцы поясницы не прикрепляются к поясничным позвонкам. Они крепятся к гребню подвздошной кости и, таким образом, идут над поясничным отделом позвоночника. Следовательно, при двустороннем сокращении мышцы ее пучки натягиваются над поясничным отделом позвоночника подобно тетиве, вызывая увеличение поясничного лордоза. При одностороннем сокращении грудная часть подвздошно-реберной мышцы поясницы, используя ребра в качестве рычага, вызывает наклон грудной клетки в сторону и опосредованно боковой наклон поясничного отдела позвоночника. При повороте корпуса расстояние между ребрами и подвздошной костью уменьшается незначительно, и в этом случае грудная часть пояснично-реберной мышцы поясницы может способствовать возвращению грудной клетки, а следовательно, и поясничного отдела позвоночника в нейтральное положение.

**Нервы поясничного отдела позвоночника.** Поясничный отдел позвоночника окружен разнообразными нервами, основными из которых являются поясничные спинномозговые нервы. Они расположены в межпозвоноковых отверстиях и связаны со спинным мозгом корешками спинномозговых нервов, занимающими позвоночный канал. Вне позвоночного столба позвоночные нервы делятся на две ветви: переднюю и заднюю. Вдоль передненаружной поверхности поясничного отдела позвоночника располагаются поясничные симпатические стволы, которые соединяются с передними ветвями поясничных спинномозговых нервов (рис. 1.32).



**Рис. 1.31.** Мышцы спины (поясничного отдела позвоночника). *Источник: Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. Атлас анатомии человека: Учеб. пособие. В 4 томах. Т. 1. М.: Медицина, 1996. 344 с.*



**Рис. 1.32.** Сегмент спинного мозга: 1 — серое вещество; 2 — белое вещество; 3 — задний корешок; 4 — передний корешок; 5 — спинальный ганглий; 6 — спинномозговой нерв; 7 — передняя ветвь; 8 — задняя ветвь; 9 — симпатический ганглий

Поясничные спинномозговые нервы располагаются в межпозвоночных отверстиях, их нумерация определяется в соответствии с позвонком, расположенным над ними. Каждый спинномозговой нерв соединен со спинным мозгом посредством переднего и заднего корешка. Латеральнее каждый спинномозговой нерв делится на более мощную переднюю и меньшую заднюю ветви. Корешки соединяются в межпозвоночном отверстии, образуя спинномозговой нерв, который, выходя из межпозвоночного отверстия, делится на переднюю и заднюю ветвь. Таким образом, сами спинномозговые нервы очень коротки. Их длина не превышает ширины соответствующих межпозвоночных отверстий.

Медиальный конец каждого спинномозгового нерва не всегда легко определить, поскольку его локализация зависит от точного места слияния переднего и заднего корешка в единый ствол. Иногда спинномозговой нерв может быть очень короток, менее одного миллиметра. В таких случаях волокна переднего и заднего корешка

непосредственно не образуя истинного спинномозгового нерва, перераспределяются в переднюю и заднюю ветвь. Иначе говоря, корешки сливаются в короткий, длиной несколько миллиметров, ствол, который сразу же делится на переднюю и заднюю ветви.

Вопрос топографии нервных корешков имеет большое значение для понимания патологии их компрессионного поражения, поскольку объемные образования, возникающие из любых тканей, расположенных в непосредственной близости или даже на расстоянии от нервного корешка, могут сдавливать его.

Наиболее тесно корешки спинномозговых нервов связаны с мозговыми оболочками. Как уже было упомянуто выше, корешки конского хвоста расположены в оболочечном мешке и погружены в спинномозговую жидкость. За его пределами каждая пара корешков окружена мягкой, паутинной и твердой оболочками, которые образуют оболочечный рукав. Значение этой структурной связки состоит в том, что опухоли или кисты твердой и паутинной оболочек могут, по мере их увеличения, сдавливать нервные корешки.

Задние ветви спинномозговых нервов L1–L4 представляют собой короткие нервы, которые отходят под прямым углом от поясничных спинномозговых нервов. Каждый нерв длиной около 5 мм идет назад, в сторону верхнего края нижележащего поперечного отростка. Задняя ветвь L5 отличается от остальных ветвей большей длиной и тем, что она идет над верхушкой крестцового крыла. По мере приближения к поперечным отросткам ветви L1–L4 делятся на две или три ветви. Медиальная и латеральная ветви присутствуют на всех уровнях. Изменчивая третья ветвь называется промежуточной ветвью. Хотя эта ветвь всегда присутствует, она часто отходит от латеральной, а не от самой задней ветви.

Латеральные ветви задних поясничных ветвей в основном иннервируют подвздошно-реберную мышцу поясницы, однако ветви, отходящие на уровне L1–L3, могут выходить из-за задненаружного края этой мышцы, становясь кожными ветвями. Такие кожные ветви прободают задний слой пояснично-грудной фасции, идут вниз и латерально через гребень подвздошной кости, иннервируя кожу ягодич на участке от гребня до большого вертела. Пересекая гребень подвздошной кости, кожные ветви лежат параллельно друг другу, при этом наиболее медиально расположены волокна, идущие от задних ветвей нижележащих поясничных позвонков.

Промежуточные ветви задних ветвей поясничных спинномозговых нервов являются чисто мышечными и иннервируют поясничные волокна длиннейшей мышцы спины, образуя внутри нее межсегментарное сплетение. Промежуточная ветвь задней ветви L5 иннервирует самые нижние волокна длиннейшей мышцы спины, которые отходят от поперечного отростка L5 и прикрепляются к медиальной поверхности гребня подвздошной кости. Клиническое значение задних ветвей спинномозговых нервов в первую очередь связано с их медиальными ветвями, которые иннервируют дугоотростчатые суставы.

Медиальные ветви задних ветвей L1–4 пересекают верхушки соответствующих поперечных отростков и прободают задний листок межпоперечной связки у основания поперечного отростка. Затем каждый нерв идет вдоль кости к месту соединения основания поперечного отростка с основанием верхнего суставного отростка. Огибая основание последнего в медиальном направлении, каждый нерв располагается под сосцевидно-добавочной связкой. Далее он пересекает пластинку дуги позвонка, разделяясь на множество ветвей, которые иннервируют многораздельную мышцу, межкостистую мышцу и связку, а также два дугоотростчатых сустава. Каждая медиальная ветвь иннервирует выше- и нижерасположенный дугоотростчатый сустав [2, 5, 6].

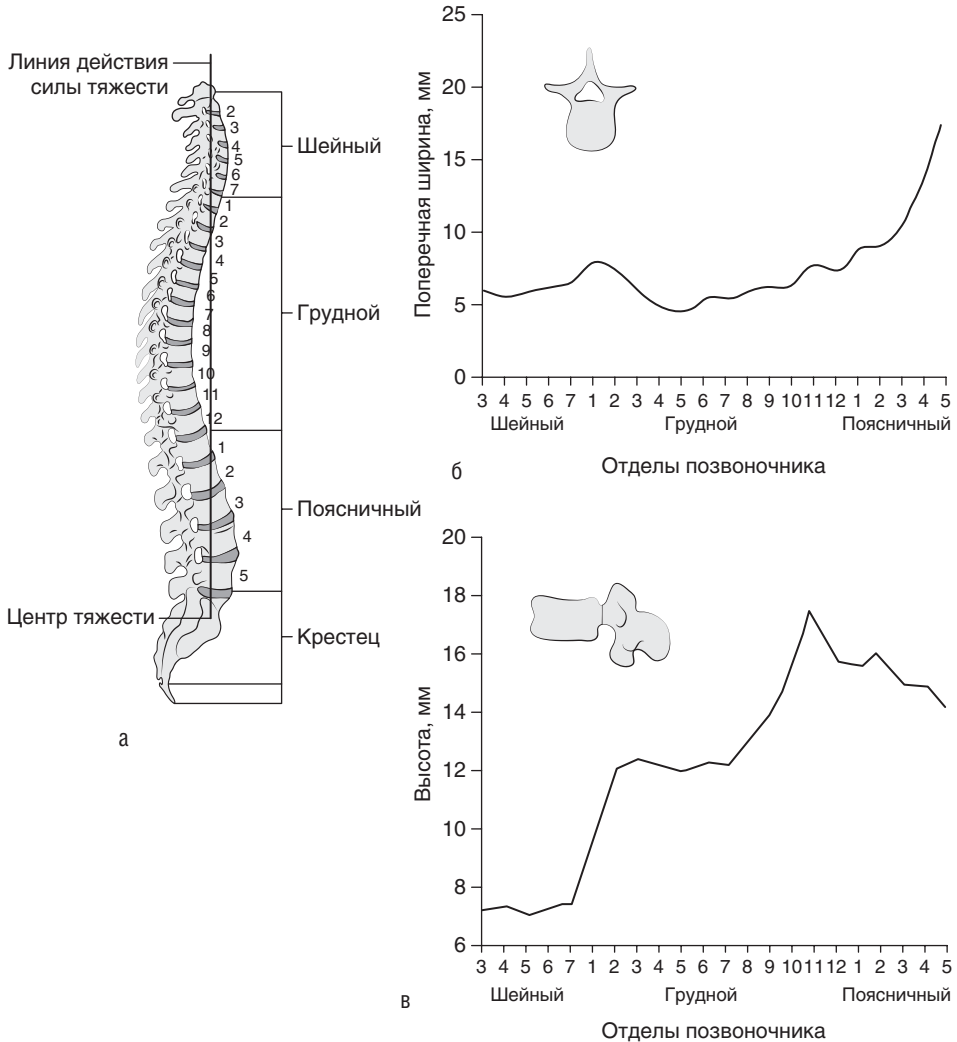
Ход медиальной ветви задней ветви L5 такой же, как и у ветвей L1–L4, единственное отличие состоит в том, что вместо поперечного отростка она пересекает крестцовое крыло. Эта ветвь идет в бороздке, образованной в месте соединения крестцового крыла с основанием верхнего суставного отростка крестца, а затем изгибается и идет медиально вокруг основания пояснично-крестцового дугоотростчатого сустава.

Иннервация мышц медиальными ветвями задних ветвей поясничных спинномозговых нервов очень своеобразна. Каждая медиальная ветвь снабжает только те мышцы, которые отходят от пластинки дуги и остистого отростка позвонка, причем номер позвонка совпадает с номером сегмента, от которого отходит данная ветвь. То же относится и к межостистым связкам.

**Нормальная биомеханика позвоночника.** Внутренние деформации возникают в позвоночном столбе человека в ответ на приложение внешних механических сил. Под действием приложенных сил человек может совершать разнообразные движения: сгибания, растягивания, изгибания, повороты, сдвиги в переднезаднем или заднепереднем направлении и др. В силу анатомического строения позвоночный столб человека находится под постоянной осевой компрессионной нагрузкой [1, 9, 10, 34, 44]. Рис. 1.33 иллюстрирует свойства позвоночного столба на всем его протяжении от шейного до пояснично-крестцового отдела. Компрессионное усилие, приходящееся на тело позвонка, зависит от отдела, однако нельзя забывать о широких индивидуальных отличиях, влияющих на величину нагрузок [38, 49]. Сила тяжести в зависимости от положения центра тяжести тела создает постоянный изгибающий момент. Одним из основных назначений тела позвонка является сопротивление компрессионным силам. Действующая компрессионная сила постепенно нарастает в направлении сверху вниз, поэтому ширина, глубина и высота тел позвонков пояснично-крестцового отдела увеличена по сравнению с позвонками шейного отдела (рис. 1.33, Б, В). Высота тел позвонка С2 обычно меньше, чем L2. Такая геометрия обеспечивает эффективность движения элементов структуры, находящихся под различной нагрузкой.

**Позвоночный сегмент как сустав.** К основным движениям поясничного отдела позвоночника в целом и его отдельных сочленений относятся осевое сдавление, осевое растяжение, сгибание, разгибание, осевое вращение и боковое сгибание. Горизонтальный сдвиг является частью осевого вращения, но изолированного сдвигового движения в норме не встречается. Для широкого спектра движений поясничного отдела позвоночника большое значение имеет биомеханика движений позвоночного сегмента.

К основным функциям межпозвоночного диска относят обеспечение движений между телами позвонков и переноса нагрузки с одного тела позвонка на другое. Эти функции обеспечивает строение межпозвоночного диска. В поддержании осевой нагрузки участвуют и пульпозное ядро, и фиброзное кольцо, которое действует и независимо, и совместно с пульпозным ядром. Несмотря на то что фиброзное кольцо на 60–70% состоит из воды, плотно упакованные пластинки коллагеновых волокон придают ему относительную жесткость и «массивность». До тех пор пока пластинки остаются неизменными и целостными, а протеогликановый гель удерживает их вместе, фиброзное кольцо будет пассивно, за счет своей массы удерживать вес. Устойчивость к сдавлению у фиброзного кольца практически одинакова по всей его толщине, хотя внутренние его слои менее жесткие по сравнению с промежуточными и наружными слоями. Существует слабая обратная связь устойчивости фиброзного кольца к сдавлению с содержанием в нем воды, но не протеогликанов [20, 36].



**Рис. 1.33.** Позвоночный столб человека находится под постоянной осевой компрессионной нагрузкой. а — линия действия силы тяжести и положение центра тяжести. Действующая компрессионная гравитационная сила постепенно нарастает в направлении сверху вниз, поэтому ширина (б), глубина и высота (в) тел позвонков пояснично-крестцового отдела увеличена по сравнению с позвонками шейного отдела. Высота тел позвонка С2 меньше, чем L2 (б). *Источник: Коновалов Н.А. Новые технологии и алгоритмы диагностики и хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. Дисс. докт. мед. наук, 2010*

Экспериментально было показано, что при краткой нагрузке диск с удаленным пульпозным ядром так же устойчив к осевой нагрузке, как и целостный диск [41, 43]. Таким образом, фиброзное кольцо может пассивно заполнять пространство, а также оно одно способно переносить вес с одного позвонка на другой. Однако при длительных нагрузках весом оно будет медленно расплющиваться. Длительное давление деформирует коллагеновые пластинки и выдавливает воду. Скрепляющий механизм обеспечивается пульпозным ядром, которое может деформироваться, но его объем остается неизменным. Пульпозное ядро давит



изнутри на фиброзное кольцо и растягивает коллагеновые пластинки, которые благодаря своим упругим свойствам оказывают сопротивление этому давлению. Равновесие достигается при полном балансе давления пульпозного ядра и сопротивления фиброзного кольца. В нормальном диске равновесие достигается при минимальном расширении пульпозного ядра. Толстое и прочное фиброзное кольцо противодействует всем попыткам выпячивания диска. При воздействии груза массой 40 кг происходит сдавление диска на 1 мм и расширение на 0,5 мм.

Пульпозное ядро оказывает давление и на межпозвонковые концевые пластинки, но, поскольку те прилегают к телам позвонков, они не деформируются. Таким образом, под действием осевой нагрузки деформацию пульпозного ядра снаружи сдерживает фиброзное кольцо, а снизу — концевые пластинки и тела позвонков. Давление, оказываемое на концевые пластинки, во-первых, передает часть нагрузки на соседний позвонок, во-вторых, радиальное давление укрепляет фиброзное кольцо и не дает ему выпячиваться. В результате диск может выдерживать нагрузки, которые могли бы вызвать деформацию изолированного фиброзного кольца. Основой для действия такого сочетанного механизма является жидкое состояние пульпозного ядра. Вода в его составе, содержание которой, в свою очередь, зависит от содержания протеогликанов, превращает диск в набухшее тело, сопротивляющееся сдавлению. Любые изменения содержания воды и протеогликанов неизбежно изменят механические свойства дисков.

Другим свойством диска является его способность поглощать и накапливать энергию. Эластичные коллагеновые волокна растягиваются как пружины и аккумулируют энергию, затраченную на их растяжение. При снятии нагрузки с диска энергия возвращается в пульпозное ядро, где она используется для устранения возникших деформаций.

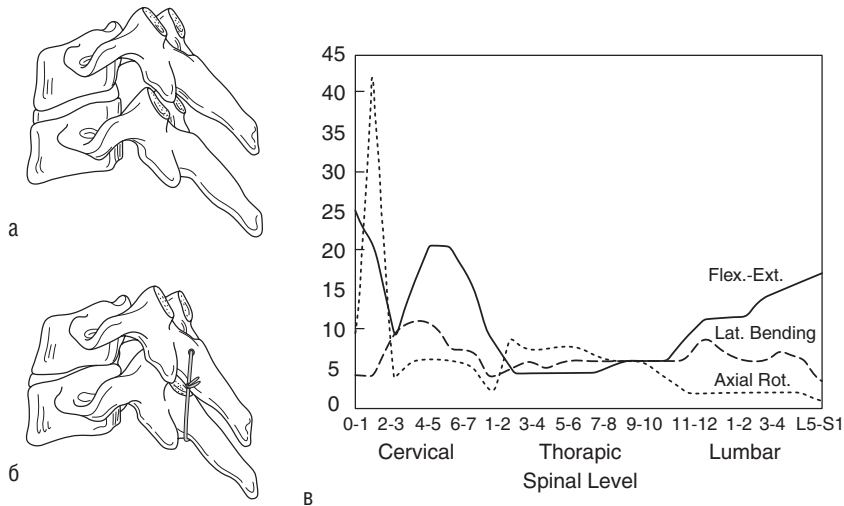
Жидкостные свойства диска позволяют ему преобразовывать вертикальную нагрузку в горизонтальное растяжение фиброзного кольца.

Эластичность межпозвонкового диска позволяет ему действовать подобно «амортизатору». Внезапная нагрузка на диск мгновенно преобразуется в растяжение фиброзного кольца. Это мгновенное переключение смягчает скорость, с которой сила передается с одного позвонка на другой. Величина нагрузки не уменьшается, она полностью передается на соседний позвонок, но временное переключение нагрузки на фиброзное кольцо позволяет диску защитить нижележащий позвонок, замедляя скорость передачи на него нагрузки.

Конструкция межпозвонковых дисков делает их основными несущими структурами поясничного отдела позвоночника, однако для обеспечения движения не менее важна роль дугоотростчатых суставов. Тела позвонков, связанных межпозвонковым суставом, если они не ограничены задними элементами, могут двигаться практически в любом направлении. При осевой нагрузке они могут прижиматься друг к другу (рис. 1.34). При растяжении они могут отдаляться один от другого, скользить и наклоняться вперед, назад и вбок или в промежуточном направлении, вращаться. Деформация диска позволяет осуществлять любое из этих движений, но она же обеспечивает различную степень стабильности межпозвонкового сустава при таких движениях.

При растяжении все точки тела одного позвонка смещаются вертикально на одно и то же расстояние от верхней поверхности тела соседнего позвонка.

При изолированных скользящих движениях в межпозвонковом суставе все точки одного позвонка смещаются на равное расстояние параллельно верхней поверхности нижележащего позвонка. Этому движению препятствует фиброзное кольцо, волокна которого действуют по-разному в зависимости от их локализации внутри фиброзного кольца и по отношению к направлению движения. При



**Рис. 1.34.** Тела позвонков, связанных межпозвоночным суставом (а), если они не ограничены задними элементами (б), могут двигаться практически в любом направлении (в). *Источник: Коновалов Н.А. Новые технологии и алгоритмы диагностики и хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. Дисс. докт. мед. наук, 2010; Benzel E.C. Biomechanics of spine stabilization, 2001*

движении вперед лишь половина волокон боковых стенок фиброзного кольца подвергнется растяжению, точки прикрепления второй половины волокон будут сближаться друг с другом, и только половина волокон боковых стенок фиброзного кольца будет сопротивляться движению.

Наклоны сопровождаются опусканием одного края тела позвонка и поднятием противоположного края. Такие движения вызывают перекашивание фиброзного кольца и пульпозного ядра, жидкое содержимое которого делает возможной такую деформацию. При наклоне вперед опускается передний край тела позвонка, а задний поднимается, при этом передняя стенка фиброзного кольца сдавливается и стремится выпятиться [10, 11, 41]. Подъем заднего конца тела позвонка уменьшает давление на заднюю часть пульпозного ядра и растягивает заднюю стенку фиброзного кольца. В отсутствие дополнительного давления на диск, например если нет осевой нагрузки при наклоне тела позвонка, не должно происходить повышения давления внутри пульпозного ядра, поскольку его объем неизменен.

При наклоне поясничного отдела *in vivo* наблюдается значительное увеличение давления, вызванное не наклоном, а дополнительным сдавливанием диска, в результате действия мышц спины, контролирующих сгибание. При наклоне тела позвонка давление на переднюю часть пульпозного ядра обуславливает его смещение кзади во избежание этого давления. Если в это же время на диск действует нагрузка, возникнет давление на заднюю стенку фиброзного кольца, уже растянутую из-за расхождения задних краев тел позвонков. В норме фиброзное кольцо может препятствовать такому сочетанию растяжения и давления, но, поскольку задняя стенка фиброзного кольца является самой тонкой, ее способность сопротивляться таким нагрузкам легко нарушается.

Таким образом, компоненты межпозвоночного диска при выполнении различных движений действуют как независимо, так и совместно. Строение пульпозного ядра позволяет ему выдерживать давление и передавать его. При наклонах без осевой нагрузки на диск пульпозное ядро пассивно деформируется.

При любых движениях фиброзное кольцо действует подобно связке, ограничивая амплитуду движения и стабилизируя сустав. При расхождении мест прикрепления концов отдельных волокон они растягиваются, препятствуя движению. Все волокна работают при осевой нагрузке. При других движениях участие волокон зависит от их ориентации относительно направления движения. Перемежающееся косоое расположение волокон оптимизирует его способность препятствовать разнонаправленным движениям. Преимущества косоой ориентации волокон заключаются в том, что каждое волокно вносит свой вклад в противодействие движению как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Градус наклона волокон обуславливает степень сопротивления движениям в горизонтальном направлении.

На биомеханику дугоотростчатых суставов значительное влияние оказывает форма и площадь соприкосновения суставных поверхностей. В поперечной плоскости суставные поверхности могут быть ровными или изогнутыми. Различная форма и ориентация дугоотростчатых суставов определяет роль этих суставов в предотвращении смещения тела позвонка вперед или вращения в межпозвоночном сочленении. Степень противодействия каждого дугоотростчатого сустава смещению позвонка вперед зависит от того, насколько суставные поверхности верхних суставных отростков повернуты назад, а вращению позвонка — от того, насколько они повернуты медиально. Поворот назад препятствует смещению тела позвонка вперед. Если тело позвонка начинает вращаться, например против часовой стрелки, то правый нижний суставной отросток этого позвонка столкнется с правым верхним суставным отростком нижележащего позвонка, прекращая дальнейшее вращение. Максимальное сопротивление смещению вперед оказывают суставные поверхности верхних суставных отростков, расположенных под углом  $90^\circ$  к сагиттальной плоскости. Они полностью обращены назад и всей своей поверхностью препятствуют движению, но сопротивление вращению при этом будет незначительным, поскольку при вращении суставная поверхность нижнего суставного отростка может соскользнуть с суставной поверхности верхнего отростка. Суставы, ориентированные параллельно сагиттальной плоскости, не оказывают сопротивления смещению тела позвонка вперед, однако такие суставы оказывают значительное сопротивление вращению. Таким образом, чем меньше угол между плоскостью сустава и сагиттальной плоскостью, тем меньше его способность противостоять смещению тела позвонка вперед.

В суставах с искривленными суставными поверхностями ситуация меняется, поскольку разные части суставной поверхности противодействуют различным движениям. В искривленных суставах переднемедиальный конец суставной поверхности верхнего суставного отростка обращен назад, и эта часть будет препятствовать движению. При смещении тела позвонка вперед суставные поверхности его нижних отростков будут наталкиваться на суставные поверхности верхних суставных отростков нижележащего позвонка. Степень сопротивления этому движению будет пропорциональна площади поверхности, обращенной назад. У С-образных суставных поверхностей площадь зоны, обращенной назад, больше, чем у J-образных суставных поверхностей, у которых назад обращен лишь небольшой участок. Как С-образные, так и J-образные суставы эффективно препятствуют вращению.

Внутрисуставные структуры дугоотростчатых суставов напоминают внутрисуставные структуры мелких суставов кисти. Соединительнотканная края проще всего рассматривать как утолщения суставной капсулы, выполняющие роль заполнителя пространства, хотя, возможно, они участвуют в увеличении поверхности

контакта при соударении суставных поверхностей и принимают на себя часть нагрузки.

Считается, что подушки из жировой ткани и фиброзно-жировые менискоиды также выполняют защитную функцию. При сгибании в межпозвоночном сочленении суставная поверхность нижнего суставного отростка проскальзывает вверх на 5–8 мм вдоль суставной поверхности верхнего суставного отростка. При соприкосновении жировых подушек и менискоидов, покрытых синовиальной оболочкой, с незащищенными суставными поверхностями между ними может образовываться пленка синовиальной жидкости. При возвращении в исходное положения это обеспечивает смазывание суставного хряща и защищает его от трения о противостоящую суставную поверхность.

**Роль поясничного лордоза.** Несмотря на то что диски и дугоотростчатые суставы играют важную роль в несении осевой нагрузки, передаче которой на ноги способствует крестцово-подвздошное соединение, в этом процессе задействованы и другие части поясничного отдела позвоночника. При соединении крестца с поясничным отделом последний наклоняется вперед, и для восстановления вертикального положения и уравнивания наклона крестца он должен принять изогнутую форму. Это искривление носит название поясничного лордоза. Поясничный лордоз приобретает свою форму благодаря клиновидной форме пояснично-крестцового межпозвоночного диска и тела позвонка L5. Образование лордоза завершается отклонением позвонков, лежащих выше L5. Точная форма поясничного лордоза у разных людей различна. Уклон крестца создает структурную неустойчивость поясничного отдела позвоночника: позвонок L5 стремится под действием веса тела соскользнуть вниз и вперед по наклоненной поверхности, в большей степени это выражено при дополнительной нагрузке на поясничный отдел позвоночника. В свою очередь, позвонок L4 стремится соскользнуть с верхней поверхности позвонка L5. Эта тенденция нивелируется структурой суставных отростков и поясничных позвонков.

В силу анатомического строения позвоночный столб человека находится под постоянной осевой, компрессионной нагрузкой. Кроме того, сила тяжести в зависимости от положения центра тяжести тела создает постоянный изгибающий момент. Благодаря поясничному лордозу несущую функцию выполняет и передняя продольная связка, и передняя часть фиброзного кольца. Непрямолинейность расположения позвонков приводит к тому, что задняя часть межпозвоночных дисков сдавлена, а передняя растянута. Осевая нагрузка на поясничный лордоз ведет к его углублению и к дальнейшей деформации в передних связках. Напряжение, возникающее в передних связках, препятствует нарастанию лордоза, таким образом, они также выполняют несущую функцию. Благодаря поясничному лордозу возникает дополнительный механизм противодействия осевой нагрузке, в котором не задействованы ни дугоотростчатые суставы, ни межпозвоночные диски. Эластичный механизм передних связок наделяет поясничный отдел позвоночника упругостью. Энергия, проникающая в эти связки, накапливается в них в виде напряжений и может использоваться для восстановления исходной формы поясничного лордоза после снятия осевой нагрузки.

Биомеханика всего позвоночника включает действие мышц спины. Вектор действия мышц спины направлен вниз, и при их сокращении возникает осевое сдавление поясничного отдела позвоночника, что сопровождается увеличением давления в межпозвоночных дисках. Для поддержания вертикального положения свободно стоящего человека требуется 2–5% от максимального изометрического мышечного сокращения, для удержания груза в руках или при переноске тяжести — 75–100% максимальной силы, в положении сидя активность мышц

составляет 3–15% от максимальной. Абсолютный максимум силы мышц спины для мужчин в возрасте 30 лет составляет около 4000 Н. Действуя на остистые отростки и основания дужек поясничных позвонков, эта сила преобразуется в разгибательный момент величиной порядка 200 Н/м. Второй механизм стабилизации поясничного лордоза обеспечивается связками поясничного отдела позвоночника. Детальные анатомические исследования показали, что сила сокращения распределяется между отдельными частями мышц спины [38, 48]. Около 50% общего разгибательного момента обусловлено сокращением грудных волокон подвздошно-реберной мышцы и длиннейшей мышцы спины. Соответственно, одна половина на разгибательного момента поясничного отдела позвоночника действует через апоневроз мышцы, разгибающей позвоночник, а другая вызывается мышцами, действующими непосредственно на поясничные позвонки, при этом одна часть является результатом сокращения многораздельной мышцы, а другая обусловлена сокращением поясничной части длиннейшей мышцы. Компрессионная нагрузка, возникающая при сокращении мышц спины, меняется в зависимости от уровня поясничного отдела позвоночника, что связано с различиями хода и прикрепления разных мышц. На уровне L5–S1 грудные волокна, разгибающие позвоночник, создают около 42% общей компрессионной нагрузки [48]. На верхних уровнях поясничного отдела позвоночника большая часть компрессионной нагрузки на сегмент обусловлена грудными волокнами поясничной части мышцы, разгибающей позвоночник. При сокращении многораздельной мышцы на уровне верхних поясничных позвонков в основном возникают силы сдвига, направленные вперед, а на уровне нижних поясничных позвонков эти силы могут быть направлены как вперед, так и назад. Поясничные волокна мышцы, разгибающей позвоночник, вызывают силы сдвига, направленные вперед, действующие на нижележащий позвонок, а грудные волокна поясничной части мышцы создают силы сдвига: заднего — на уровне верхних поясничных позвонков и переднего — на уровне L4–L5.

Что касается осевого вращения, то продольное расположение мышц уменьшает эффективность такого движения. Суммарный вращательный момент, возникающий при сокращении всех мышц спины, очень мал. Следовательно, мышцы спины не обеспечивают стабильности осевого вращения поясничного отдела позвоночника. Эта функция зависит от мышц живота [48].

**Анатомия забрюшинного пространства.** Тела поясничных позвонков с паравертебральными мышцами образуют заднюю границу забрюшинного пространства. На уровне первых двух поясничных позвонков располагается диафрагма, которая разделяет плевральную и брюшную полости. Форма диафрагмы обуславливает определенную топографию органов к поясничному отделу позвоночника и определяет особенности эндоскопического подхода к телам поясничных позвонков.

Медиальные ножки диафрагмы начинаются от переднебоковой поверхности тел L1–L4 справа и L1–L3 слева. Медиальная сухожильная дуга является хорошим ориентиром для боковой поверхности L1–L2 позвонков. Наружные ножки диафрагмы начинаются от медиальной и латеральной сухожильных дуг. Медиальная дуга перекидывается через большую поясничную мышцу, проходя от боковой поверхности тела L2 (или L1). Латеральная дуга перекидывается через квадратную мышцу поясницы, натягиваясь между поперечным отростком L2 и концом XII ребра.

Имеются различия в расположении и строении правой и левой ножек диафрагмы. Левая медиальная ножка в области тел L1–L2 поясничных позвонков имеет мышечный характер, под ней проходят поясничные кровеносные сосуды, а на



уровне тела L3 она представляет собой тонкое сухожилие, вплетающееся в диск между L2 и L3 поясничными позвонками. Правая медиальная ножка имеет более широкое начало — от переднебоковой поверхности тела L4 и диска между ним и L3 — и лежит впереди верхних трех поясничных артерий и двух верхних поясничных вен.

Аорта располагается по левой переднебоковой поверхности тел поясничных позвонков, она спускается вниз и на уровне L4–L5 делится на общие подвздошные артерии.

Задняя стенка аорты лежит непосредственно на позвоночном столбе. При этом положение аорты не соответствует средней линии тела, проведенной посередине поясничных позвонков: она отклоняется влево. От брюшной аорты отходят поясничные артерии, которые непосредственно прилегают к телам позвонков и при доступе к позвонкам представляют препятствия.

Поясничные артерии, отойдя от задней поверхности аорты, направляются поперечно в латеральную сторону и впереди на уровне поперечных отростков позвонков делятся на две основные ветви: дорсальную (*ramus dorsalis*) и переднюю (*ramus anterior*).

Дорсальная ветвь направляется на заднюю поверхность туловища к мышцам спины и коже соответствующего уровня. На уровне межпозвоночного отверстия она отдает спинальную ветвь (*ramus spinalis*), которая входит в позвоночный канал, анастомозируя с одноименными выше- и нижележащими ветвями этой же и другой стороны, кровоснабжая спинной мозг и тела позвонков.

Передние ветви поясничных артерий идут позади квадратной мышцы поясницы и далее между поперечной и внутренней кривой мышцами живота доходят до прямой мышцы живота.

Поясничные артерии сопровождаются поясничными венами, которые анастомозируют с восходящими поясничными венами, образуют венозное сплетение.

На правой переднебоковой поверхности L4–L5 начинается нижняя полая вена. Она формируется из общих подвздошных вен.

Левый край нижней полой вены на большем протяжении соприкасается с аортой и плотно спаян с ней. Задняя поверхность вены прилегает вначале к большой поясничной мышце, а затем к правой медиальной ножке диафрагмы. На уровне почечной артерии вена отклоняется вправо и ложится на заднюю поверхность печени в ямку нижней полой вены. Затем вена проходит через отверстие полой вены диафрагмы и в конце своего пути впадает в правое предсердие.

В общую подвздошную вену впадает подвздошно-поясничная вена, которая соединяет ее с восходящей поясничной веной. Знание анатомии подвздошно-поясничных вен позволяет избежать интраоперационных осложнений.

Левая подвздошно-поясничная вена впадает в левую общую подвздошную вену на уровне тела L5. Она представляет короткий, но довольно толстый (до 0,8 см) ствол. Рядом с этим стволом из толщи большой поясничной мышцы выходит и далее впадает в левую общую подвздошную вену еще одна или две вены, которые фиксируют общую подвздошную вену, и, чтобы сместить ее впереди и медиально, всегда нужно пересекать все три венозных ствола.

Левую общую подвздошную вену легче сместить латерально и кверху, так как стороны нижней поверхности в нее впадают две тонкие крестцовые вены, лежащие на поверхности крестца, которые свободно могут быть перевязаны.

Правая подвздошно-поясничная вена развита слабее, обычно одиночная. Она впадает в правую общую подвздошную вену несколько латеральнее и проксимальнее на 4–5 см от места впадения правой подвздошной вены в нижнюю полую.

В правую подвздошную вену впадает правая 5-я поясничная вена, которая обычно выходит из-под волокон большой поясничной мышцы в области боковой поверхности тела L5 и представляет короткий толстый ствол. Стенка вены фиброзными тяжами связана с сухожильными началами большой поясничной мышцы и телом позвонка. Выделить ее здесь без повреждения практически не представляется возможным, а при повреждении стенки вена не спадается, что может привести к обильному кровотечению.

Поясничное нервное сплетение располагается в клетчаточном пространстве впереди поперечных отростков поясничных позвонков, между большой поясничной мышцей спереди и квадратной поясничной мышцей сзади. В сагиттальной плоскости поясничное сплетение расположено в проекции середины поперечных отростков, а во фронтальной плоскости — в проекции заднебоковой поверхности тел позвонков. Сплетение легко смещается латерально.

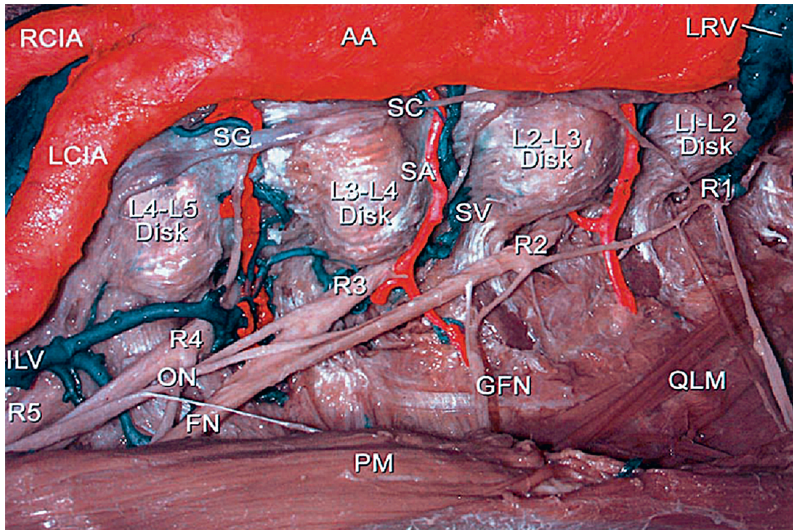
В толще поясничной мышцы расположены нервы поясничного сплетения, что важно знать при выполнении чрезмышечных доступов. Подвздошно-подчревный и подвздошно-паховые нервы, проецирующиеся в области тела L1 и частично L2, проходят кзади от большой поясничной мышцы, по передней поверхности квадратной поясничной мышцы в нижнелатеральном направлении, они не мешают при чрезмышечном подходе к телам поясничных позвонков.

В толще большой поясничной мышцы расположены: нерв половых органов и бедра, латеральный кожный нерв бедра, запирающий и бедренный нервы. Нерв половых органов в сагиттальной плоскости пересекает сзади сверху книзу и наперед тело L3 и верхнюю треть тела L4. Латеральный кожный нерв бедра проецируется в заднебоковых отделах тела L3 и частично L4. Запирающий нерв по направлению сверху вниз и сзади наперед пересекает заднебоковую поверхность тела L3, боковую поверхность тела L4 и переднебоковую поверхность тела L5. Такую же проекцию в сагиттальной плоскости имеет и бедренный нерв.

Во фронтальной плоскости нерв половых органов проходит от середины поперечного отростка L3 к верхушке поперечного отростка L4 и далее латеральнее. Латеральный кожный нерв бедра проходит в проекции от основания поперечного отростка L3 к верхушке поперечного отростка L4 и на уровне крыла подвздошной кости и выходит из-под латерального края большой поясничной мышцы. Запирающий нерв проходит параллельно продольной оси позвоночника на уровне наружных третей поперечных отростков трех нижних поясничных позвонков. Бедренный нерв проходит в проекции середины поперечного отростка L3, верхушки отростка L4 и далее латерально и книзу вдоль наружного края большой поясничной мышцы.

В глубоких слоях грудной и брюшной полостей расположен пограничный ствол, который связан с предпозвоночной фасцией. Он повторяет в сагиттальной плоскости все изгибы позвоночного столба. На уровне V крестцового позвонка левый и правый стволы сливаются.

Симпатический нервный ствол в поясничной области располагается на переднелатеральной поверхности тел позвонков в толще жировой клетчатки и связан с передней продольной связкой фиброзными тяжами. Симпатические стволы отдают большое количество ветвей кпереди, особенно слева, где они идут в толще тяжа парааортальных лимфатических узлов к сплетениям вдоль аорты. Поясничный ствол смещается кпереди и кнутри [21]. Подход к телам позвонков со стороны переднебоковой поверхности должен осуществляться между медиальным краем большой поясничной мышцы и стволом симпатического нерва (рис. 1.35).



**Рис. 1.35.** Анатомия поясничного отдела позвоночника, слева: AA — брюшная аорта; FN — бедренный нерв; GFN — нерв половых органов; ILV — пояснично-подвздошная вена; LCIA — левая общая подвздошная артерия; LRV — левая почечная вена; ON — запирающий нерв; PM — поясничная мышца; QLM — квадратная поясничная мышца; R1 — первый поясничный корешок; R2 — второй поясничный корешок; R3 — третий поясничный корешок; R4 — четвертый поясничный корешок; R5 — пятый поясничный корешок; RCIA — правая общая подвздошная артерия; SC — симпатический ствол; SG — симпатический ганглий. *Источник: Glenn Pait T. et al. Thoracic, lumbar and sacral spine anatomy for endoscopic surgery. Neurosurgery. 2002. Vol. 51. P. 67–78*

## Список литературы

1. Коновалов Н.А. Новые технологии и алгоритмы диагностики и хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника : дис. ... д-ра мед. наук. М., 2010. 387 с.
2. Лукьянов М.В. Нервно-мышечное возбуждение скелетных мышц при неврологической патологии : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1992. 38 с.
3. Луцик А.А. Грыжи межпозвонковых дисков // Нейротравматология : справочник. М. : Вазар, 1994. С. 240–241.
4. Скоромец А.А., Скоромец Т.А., Шумилина А.П. Остеохондроз дисков: новые взгляды на патогенез неврологических синдромов // Неврол. журн. 1997. № 6. С. 53–55.
5. Федин А.И. Дорсопатии (классификация и диагностика) // Атмосфера. Нервные болезни: журнал для практикующих врачей. 2002. № 2. С. 2–8.
6. Adams M.A., Bogduk N., Burton K. The Biomechanics of Back Pain. Elsevier Health Sciences, 2002.
7. Alini M., Eisenstein S.M., Ito K. et al. Are animal models useful for studying human disc disorders/degeneration? // Eur. Spine J. 2008. Vol. 17. P. 2–19.
8. Amonoo-Kuofi H.S., El-Badawi M.G., Fatani J.A. et al. Ligaments associated with lumbar intervertebral foramina. 2. The fifth lumbar level // J. Anat. 1988. Vol. 159. P. 1–10.
9. Benzel E.C. Biomechanics of Spine Stabilization: Principles and Clinical Practice. New York : McGraw-Hill, 1995.
10. Benzel E.C. Biomechanics of Spine Stabilization. 2nd ed. Rolling Meadows, IL : American Association of Neurological Surgeons, 2001.

11. Blumenkrantz N., Sylvest J., Asboe-Hansen G. Local low collagen content may allow herniation of intervertebral disc: biochemical studies // *Biochem. Med.* 1977. Vol. 18. P. 283–290.
12. Boos N., Aebi M. *Spinal Disorders: Fundamentals of Diagnosis and Treatment.* Springer, 2008.
13. Bogduk N. *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum.* Elsevier Health Sciences, 2005. 250 p.
14. Bogduk N. *Clinical and Radiological Anatomy of the Lumbar Spine.* Churchill Livingstone, 2012. 272 p.
15. Bougery J.M. *Traite complet de l'anatomie l'homme, comprenant la medecine opera-toire* / ed. J.M. Bougery. Paris : C. Delauney, 1832. P. 449–450.
16. Cimen M., Elden H. Numerical variations in human vertebral column: a case report // *Okajimas Folia Anat. Jpn* 1999. Vol. 75. P. 297–303.
17. Cohen M.S., Wall E.J., Brown R.A. et al. Cauda equina anatomy: extrathecal nerve roots and dorsal root ganglia // *Spine.* 1990. Vol. 15. P. 1248–1251.
18. Cramer G.D., Skogsbergh D.R., Bakkum B.W. et al. Evaluation of transforaminal liga-ments by magnetic resonance imaging // *J. Manipulative Physiol. Ther.* 2002. Vol. 25. P. 199–208.
19. Epstein B.S. *The Spine – a Radiological Text and Atlas.* 3rd ed. Philadelphia : Lea and Febiger, 1969.
20. Eyre D.R. Biochemistry of the intervertebral disc // *Int. Rev. Connect. Tissue Res.* 1986. Vol. 8. P. 227–229.
21. Glenn Pait T. et. al. Thoracic, lumbar and sacral spine anatomy for endoscopic sur-gery // *Neurosurgery.* 2002. Vol. 51. P. 67–78.
22. Golub B.S., Silverman B. Transforaminal ligaments of the lumbar spine // *J. Bone Joint Surg. Am.* 1969. Vol. 51. P. 947–956.
23. Hadley L.A. Constriction of the intervertebral foramen; a cause of nerve root pres-sure // *J. Am. Med. Assoc.* 1949. Vol. 140. P. 473–476.
24. Hasegawa T., Mikawa Y., Watanabe R. et al. Morphometric analysis of the lumbosacral nerve roots and dorsal root ganglia by magnetic resonance imaging // *Spine.* 1996. Vol. 21. P. 1005–1009.
25. Howe J.F., Loeser J.D., Calvin W.H. Mechanosensitivity of dorsal root ganglia and chronically injured axons: a physiological basis for the radicular pain of nerve root compression // *Pain.* 1977. Vol. 3. P. 25–41.
26. Jayson M.I. General aspects of back pain: an overview // *Back Pain, Painful Syndromes and Muscle Spasms (Current Concepts and Recent Advances)* / eds M.I. Jayson et al. Carnforth, etc. : The Parthenon Publishing Group, 1990. P. 11–15.
27. Kuofi H.S., Badawi M., Fatani J.A. Ligaments associated with lumbar intervertebral foramina // *J. Anat.* 1988. Vol. 156. P. 177–183.
28. Larmon W.A. An anatomical study of the lumbosacral region in relation to low back pain and sciatica // *Ann. Surg.* 1944. Vol. 119. P. 892–896.
29. Lee C.K., Rauschnig W., Glenn W. Lateral lumbar spinal canal stenosis: classifica-tion, pathologic anatomy and surgical decompression // *Spine (Phila Pa 1976).* 1988. Vol. 13. P. 313–320.
30. Lee D.Y., Ahn Y., Lee S.H. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for adolescent lumbar disc herniation: surgical outcomes in 46 consecutive patients // *Mt Sinai J. Med.* 2006. Vol. 73. P. 864–870.
31. Lee S., Kim S.K., Lee S.H. et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for migrated disc herniation: classification of disc migration and surgical approaches // *Eur. Spine J.* 2007. Vol. 16. P. 431–437.
32. Luque E.R. The anatomic basis and development of segmental spinal instrumenta-tion // *Spine.* 1982. Vol. 7, N 3. P. 256–259.
33. Magnuson P.B. Differential diagnosis of causes of pain in the lower back accompanied by sciatic pain // *Ann. Surg.* 1944. Vol. 119. P. 878–891.
34. Nachemson A. Lumbar spine instability. A critical update and symposium summary // *Spine (Phila Pa 1976).* 1985. Vol. 10. P. 290–291.

35. Panjabi M.M. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement // *J. Spinal Disord.* 1992. Vol. 5. P. 383–389; discussion P. 397.
36. Peacock E.E. Dynamic aspects of collagen biology, synthesis and assembly // *J. Surg. Res.* 1967. Vol. 1. P. 433–445.
37. Peretti F., Micalef J.P., Bourgeon A. et al. Biomechanics of the lumbar spinal nerve roots and the first sacral root within the intervertebral foramina // *Surg. Radiol. Anat.* 1989. Vol. 11. P. 221–225.
38. Posner I., White A.A. 3rd, Edwards W.T. et al. A biomechanical analysis of the clinical stability of the lumbar and lumbosacral spine // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1982. Vol. 7. P. 374–389.
39. Rauschnig W. Normal and pathologic anatomy of the lumbar root canals // *Spine.* 1987. Vol. 12. P. 1008–1019.
40. Rohlmann A., Zander T., Schmidt H. et al. Analysis of the influence of disc degeneration on the mechanical behaviour of a lumbar motion segment using the finite element method // *J. Biomech.* 2006. Vol. 39. P. 2484–2490.
41. Scoles P.V., Linton A.E., Latimer B. et al. Vertebral body and posterior element morphology: the normal spine in middle life // *Spine.* 1988. Vol. 13, N 10. P. 1082–1086.
42. Smith G.A., Aspden R.M., Porter R.W. Measurement of vertebral foraminal dimensions using three-dimensional computerized tomography // *Spine.* 1993. Vol. 18. P. 629–636.
43. Smith L. Enzyme dissolution of the nucleus pulposus in humanis // *JAMA.* 1964. Vol. 187, N 2. P. 137–140.
44. White A.A., Panjabi M.M. *Clinical Biomechanics of the Spine.* Philadelphia : J.B. Lippincott, 1990.
45. Wilke H.J., Claes L., Schmitt H. et al. A universal spine tester for in vitro experiments with muscle force simulation // *Eur. Spine J.* 1994. Vol. 3. P. 91–97.
46. Wilke H.J., Kettler A., Claes L.E. Are sheep spines a valid biomechanical model for human spines? // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997. Vol. 22. P. 2365–2374.
47. Wilke H.J., Kettler A., Wenger K.H. et al. Anatomy of the sheep spine and its comparison to the human spine // *Anat. Rec.* 1997. Vol. 247. P. 542–555.
48. Wilke H.J., Wolf S., Claes L.E. et al. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. A biomechanical in vitro study // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995. Vol. 20. P. 192–198.
49. Yue J.J., An H.S., McAfee P.C. et al. *Motion Preservation Surgery of the Spine.* Philadelphia : Elsevier Health Sciences, 2008.