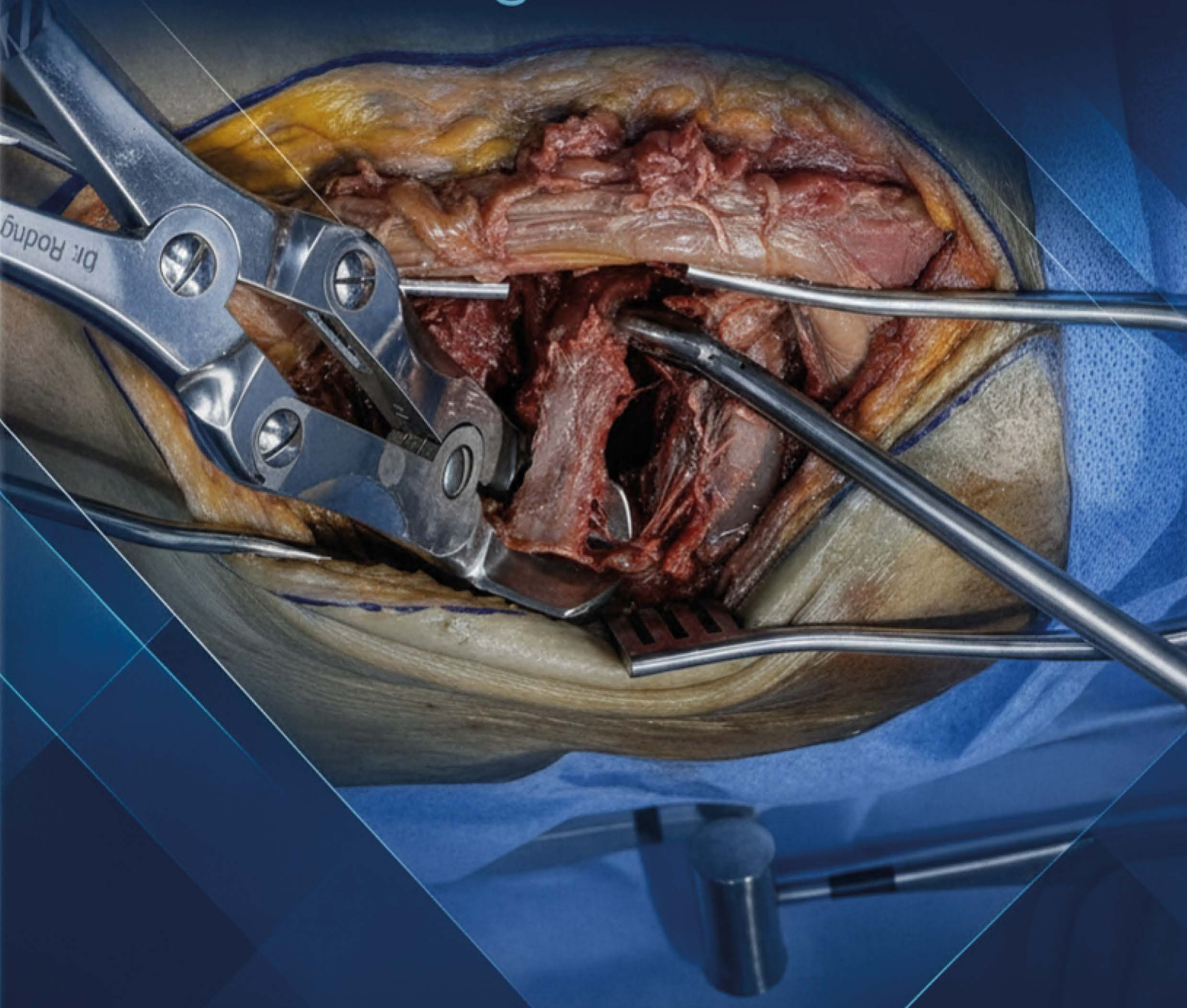
COSTOTRANSVERSECTOMIA

Da Origem à Prática



RODRIGO MIZIARA YUNES

ABORDAGEM CIRÚRGICA À COLUNA TORÁCICA

BASE ANATÔMICA E APLICAÇÕES

1ª EDIÇÃO

COSTOTRANSVERSECTOMIA

— Da Origem à Prática —

RODRIGO MIZIARA YUNES

COSTOTRANSVERSECTOMIA

— Da Origem à Prática —

FONTENELE
PUBLICAÇÕES

São Paulo - 2026

Copyright © 2026 por Rodrigo Miziara Yunes

Costotransversectomia: da origem à prática

1ª Edição
1ª tiragem – julho de 2026

Edição:
Fontenele Publicações

Revisão:
Paloma Nogueira

Diagramação:
Cristiano Marques

Capa:
Do autor

ISBN – 978-65-5871-916-8

CIP – (Cataloguing-in-Publication) – Brasil – Catalogação na Publicação
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Yunes, Rodrigo Miziara

Costotransversectomia / da origem à prática / Rodrigo Miziara Yunes. 1 ed. São Paulo, Fontenele Publicações, 2026.

160 p.; 29 cm (broch.); Il.; Color.

ISBN 978-65-5871-916-8

CDD 617.48

Índice para catálogo sistemático
1. Coluna vertebral - Cirurgia 2. Medicina 3. Neurocirurgia. I. Título

Todos os direitos reservados ao autor. Proibida sua publicação total ou em partes por qualquer meio de comunicação, sem a autorização prévia do autor.

Fontenele Publicações
Av. Paulista, 1765 - 7º Andar cj 72 cv10028 - Bela Vista - São Paulo/SP - CEP: 01311-930
Contato/WhatsApp: 11 98635-8887 / 95150-4383 / 95150-3481
contato@editorafontenele.com.br

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – SOBRE O LIVRO 13

1.1 Origem Desta Obra 13

1.2 Apresentação e Objetivos 15

1.3 A Quem Se Destina 16

1.3.1 Residentes e fellows em formação 16

1.3.2 Cirurgiões de coluna em prática clínica 16

1.3.3 Especialistas em áreas correlatas 17

1.3.4 Estudantes de medicina com interesse em cirurgia de coluna 17

1.4 Como Utilizar o Livro 17

1.4.1 Sequência dos capítulos 17

1.4.2 Recomendações de leitura 19

1.4.3 Convenções editoriais 19

1.5 Limites Desta Obra 20

1.6 Metodologia e Base Bibliográfica 21

1.7 Convite ao Leitor 21

1.8 Agradecimentos 22

CAPÍTULO 2 – BREVE HISTÓRICO DA COSTOTRANSVERSECTOMIA 25

2.1 Introdução 25

2.2 O Contexto Histórico: Percivall Pott e a Tuberculose Vertebral 25

2.3 Victor Ménard e o Nascimento da Costotransversectomia (1894) 26

2.4 A Difusão no Início do Século XX 27

2.5 Norman Capener e a Evolução para a Racotomia Lateral (1954) 28

2.6 Hulme e a Aplicação às Hérnias de Disco Torácicas (1960) 28

2.7 Sanford Larson e a Abordagem Extracavitária Lateral (1976) 29

2.8 A Era Moderna: Refinamentos Técnicos e Cirurgia Minimamente Invasiva 30

2.9 Considerações 31

CAPÍTULO 3 – INDICAÇÕES DA COSTOTRANSVERSECTOMIA 33
3.1 Introdução 33
3.2 Panorama Geral das Indicações 34
3.3 Hérnias de Disco Torácicas 34
3.3.1 Hérnias laterais e paracentrais 35
3.3.2 Hérnias calcificadas 35
3.3.3 Considerações sobre o nível 35
3.4 Tumores Vertebrais 36
3.4.1 Metástases vertebrais e MESCC 36
3.4.2 Tumores primários da coluna torácica 37
3.4.3 Biópsia vertebral 37
3.5 Infecções da Coluna Torácica 37
3.5.1 Espondilodiscite piogênica 38
3.5.2 Tuberculose vertebral (mal de Pott) 38
3.5.3 Abscessos epidurais isolados 38
3.6 Fraturas e Trauma Torácico 38
3.7 Correção Cirúrgica de Deformidades 39
3.7.1 Cifose de Scheuermann e cifoses estruturais 40
3.7.2 Escolioses rígidas e soltura discal anterior via posterior 41
3.7.3 Deformidades congênitas: hemivertebrectomia e ressecção vertebral 41
3.7.4 Cifoses angulares pós-infecciosas e pós-traumáticas 42
3.8 Indicações Adicionais e Situações Especiais 42
3.9 Contraindicações Relativas e Absolutas 43
3.9.1 Contraindicações absolutas 43
3.9.2 Contraindicações relativas 44
3.10 Considerações 44

CAPÍTULO 4 – COMPLICAÇÕES DA COSTOTRANSVERSECTOMIA 47
4.1 Introdução 47
4.2 Complicações Intraoperatórias 48
4.2.1 Lesão pleural e pneumotórax 48
4.2.2 Lesão medular e alterações neurofisiológicas 49
4.2.3 Lesão dural e fístula liquórica intraoperatória.....50
4.2.4 Lesão vascular 51
4.2.5 Lesão do nervo intercostal 51
4.2.6 Lesão da cadeia simpática.....52
4.2.7 Lesão do ducto torácico e quilotórax pós-operatório.....52
4.3 Complicações Pós-Operatórias Imediatas 54
4.3.1 Fístula liquórica e pseudomeningocele.....54
4.3.2 Complicações pulmonares.....55
4.3.3 Infecção da ferida operatória.....55
4.3.4 Hematoma epidural pós-operatório.....56
4.3.5 Outras complicações clínicas.....56
4.4 Complicações Tardias 57
4.4.1 Instabilidade segmentar e cifose pós-operatória 57
4.4.2 Dor crônica e neuralgia intercostal.....58
4.4.3 Pseudoartrose.....59
4.4.4 Falha da instrumentação.....59
4.4.5 Síndrome da junção adjacente.....60
4.5 Comparação com Outras Abordagens 60
4.6 Estratégias Gerais para Redução de Complicações 61
4.7 Considerações.....62

CAPÍTULO 5 – ANATOMIA APLICADA.....65
5.1 Introdução 65
5.2 Anatomia Geral da Vértebra Torácica.....65
5.2.1 Vértebras atípicas.....66

5.3 As Articulações Costovertebral e Costotransversária....66
5.3.1 Articulação costovertebral (costocorporal)....67
5.3.2 Articulação costotransversária....67
5.3.3 O complexo pedículo-costela....68
5.3.4 O complexo pedículo-facetas....68
5.4 Musculatura Paravertebral....69
5.4.1 Musculatura extrínseca....69
5.4.2 Musculatura intrínseca (paravertebral profunda)....70
5.5 Relações Pleurais e Pulmonares....70
5.6 Suprimento Vascular da Medula Espinhal Torácica....71
5.6.1 A artéria espinhal anterior e o suprimento arterial longitudinal....71
5.6.2 Artéria de Adamkiewicz....71
5.7 Drenagem Linfática da Coluna Torácica....73
5.7.1 Ducto torácico: anatomia e curso....73
5.7.2 Implicações para a costotransversectomia....74
5.7.3 Reconhecimento intraoperatório e quilotórax....75
5.7.4 Drenagem linfática vertebral segmentar....76
5.8 Nervos Intercostais e Cadeia Simpática....76
5.8.1 Nervo intercostal....76
5.8.2 Cadeia simpática torácica....77
5.9 Particularidades Anatômicas por Segmento....77
5.9.1 Zona torácica alta (T1-T4)....77
5.9.2 Zona torácica média (T5-T10)....78
5.9.3 Transição toracolombar (T11-L1)....79
5.10 Pontos de Referência Cirúrgicos....81
5.11 Considerações....82

CAPÍTULO 6 – DESCRIÇÃO DA TÉCNICA CIRÚRGICA....85
6.1 Introdução....85
6.2 Planejamento Pré-Operatório....85

6.2.1 Avaliação clínica e multidisciplinar *86*
6.2.2 Estudos de imagem *86*
6.2.3 Planejamento técnico *87*
6.3 Posicionamento do Paciente 87
6.3.1 Decúbito ventral *87*
6.3.2 Decúbito lateral oblíquo *88*
6.4 Anestesia e Monitorização Intraoperatória 88
6.5 Incisão e Exposição Inicial 89
6.5.1 Incisão mediana *89*
6.5.2 Incisão paraespinhal *90*
6.5.3 Exposição muscular: dissecção em dois planos anatômicos *90*
6.6 Instrumentação Posterior com Parafusos Pediculares Torácicos 95
6.6.1 Princípios e indicações da instrumentação prévia *95*
6.6.2 Anatomia morfométrica dos pedículos torácicos *96*
6.6.3 Técnica free-hand de colocação de parafusos pediculares torácicos *100*
6.6.4 Técnica transcostovertebral (extrapedicular, in-out-in) — alternativa em pedículos estreitos *108*
6.7 A Costotransversectomia Propriamente Dita 111
6.7.1 Identificação e exposição do processo transverso e da costela *111*
6.7.2 Ressecção do processo transverso *113*
6.7.3 Ressecção da costela *113*
6.7.4 Identificação do pedículo e do forame *114*
6.7.5 Estratégia de ressecção costal: uma ou duas costelas? *114*
6.7.6 Pediculectomia (quando indicada) *117*
6.8 Descompressão Medular 117
6.8.1 Descompressão para hérnia de disco torácica *117*
6.8.2 Descompressão para tumor, infecção e fratura *118*
6.9 Reconstrução da Coluna Anterior 119
6.9.1 Cages expansíveis *119*

6.9.2 Enxerto ósseo estrutural 120

6.9.3 Cimento (PMMA)..... 120

6.10 Finalização da Instrumentação Posterior 120

6.11 Manejo do Leito de Ressecção Costal e Fechamento 120

6.11.1 O leito de ressecção costal: reconstruir ou não reconstruir..... 121

6.11.2 Critérios objetivos para indicação de reconstrução..... 122

6.11.3 Técnica de reconstrução quando indicada..... 122

6.11.4 Uso inteligente da costela ressecada como enxerto autólogo 123

6.11.5 Flail chest e herniação pulmonar: riscos quase ausentes na costotransversectomia padrão 124

6.11.6 Fechamento por planos anatômicos 125

6.12 Cuidados Pós-Operatórios Imediatos..... 126

6.13 Variantes Técnicas e Adaptações 127

6.13.1 Costotransversectomia minimamente invasiva 127

6.13.2 Costotransversectomia bilateral (para PSO)..... 127

6.13.3 Costotransversectomia ampliada (extracavitária lateral)..... 127

6.13.4 Adaptações por segmento..... 128

6.14 Pontos Práticos e Dicas Técnicas 128

6.15 Considerações 129

CAPÍTULO 7 – DESCRIÇÃO ILUSTRADA DA TÉCNICA 133

7.1 Introdução 133

7.2 Posicionamento da Peça e Marcação..... 134

7.3 Incisão de Pele 135

7.4 Dissecção do Plano Miocutâneo Superficial..... 136

7.5 Separação do Eretor da Espinha — Plano Muscular Profundo..... 137

7.6 Rebatimento do Bloco Muscular Paravertebral 139

7.7 Identificação e Separação dos Músculos Intercostais 140

7.9 Desarticulação da Cabeça da Costela..... 142

7.10 Costectomia — Corte Distal e Remoção..... 144

7.11 Identificação do Feixe Vasculonervoso Segmentar 145
7.13 Pediculectomia ampliada 147
7.14 Discectomias Adjacentes 148
7.15 Corpectomia 149
7.16 Síntese Didática da Sequência 151

CAPÍTULO 8 – SOBRE O AUTOR 153
8.1 Origens — A Influência Paterna 153
8.2 Formação Acadêmica — A Monitoria de Anatomia 154
8.3 Trajetória Profissional — A Aplicação do Conhecimento Anatômico 157
8.4 A Materialização de uma Trajetória 157
8.5 Dedicatória Final 158

CAPÍTULO 1

SOBRE O LIVRO

Esta obra é o testamento de uma vida.

1.1 Origem Desta Obra

Este livro reflete vinte anos de dedicação e estudo à cirurgia da coluna vertebral. É uma obra que nasceu não de um projeto editorial planejado, mas de uma trajetória pessoal de formação, prática e ensino — e que, ao final desse percurso, encontrou na costotransversectomia o tema que melhor sintetiza tudo o que aprendi sobre a arte e a ciência de operar a coluna.

Antes de prosseguir, é preciso declarar um princípio pessoal que atravessa esta obra. Minha definição de paixão é simples: “paixão é ver beleza onde só existe feiura”. É enxergar harmonia onde os outros só veem dificuldade, elegância onde só se reconhece agressão, lógica onde parece haver apenas caos. Quando olho para uma costotransversectomia — procedimento que muitos consideram tecnicamente árduo, demorado, visualmente intimidador — vejo beleza. Vejo a coerência anatômica de um acesso que resolve, em um único gesto, problemas que outras vias só tratam em partes. Vejo a elegância de uma via posterior que alcança a coluna anterior sem violar cavidades, sem pedir ajuda, sem multiplicar morbidades. Vejo a harmonia de uma técnica que respeita simultaneamente a pleura, a medula, os vasos segmentares e a estática da coluna. Acho a costotransversectomia, sinceramente, uma cirurgia linda. E é exatamente porque a acho linda que sou apaixonado por ela — e é essa paixão que alimentou, ao longo de duas décadas, o estudo, a prática e o ensino que culminaram neste livro.

A primeira vez que vi uma costotransversectomia foi durante minha residência médica, no segundo ano de formação. A impressão foi profunda — um verdadeiro fascínio. Em uma única abordagem, vi um cirurgião acessar com segurança e elegância as três dimensões da coluna torácica: as estruturas posteriores, as paredes laterais e o aspecto anterior do canal medular e do corpo vertebral. A versatilidade da

técnica impressionou-me de imediato. Onde outras vias exigiam toracotomia, segundo cirurgião e morbidade significativa, a costotransversectomia oferecia ao cirurgião de coluna autonomia completa para tratar lesões em toda a extensão da coluna torácica — anteriores, posteriores e laterais — por meio de um único acesso, em uma única posição cirúrgica, com uma única equipe.

Esse encontro inicial moldou minha trajetória de formação. Ao longo dos anos seguintes, dediquei-me intensamente ao estudo da anatomia aplicada da coluna vertebral — não como disciplina abstrata, mas como fundamento do gesto cirúrgico. Esse estudo anatômico foi a porta intelectual que me abriu o domínio dos acessos posterolaterais à coluna, primeiro na região lombar e depois na torácica. Tornei-me, ao longo do tempo, dedicado especialmente a duas técnicas que considero centrais à cirurgia espinhal: a fusão intersomática lombar transforaminal (TLIF) na coluna lombar e a costotransversectomia na coluna torácica.

É minha convicção firme — e ouso afirmar como princípio — que o cirurgião espinhal completo deve dominar com segurança e fluência os acessos posterolaterais, tanto na região lombar quanto na torácica. Em minha leitura, a costotransversectomia para a coluna torácica é análoga ao TLIF para a coluna lombar: ambas representam a via posterolateral por excelência de seu segmento, ambas conferem ao cirurgião acesso simultâneo às colunas anterior e posterior, ambas evitam abordagens combinadas anteriores ou auxílio de outras especialidades, e ambas constituem instrumentos cirúrgicos de versatilidade incomparável. Por essa razão, sustento que todo cirurgião que se intitula espinhal deve dominar essas duas vias — elas são, em meu entendimento, a chave para qualquer cirurgia vertebral de excelência.

Esta obra é, portanto, o testamento desses vinte anos de prática e estudo dedicados à cirurgia espinhal. Reúne, em um único lugar, o que aprendi com mestres na sala cirúrgica, o que extraí de centenas de horas de leitura da literatura internacional, o que refinei ao longo de muitas centenas de operações realizadas — e, sobretudo, o que pude consolidar como princípios técnicos e anatômicos confiáveis. Em suas páginas estão relatos da minha experiência clínica direta, sintetizados ao lado de uma compilação criteriosa dos trabalhos científicos que serviram de base à minha formação na técnica.

Para a redação desta obra, utilizei ferramentas contemporâneas de inteligência artificial como auxílio editorial — para organizar conteúdos, sistematizar buscas bibliográficas, estruturar capítulos e refinar a linguagem. O conteúdo técnico, as decisões editoriais, as opiniões clínicas, a interpretação da literatura e a experiência cirúrgica relatada são, todos, integralmente meus, fruto direto da minha trajetória profissional. A inteligência artificial serviu como ferramenta de produtividade — análoga ao processador de texto, ao gerenciador de referências ou ao corretor ortográfico —, jamais como fonte de autoridade técnica ou de criação intelectual independente. O leitor encontra aqui, portanto, minha voz, minha experiência e minhas convicções, articuladas com o auxílio de instrumentos modernos de redação e, sobretudo, a prova material da minha paixão pela cirurgia espinhal.

1.2 Apresentação e Objetivos

Esta obra propõe-se a apresentar a costotransversectomia em todas as suas dimensões relevantes: histórica, anatômica, clínica, técnica e crítica. Não pretende ser um manual superficial nem um tratado exaustivo, mas uma obra de referência equilibrada — suficientemente profunda para apoiar o cirurgião experiente em suas decisões cotidianas, e suficientemente didática para servir de guia ao residente em formação e ao especialista em início de carreira.

Os objetivos específicos desta obra são os seguintes:

- Sistematizar a história da costotransversectomia, situando-a em seu contexto evolutivo e reconhecendo as contribuições dos cirurgiões clássicos que a moldaram;
- Apresentar com rigor as indicações contemporâneas da técnica — desde as aplicações clássicas (hérnias, tumores, infecções, trauma) até as mais recentes, como a correção de deformidades pela osteotomia de subtração pedicular bilateral e a soltura discal anterior por via posterior única;
- Discutir abertamente as complicações possíveis e suas estratégias de prevenção e manejo, com base na literatura mais atualizada;
- Detalhar a anatomia aplicada da coluna torácica, com ênfase nas relações críticas — pleura, medula, artéria de Adamkiewicz, ducto torácico, cadeia

simpática — e nas particularidades de cada segmento (torácico alto, médio e transição toracolombar);

- Descrever a técnica cirúrgica passo a passo, incluindo o posicionamento, a dissecção muscular em dois planos anatômicos preconizada pelo autor, a ressecção óssea, a descompressão, a reconstrução e a instrumentação posterior por parafusos pediculares pela técnica free-hand;
- Ilustrar visualmente a técnica por meio de atlas fotográfico em dissecção cadavérica realizada pelo autor, com demonstração passo a passo dos tempos cirúrgicos, identificação das estruturas anatômicas pertinentes e legendas que articulam cada achado com o princípio técnico discutido no texto.

1.3 A Quem Se Destina

Esta obra foi pensada para um público amplo, porém bem definido, dentro da comunidade cirúrgica que lida com a coluna vertebral.

1.3.1 Residentes e fellows em formação

Aos médicos em formação em neurocirurgia, ortopedia com ênfase em cirurgia de coluna, este livro oferece uma introdução estruturada à técnica. Os capítulos sobre história, indicações e complicações fornecem o arcabouço conceitual necessário para compreender o papel da costotransversectomia no arsenal cirúrgico moderno. Os capítulos de anatomia aplicada e de descrição da técnica servem como material de estudo para as primeiras exposições práticas — seja em sala cirúrgica, seja em laboratório cadavérico. Espero que o leitor jovem encontre nestas páginas o mesmo fascínio que senti ao presenciar minha primeira costotransversectomia.

1.3.2 Cirurgiões de coluna em prática clínica

Ao neurocirurgião, ortopedista e cirurgião de coluna em atividade, o livro serve como referência de consulta — para o planejamento de um caso específico, para revisão de detalhes anatômicos antes de uma cirurgia complexa, para comparar a própria técnica com variantes descritas na literatura, ou para obter argumentos

baseados em evidência durante a discussão multidisciplinar de casos. Os pontos práticos e dicas técnicas distribuídos ao final dos capítulos foram pensados para essa consulta pontual e direta.

1.3.3 Especialistas em áreas correlatas

Anestesiologistas envolvidos em cirurgia de coluna torácica, neurofisiologistas responsáveis pela monitorização intraoperatória, fisioterapeutas que atuam na reabilitação pós-operatória, enfermeiros do centro cirúrgico e da unidade de terapia intensiva, cirurgiões torácicos convocados como apoio em casos complexos — todos esses profissionais podem beneficiar-se da leitura seletiva de capítulos específicos, notadamente os de anatomia aplicada, complicações e descrição da técnica.

1.3.4 Estudantes de medicina com interesse em cirurgia de coluna

Para o estudante avançado de medicina com interesse precoce pela cirurgia de coluna, este livro pode servir como primeira imersão técnica após o estudo da anatomia básica. Embora não substitua os textos gerais de anatomia e de cirurgia, oferece uma visão integrada de como o conhecimento anatômico se traduz em decisão e em gesto cirúrgico real.

1.4 Como Utilizar o Livro

A obra foi organizada em oito capítulos, cada um com estrutura interna consistente: introdução contextualizadora, desenvolvimento sistematizado por seções e subseções, pontos práticos ou considerações finais, e lista de referências bibliográficas. Os capítulos seguem uma sequência lógica que reflete o percurso natural do cirurgião ao preparar-se para a técnica.

1.4.1 Sequência dos capítulos

Capítulo 1 — Sobre o livro: o presente capítulo, dedicado à apresentação da obra, sua origem, seus objetivos, seu público-alvo e sua organização.

Capítulo 2 — Breve histórico da costotransversectomia: percorre a evolução da técnica desde a descrição original de Ménard em 1894, passando pelas contribuições de Capener (1954), Hulme (1960) e Larson (1976), até as adaptações minimamente invasivas contemporâneas. Recomenda-se como leitura introdutória por contextualizar todas as discussões técnicas subsequentes.

Capítulo 3 — Indicações da costotransversectomia: sistematiza as seis grandes categorias de aplicação da técnica — hérnias discais, tumores (primários e metastáticos), infecções, trauma, deformidades e biópsias —, além de apresentar suas contraindicações absolutas e relativas e os segmentos aplicáveis por nível vertebral.

Capítulo 4 — Complicações: discute com franqueza as complicações intraoperatórias, pós-operatórias imediatas e tardias, incluindo taxas reportadas na literatura contemporânea, mecanismos fisiopatológicos, estratégias de prevenção e manejo. Atenção especial é dedicada à lesão pleural, à lesão medular, à lesão dural, à lesão vascular, à lesão do ducto torácico (quilotórax), à neuralgia intercostal e às complicações de instrumentação.

Capítulo 5 — Anatomia aplicada: apresenta a anatomia aplicada da coluna torácica sob a perspectiva do cirurgião que realiza a costotransversectomia. Cobre a anatomia vertebral típica e atípica, as articulações costovertebral e costotransversária, o complexo pedículo-costela, a musculatura paravertebral, as relações pleurais, o suprimento vascular medular (com seção dedicada à artéria de Adamkiewicz), a drenagem linfática (com ênfase no ducto torácico), os nervos intercostais e a cadeia simpática. Uma seção específica discute as particularidades anatômicas por segmento — torácico alto, médio e transição toracolombar.

Capítulo 6 — Descrição da técnica cirúrgica: detalha o procedimento passo a passo — do planejamento pré-operatório ao fechamento e cuidados pós-operatórios imediatos —, incluindo o posicionamento do paciente, a anestesia e monitorização, a dissecção muscular em dois planos anatômicos (técnica preferida do autor), a ressecção óssea progressiva, a descompressão medular pela técnica do *push-back*, a reconstrução da coluna anterior e a instrumentação posterior por parafusos pediculares torácicos pela técnica *free-hand*, com tabela de ângulos pediculares por zona anatômica. São também apresentadas variantes técnicas (minimamente invasiva, bilateral para PSO, extracavitária lateral).

Capítulo 7 — Descrição ilustrada da técnica: apresenta demonstração fotográfica passo a passo da costotransversectomia realizada em dissecção cadavérica pelo autor, servindo como atlas visual que complementa a descrição em prosa do Capítulo 6. Cada imagem é acompanhada de legenda descritiva que identifica as estruturas anatômicas e os princípios técnicos, fornecendo ao leitor uma referência didática integrada.

Capítulo 8 — Sobre o autor: apresenta brevemente a trajetória profissional do autor e sua filosofia de prática clínica e cirúrgica.

1.4.2 Recomendações de leitura

Embora a leitura integral e sequencial seja o caminho natural, o livro admite itinerários alternativos de forma linear ou modular, conforme o interesse imediato do leitor:

- Para o cirurgião que se prepara para um caso específico: consultar o Capítulo 3 (indicações do segmento específico), o Capítulo 5 (anatomia do nível de interesse, especialmente a seção de particularidades por segmento) e o Capítulo 6 (técnica);
- Para discussão multidisciplinar de caso complexo: Capítulos 3 e 4 oferecem a base para argumentar sobre indicação e risco;
- Para estudo antes de cirurgia experimental em cadáver: Capítulos 5 e 6 são as principais referências;
- Para revisão histórico-conceitual: Capítulo 2 pode ser lido de forma independente;
- Para estudo visual integrado da técnica: Capítulos 6 e 7 lidos em conjunto, articulando a descrição em prosa dos tempos cirúrgicos com sua correspondência fotográfica na dissecção cadavérica.

1.4.3 Convenções editoriais

Algumas convenções adotadas ao longo da obra merecem ser sinalizadas ao leitor. Os termos técnicos em inglês amplamente consagrados (por exemplo, *push-back technique, separation surgery, burst fracture, free-hand*) são mantidos em itálico,

sempre que possível acompanhados de tradução ou explicação breve na primeira ocorrência. As siglas em inglês também consagradas na literatura internacional (PSO, VCR, MESCC, LECA, TLIF, XLIF, OLIF) são utilizadas após apresentação por extenso. As referências bibliográficas seguem o estilo Vancouver modificado, ao final de cada capítulo. Os pontos práticos e dicas técnicas — condensados ao final do Capítulo 6 — sintetizam os aprendizados da obra em formato de consulta rápida.

1.5 Limites Desta Obra

É importante reconhecer desde o início os limites desta obra. Primeiro, este livro não é um tratado exaustivo de cirurgia de coluna torácica — foca especificamente na costotransversectomia e suas variantes, com menção comparativa às outras abordagens quando relevante. Para uma visão panorâmica da cirurgia de coluna torácica, o leitor deve complementar esta obra com os tratados gerais consagrados na especialidade.

Segundo, este não é um manual de cirurgia minimamente invasiva. Embora as variantes minimamente invasivas da costotransversectomia sejam discutidas no Capítulo 6, a técnica aberta clássica recebe o tratamento principal, por ser a forma sobre a qual repousa a maior parte da literatura disponível e da prática cirúrgica mundial — e por ser, em minha experiência, a base sobre a qual qualquer variante minimamente invasiva precisa ser construída.

Terceiro, o texto reflete a experiência clínica e o estilo cirúrgico do autor. Outros cirurgiões, em outras escolas de formação, adotam legitimamente variações técnicas — na abordagem muscular, na extensão da ressecção costal, na escolha de implantes, no manejo do pós-operatório. Nenhuma dessas variantes é necessariamente inferior; cada cirurgião deve, em última análise, adaptar os princípios apresentados à sua prática, à sua equipe e à realidade do seu hospital. O que apresento aqui é o que aprendi a fazer, o que executo no meu dia a dia e o que ensino aos meus colegas próximos.

Quarto, a medicina evolui continuamente. As recomendações apresentadas refletem o estado da arte no momento da redação da obra. O leitor deve manter-se

atualizado por meio da literatura científica corrente, dos congressos da especialidade e do diálogo com pares.

1.6 Metodologia e Base Bibliográfica

A redação desta obra baseou-se em três fontes complementares. A primeira — e mais importante — é a experiência clínica e cirúrgica acumulada ao longo de vinte anos de dedicação à cirurgia de coluna, com volume substancial de costotransversectomias realizadas em diferentes contextos.

A segunda fonte é a revisão sistemática da literatura médica internacional, com ênfase nas publicações dos últimos vinte anos, mas sem desprezar as contribuições históricas clássicas. Cada capítulo inclui sua própria lista de referências, permitindo ao leitor aprofundar-se nos temas de seu interesse.

A terceira fonte é o diálogo com colegas cirurgiões, residentes e profissionais de áreas correlatas, cujos questionamentos, críticas e sugestões ao longo dos anos ajudaram a moldar a forma final destes textos. A obra é, nesse sentido, fruto coletivo de muitas conversas.

Como já mencionado na seção de origem, o processo de redação foi assistido por ferramentas contemporâneas de inteligência artificial, utilizadas como auxílio à produtividade editorial — para sistematização de buscas bibliográficas, organização do material, refinamento de linguagem e estruturação dos capítulos.

1.7 Convite ao Leitor

Cirurgia é, antes de tudo, um exercício de humildade diante da complexidade do corpo humano e de responsabilidade diante da confiança depositada pelo paciente. A costotransversectomia, pelos desafios anatômicos e pelas consequências de um erro técnico, exige mais humildade e mais responsabilidade do que a maioria dos procedimentos de coluna. Este livro convida o leitor a encarar a técnica com o rigor que ela merece — estudando a anatomia até a dominar, respeitando as indicações e contraindicações, antecipando as complicações possíveis, executando cada passo técnico com a precisão que o gesto exige.

Não há atalho na formação do bom cirurgião de coluna. O conhecimento apresentado neste livro não substitui o aprendizado ao lado do cirurgião experiente, nem a prática em cadáver, nem os primeiros casos operados sob supervisão. Mas pretende ser um companheiro confiável ao longo desse percurso — um texto ao qual o leitor possa recorrer antes de cada cirurgia, e ao qual possa voltar, anos depois, para reconhecer quanto aprendeu e quanto ainda resta a aprender.

Que este livro sirva não apenas como guia técnico, mas como estímulo ao estudo contínuo, à reflexão crítica sobre a própria prática e, sobretudo, à dedicação ao bem do paciente — razão última e única de toda a nossa arte.

1.8 Agradecimentos

Um livro técnico nunca é obra de um autor isolado. Esta obra não existiria sem o trabalho de tantos que a precederam — dos cirurgiões pioneiros cujas contribuições históricas são descritas no Capítulo 2, dos autores contemporâneos cujas publicações estão referenciadas ao longo do texto. A todos eles, devo o arcabouço conceitual que aqui se organiza.

Especial reconhecimento é devido aos mestres com quem tive o privilégio de aprender a técnica — cirurgiões cuja paciência em ensinar, rigor na execução e generosidade em compartilhar seu conhecimento foram decisivos em minha formação. Foi assistindo a esses mestres operar, ouvindo suas explicações, repetindo seus gestos, e finalmente operando ao seu lado, que aprendi o que hoje procuro transmitir.

Aos residentes, colegas com quem convivi ao longo dos anos — pelos questionamentos persistentes que me obrigaram a estudar mais profundamente, pelas discussões de caso que afinaram meu raciocínio clínico, e pela confiança que depositaram em mim como referência. Ensinar é, talvez, a forma mais exigente de aprender.

Aos pacientes — sempre os pacientes —, que confiaram seus corpos, suas vidas e suas esperanças aos meus cuidados ao longo destes vinte anos de atuação. Cada cirurgia realizada foi também uma oportunidade de aprendizado; cada complicação, uma lição; cada bom resultado, uma confirmação dos princípios aqui defendidos. A eles, e aos seus familiares, dedico este livro.

Aos anônimos — talvez os mestres mais silenciosos de toda a minha formação. Refiro-me aos corpos doados ao estudo da anatomia humana, sobre os quais tive o privilégio de aprender em laboratório ao longo desta jornada. Cada dissecção foi um diálogo silencioso com aqueles que, mesmo após o término da vida, ainda me ensinaram. Há algo de profundamente único — e de profundamente humano — nessa situação em que os mortos ensinam os vivos: o cirurgião que se debruça sobre o cadáver para compreender o trajeto de um nervo, a relação de um vaso ou a configuração de uma articulação está, na verdade, recebendo uma última lição daquele que ali repousa. A cada gesto na sala cirúrgica em que um paciente vivo se beneficia de um movimento aprendido em laboratório, há um doador anônimo a quem devemos reconhecimento. A esses mestres silenciosos e às suas famílias que possibilitaram a doação, manifesto aqui minha eterna gratidão.

RODRIGO MIZIARA YUNES
AUTOR

CAPÍTULO 2

BREVE HISTÓRICO DA COSTOTRANSVERSECTOMIA

Conhecer o passado é condição indispensável para compreender o presente e inovar com responsabilidade no futuro.

2.1 Introdução

A costotransversectomia ocupa um lugar de destaque na história da cirurgia da coluna vertebral. Descrita pela primeira vez no final do século XIX, ela representou uma verdadeira revolução no tratamento cirúrgico das afecções da coluna torácica, inaugurando o conceito de abordagem posterolateral à coluna — um paradigma até então impensável diante da hegemonia da laminectomia.

Compreender a trajetória histórica desta técnica é fundamental não apenas por uma questão de erudição, mas porque cada modificação introduzida ao longo de mais de um século respondeu a uma limitação clínica concreta: a necessidade de descomprimir a medula espinhal sem a manipular, de acessar a face anterior do canal vertebral torácico com segurança e de minimizar a morbidade de abordagens cada vez mais complexas. A costotransversectomia é, portanto, a matriz a partir da qual derivaram abordagens modernas como a racotomia lateral, a abordagem extracavitária lateral, a transpedicular e, mais recentemente, as técnicas minimamente invasivas[11,12].

Neste capítulo, percorreremos cronologicamente os principais marcos históricos desta técnica, desde suas origens no contexto do tratamento do mal de Pott, passando pelas contribuições dos cirurgiões clássicos do século XX, até as adaptações contemporâneas na era da cirurgia minimamente invasiva e da navegação assistida por imagem.

2.2 O Contexto Histórico: Percivall Pott e a Tuberculose Vertebral

A história da costotransversectomia está intimamente ligada ao tratamento da tuberculose vertebral, doença que, até meados do século XX, representava uma das

principais causas de paraplegia no mundo. Em 1779, o cirurgião inglês Percivall Pott publicou sua clássica obra *Remarks on That Kind of Palsy of the Lower Limbs, Which Is Frequently Found to Accompany a Curvature of the Spine*[1], na qual descreveu a tríade clínica que mais tarde seria associada à tuberculose vertebral: déficit neurológico, deformidade cifótica e abscesso paravertebral. Vale destacar que, na época da publicação, a etiologia tuberculosa da doença ainda era desconhecida — o *Mycobacterium tuberculosis* só seria identificado por Robert Koch um século depois, em 1882. Ainda assim, a precisão da descrição clínica de Pott consagrou seu nome à entidade, que passou a ser conhecida como *mal de Pott*.

Pott observou empiricamente que pacientes cujos abscessos paravertebrais drenavam espontaneamente apresentavam melhora da função dos membros inferiores. Essa observação simples, mas seminal, lançou a base conceitual para o tratamento cirúrgico da doença: a drenagem do abscesso como forma de aliviar a compressão medular. Entretanto, por quase um século após a descrição de Pott, o tratamento permaneceu essencialmente conservador, uma vez que a ausência de antibioticoterapia, a alta mortalidade cirúrgica e a limitação dos conhecimentos anatômicos tornavam qualquer abordagem direta da coluna um empreendimento temerário.

Nesse cenário, a única alternativa cirúrgica disponível era a laminectomia, procedimento popularizado ao longo do século XIX, mas que se mostrou desastroso no tratamento da compressão medular anterior. A laminectomia exigia manipulação direta da medula já comprometida e, ao remover os elementos posteriores, acentuava a instabilidade e a cifose progressiva — com resultados frequentemente piores que o tratamento conservador.

2.3 Victor Ménard e o Nascimento da Costotransversectomia (1894)

Foi nesse contexto que, em 1894, o cirurgião francês Victor Auguste Ménard publicou, na *Revue d'Orthopédie*, seu trabalho seminal intitulado *Causes de la paraplégie dans le mal de Pott, son traitement chirurgical par l'ouverture directe du foyer tuberculeux des vertèbres*[2]. Nesse artigo, Ménard descreveu pela primeira vez uma via de acesso radicalmente distinta da laminectomia tradicional, à qual denominou *costotransversectomia*.

A proposta de Ménard era engenhosa e respondia diretamente ao grande problema clínico da época: como drenar os abscessos tuberculosos paravertebrais e descomprimir a medula sem manipulá-la diretamente e sem violar os ligamentos posteriores, cuja integridade era compreendida como fundamental para a estabilidade vertebral. A solução encontrada foi aproximar-se da coluna torácica por via posterolateral, ressecando um segmento da costela e o processo transverso correspondente, criando assim um corredor cirúrgico que permitia acessar o corpo vertebral e o espaço paravertebral sem comprometer os elementos posteriores da coluna nem requerer a retração da medula. Em sua monografia subsequente[3], Ménard consolidou e ampliou esses princípios técnicos.

Embora a técnica original de Ménard tenha sido concebida essencialmente como uma via de drenagem — e não como uma descompressão estrutural completa —, ela representou um marco conceitual de extraordinária importância: pela primeira vez, cirurgiões podiam acessar a coluna torácica por uma via diferente da laminectomia, preservando a estabilidade dos elementos posteriores e evitando a manipulação direta da medula. Esse princípio tornou-se a pedra fundamental de todas as abordagens posterolaterais modernas à coluna torácica.

Apesar de sua genialidade conceitual, a técnica original apresentava limitações importantes. Como a drenagem do abscesso não era associada à reconstrução da coluna anterior, os pacientes frequentemente apresentavam recidiva dos sintomas e progressão da cifose. Ainda assim, a difusão do procedimento foi rápida: a costotransversectomia tornou-se, no início do século XX, uma das principais armas cirúrgicas contra o mal de Pott em todo o mundo ocidental.

2.4 A Difusão no Início do Século XX

A costotransversectomia rapidamente transpôs as fronteiras da França. Nos Estados Unidos, registra-se que o próprio Harvey Cushing, durante sua residência no Johns Hopkins Hospital, utilizou a abordagem de Ménard para tratar pacientes com mal de Pott[13]. Em um caso documentado no final da década de 1890, poucos anos após a descrição original da técnica, Cushing empregou a costotransversectomia para drenar um abscesso psoas e desbridar corpos vertebrais necróticos em T9 e T10 de um paciente jovem, demonstrando a rápida adoção internacional da técnica francesa.

Nesse mesmo período, outras contribuições expandiram o arsenal terapêutico da cirurgia da coluna. Em 1906, Müller relatou a primeira abordagem anterior bem-sucedida da coluna em paciente com mal de Pott, abrindo o caminho para as abordagens transtorácicas[12]. Ainda assim, a costotransversectomia manteve-se como a técnica de referência para a via posterolateral durante as primeiras décadas do século XX, sendo progressivamente refinada e aplicada a indicações além da tuberculose.

2.5 Norman Capener e a Evolução para a Racotomia Lateral (1954)

A segunda grande inflexão histórica na evolução das abordagens posterolaterais à coluna torácica ocorreu em 1954, quando o cirurgião ortopedista britânico Norman Capener publicou no *Journal of Bone and Joint Surgery* seu trabalho clássico *The Evolution of Lateral Rhachotomy*[4]. Nesse artigo, Capener propôs uma modificação substancial da técnica de Ménard, à qual denominou racotomia lateral (*lateral rhachotomy*).

A contribuição de Capener foi estender a ressecção de um segmento mais longo da costela, dividir a musculatura paraespinhal dorsal em vez de simplesmente afastá-la, e ampliar assim o corredor cirúrgico para permitir não apenas a drenagem de abscessos, mas uma verdadeira descompressão anterolateral da medula espinhal. Com essa modificação, permitiu-se remover fragmentos ósseos, discos herniados e material patológico localizado anteriormente à medula — um ganho cirúrgico notável para a época.

Em seu artigo seminal, Capener delineou claramente o espectro de indicações da nova técnica, afirmando que a racotomia lateral era adequada não apenas para o tratamento da paraplegia pottiana, mas também para a tuberculose não paraplégica, a exploração de tumores vertebrais, o alívio de certos tipos de paraplegia traumática e a drenagem de osteíte supurativa dos corpos vertebrais. Essa expansão de indicações transformou a abordagem em ferramenta versátil do arsenal cirúrgico moderno.

2.6 Hulme e a Aplicação às Hérnias de Disco Torácicas (1960)

Paralelamente aos avanços no tratamento da tuberculose, a década de 1960 marcou uma transição decisiva no uso da costotransversectomia: a abordagem passou a ser aplicada sistematicamente ao tratamento das hérnias de disco torácicas. Em 1960, A. Hulme publicou no *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* o artigo

The Surgical Approach to Thoracic Intervertebral Disc Protrusions[5], apresentando os primeiros casos de discectomia torácica realizada por via costotransversectomia.

O trabalho de Hulme teve enorme impacto clínico. Até então, as hérnias torácicas sintomáticas eram operadas por laminectomia, com resultados catastróficos — séries históricas reportaram taxas de piora neurológica ou paraplegia que podiam atingir até um terço dos pacientes após o procedimento. A razão era clara: a laminectomia exigia retração da medula torácica — anatomicamente estreita e com suprimento vascular precário — para acessar uma lesão localizada anteriormente a ela. A substituição progressiva da laminectomia pela costotransversectomia ao longo da década de 1960, seguida por sua combinação com a laminectomia descrita por Gjerris e Jepsen em 1975[16], representou um dos mais importantes avanços em resultados funcionais da cirurgia da coluna torácica.

2.7 Sanford Larson e a Abordagem Extracavitária Lateral (1976)

A evolução conceitual culminou em 1976, quando Sanford J. Larson e colaboradores, do Medical College of Wisconsin, publicaram no *Journal of Neurosurgery* o artigo *Lateral Extracavitary Approach to Traumatic Lesions of the Thoracic and Lumbar Spine*[6]. A série apresentava 62 pacientes com lesões traumáticas torácicas e lombares operados por uma técnica que Larson denominou abordagem extracavitária lateral (*lateral extracavitary approach* — LECA).

A contribuição de Larson foi ampliar ainda mais o corredor cirúrgico descrito por Ménard e Capener, incluindo a ressecção do processo transverso, da articulação facetária, do pedículo e de um segmento maior da costela. Essa ampliação permitia acesso direto a todas as três colunas da coluna torácica, possibilitando não apenas a descompressão, mas também a reconstrução e instrumentação através da mesma incisão posterior. A técnica de Larson transformou-se rapidamente em padrão de referência para o tratamento de lesões traumáticas, tumores e deformidades da coluna torácica[11], e permanece em uso nas suas variantes modernas até os dias atuais.

Importante destacar que, apesar das modificações sucessivas, a costotransversectomia clássica — mais limitada que a racotomia lateral[15] e a extracavitária lateral — manteve seu lugar no arsenal cirúrgico moderno. Ela continua sendo preferida em situações que demandam acesso mais restrito, menor morbidade de parede torácica e preservação maior dos elementos posteriores, como

no tratamento de hérnias discais laterais, biópsias vertebrais, drenagem de abscessos e ressecção de determinados tumores paravertebrais[7,8,14].

2.8 A Era Moderna: Refinamentos Técnicos e Cirurgia Minimamente Invasiva

As últimas três décadas testemunharam uma profunda transformação na cirurgia da coluna, impulsionada pelo advento da ressonância magnética, da navegação assistida por imagem, da monitorização neurofisiológica intraoperatória e, sobretudo, pelo desenvolvimento das técnicas minimamente invasivas. A costotransversectomia, longe de tornar-se obsoleta, foi reinterpretada à luz desses novos recursos.

Já no início dos anos 2000, grupos pioneiros descreveram a realização de costotransversectomias guiadas por navegação computadorizada para tratamento de hérnias discais torácicas, melhorando significativamente a precisão da localização do nível e da descompressão. Pouco depois, Musacchio e colaboradores, em 2007, demonstraram a viabilidade de uma costotransversectomia com corpectomia por técnica minimamente invasiva de duplo-tubo em modelo cadavérico[10], abrindo caminho para aplicações clínicas posteriores.

Nos anos seguintes, múltiplos grupos descreveram variantes minimamente invasivas da costotransversectomia para diferentes indicações: ressecção de tumores em halteres (*dumbbell*) torácicos por retrator tubular, descompressão e corpectomia para metástases vertebrais, e discectomia torácica mini-open[9,14]. Essas técnicas preservam os princípios estabelecidos por Ménard — abordagem posterolateral, preservação dos elementos posteriores, não manipulação da medula —, mas reduzem significativamente a dissecção muscular, o sangramento intraoperatório e a morbidade pós-operatória.

Paralelamente, estudos comparativos têm procurado definir o papel relativo da costotransversectomia em comparação com a extracavitária lateral, a transpedicular e as abordagens transtorácicas[9,12]. Esses estudos demonstram que não existe uma “abordagem ideal” universal: a escolha depende da localização e da natureza da lesão, da experiência do cirurgião, da disponibilidade de recursos tecnológicos e das características clínicas do paciente.

2.9 Considerações

A trajetória da costotransversectomia ao longo de mais de 130 anos ilustra de maneira exemplar o modo como uma técnica cirúrgica se aprimora: por um diálogo constante entre a observação clínica, o avanço do conhecimento anatômico, o refinamento do instrumental e as pressões das novas indicações. Da drenagem rudimentar do abscesso tuberculoso de Ménard à corpectomia minimamente invasiva contemporânea, a técnica manteve seu princípio fundamental — o acesso posterolateral à coluna torácica com preservação dos elementos posteriores — e, paradoxalmente, foi justamente essa solidez conceitual que lhe permitiu adaptar-se às inovações sucessivas.

Cabe, ao final desta retrospectiva, uma palavra sobre a nomenclatura adotada nesta obra. A literatura descreveu, ao longo de mais de um século, variações desta mesma abordagem sob diferentes denominações — costotransversectomia, racotomia lateral, abordagem extracavitária lateral, abordagem posterolateral modificada —, cada uma refletindo um grau distinto de ampliação ou refinamento do corredor cirúrgico original. O autor reconhece essa diversidade terminológica, mas opta deliberadamente por manter o termo *costotransversectomia* ao longo de todo o livro. A razão é conceitual: a ressecção do processo transverso e da porção proximal da costela é o gesto fundador e o pilar anatômico que define o acesso posterolateral às três colunas da coluna torácica. Todas as variantes posteriores — incluindo a racotomia lateral de Capener e a extracavitária lateral de Larson — são, no essencial, expansões desse gesto matriz. Por essa razão, em toda esta obra, a técnica é referida pelo nome que a originou e que melhor identifica seu núcleo anatômico e funcional.

Hoje, quando o cirurgião posiciona o paciente em decúbito ventral para realizar uma costotransversectomia, ele executa gestos cujos princípios foram concebidos em Paris no final do século XIX. É essa continuidade histórica que transforma a técnica em patrimônio vivo da cirurgia da coluna, e justifica, em última análise, o estudo atento de sua evolução.

Referências

1. Pott P. *Remarks on that kind of palsy of the lower limbs, which is frequently found to accompany a curvature of the spine*. London: J. Johnson; 1779.

2. Ménard V. Causes de la paraplégie dans le mal de Pott, son traitement chirurgical par l'ouverture directe du foyer tuberculeux des vertèbres. Rev Orthop. 1894;5:47-64.
3. Ménard V. *Étude Pratique Sur Le Mal de Pott*. Paris: Masson; 1900.
4. Capener N. The evolution of lateral rhachotomy. J Bone Joint Surg Br. 1954;36-B(2):173-179.
5. Hulme A. The surgical approach to thoracic intervertebral disc protrusions. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1960;23:133-137.
6. Larson SJ, Holst RA, Hemmy DC, Sances A Jr. Lateral extracavitary approach to traumatic lesions of the thoracic and lumbar spine. J Neurosurg. 1976;45(6):628-637.
7. Ahlgren BD, Herkowitz HN. A modified posterolateral approach to the thoracic spine. J Spinal Disord. 1995;8(1):69-75.
8. Cybulski GR, Stone JL, Opesanmi O. Spinal cord decompression via a modified costotransversectomy approach combined with posterior instrumentation for management of metastatic neoplasms of the thoracic spine. Surg Neurol. 1991;35(4):280-285.
9. Lubelski D, Abdullah KG, Mroz TE, et al. Lateral extracavitary vs. costotransversectomy approaches to the thoracic spine: reflections on lessons learned. Neurosurgery. 2012;71(6):1096-1102.
10. Musacchio M, Patel N, Bagan B, et al. Minimally invasive thoracolumbar costotransversectomy and corpectomy via a dual-tube technique: evaluation in a cadaver model. Surg Technol Int. 2007;16:221-225.
11. Lifshutz J, Lidar Z, Maiman D. Evolution of the lateral extracavitary approach to the spine. Neurosurg Focus. 2004;16(1):E12.
12. Gagliardi F, Pompeo E, De Domenico P, Snider S, Roncelli F, Acerno S, Mortini P. History of evolution of posterolateral approaches to the thoracic spine: from cure of Pott's disease to epidural tumor resection. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg. 2023;84(2):198-205.
13. Bydon A, Dasenbrock HH, Pendleton C, McGirt MJ, Gokaslan ZL, Quinones-Hinojosa A. Harvey Cushing, the spine surgeon: the surgical treatment of Pott disease. Spine (Phila Pa 1976). 2011;36(17):1420-1425.
14. Scoscina D, Amico S, Angeletti E, Martiniani M, Meco L, Specchia N, Gigante AP. Surgical approach to single-level symptomatic thoracic disc herniations through costotransversectomy: A report of ten case series. J Craniovertebr Junction Spine. 2023;14(1):44-49.
15. Yonenobu K, Korkusuz F, Hosono N, Ebara S, Ono K. Lateral rhachotomy for thoracic spinal lesions. Spine (Phila Pa 1976). 1990;15(11):1121-1125.
16. Gjerris F, Jepsen BV. Thoracic intervertebral disc herniation. Acta Neurol Scand. 1975;52(5):395-400.

CAPÍTULO 3

INDICAÇÕES DA COSTOTRANSVERSECTOMIA

Não é a técnica que escolhe o paciente — é o paciente que escolhe a técnica.

3.1 Introdução

A costotransversectomia é, historicamente, a via de acesso posterolateral por excelência à coluna torácica. Seu espectro de indicações ampliou-se progressivamente ao longo do século XX, partindo da drenagem de abscessos tuberculosos — sua aplicação original — para abarcar hoje um amplo leque de patologias que acometem as colunas média e anterior da coluna torácica: hérnias discais, tumores primários e metastáticos, infecções, fraturas, deformidades e lesões que exigem biópsia diagnóstica.

Definir com precisão as indicações da técnica é tarefa central para o cirurgião de coluna. A escolha correta da abordagem depende não apenas da natureza da lesão, mas também de sua localização no canal vertebral (central, paracentral, lateral), do nível torácico envolvido, da presença ou não de instabilidade, das comorbidades do paciente, da experiência do cirurgião e da disponibilidade de recursos tecnológicos, como navegação e monitorização neurofisiológica intraoperatória. A costotransversectomia oferece, em comparação às abordagens transtorácicas, menor morbidade pulmonar e cardiovascular, dispensa a abertura da cavidade pleural e permite realizar, pelo mesmo acesso, a descompressão, a reconstrução da coluna anterior e a instrumentação posterior[1,2,7].

Este capítulo apresenta, de maneira sistemática, as principais indicações clínicas da costotransversectomia, bem como suas contraindicações relativas e absolutas, fornecendo ao leitor um panorama prático para o processo decisório pré-operatório. As discussões sobre a técnica propriamente dita e sobre as complicações serão desenvolvidas nos capítulos 4 e 6, respectivamente.

3.2 Panorama Geral das Indicações

As indicações da costotransversectomia podem ser agrupadas em seis grandes categorias, que refletem as principais patologias encontradas na prática clínica contemporânea:

- Hérnias de disco torácicas sintomáticas, particularmente as de localização lateral e paracentral;
- Tumores vertebrais primários e metastáticos, incluindo as metástases epidurais com compressão medular (MESCC);
- Infecções da coluna torácica, como espondilodiscite piogênica, tuberculose vertebral (mal de Pott) e abscessos epidurais;
- Fraturas torácicas com compressão medular anterolateral e necessidade de reconstrução da coluna anterior;
- Correção cirúrgica de deformidades, incluindo cifoses estruturais (como a de Scheuermann), escolioses rígidas e deformidades congênitas, tanto para osteotomias posteriores (PSO, VCR) como para soltura discal anterior por via posterior única;
- Biópsias de lesões do corpo vertebral e do pedículo, especialmente quando abordagens percutâneas não são viáveis ou falharam.

A essas indicações clássicas acrescentam-se, em contextos selecionados, a drenagem de abscessos paravertebrais e epidurais, e a ressecção de lesões que ocupam o espaço paravertebral e se estendem ao canal medular — como os schwannomas em halteres (*dumbbell*)[6].

3.3 Hérnias de Disco Torácicas

A hérnia discal torácica sintomática constitui uma das indicações mais consolidadas da costotransversectomia na era moderna. Apesar de representar menos de 1% de todas as hérnias discais intervertebrais[18,20], quando sintomática e associada a mielopatia ou dor refratária, requer tratamento cirúrgico criterioso. Historicamente, a laminectomia foi abandonada como tratamento desta condição a partir dos anos 1960, dados os resultados desastrosos — até 18% dos pacientes evoluíam com paraplegia,

com mortalidade de até 7%[20] — decorrentes da necessidade de retração da medula torácica, anatomicamente estreita e de suprimento vascular precário, para acessar uma lesão localizada ventralmente a ela.

3.3.1 Hérnias laterais e paracentrais

A costotransversectomia é particularmente indicada para hérnias de disco torácicas de localização lateral e posterolateral, sendo considerada, nestes casos, uma das abordagens de escolha[3,18]. A via permite exposição adequada do espaço discal, do pedículo e do corpo vertebral contíguo, favorecendo a remoção da hérnia sem manipulação medular. Estudos recentes confirmam que, quando corretamente indicada, a costotransversectomia oferece resultados neurológicos favoráveis, com baixa taxa de complicações e curta permanência hospitalar em comparação a abordagens transtorácicas[3].

3.3.2 Hérnias calcificadas

As hérnias calcificadas representam um desafio cirúrgico à parte. Embora classicamente se afirme que a costotransversectomia é mais adequada para hérnias discais “moles” (não calcificadas), séries contemporâneas demonstram que, com modificações técnicas apropriadas — como o uso de instrumentação microcirúrgica, monitorização neurofisiológica e, mais recentemente, ultrassom ósseo —, a técnica pode ser utilizada com segurança mesmo em hérnias calcificadas lateralizadas. Em contrapartida, hérnias centrais fortemente calcificadas, especialmente quando transdurais, continuam sendo mais apropriadamente abordadas por via transtorácica, toracoscópica ou pela nova geração de acessos transpediculares transdurais[20].

3.3.3 Considerações sobre o nível

Em grandes séries, as hérnias torácicas sintomáticas concentram-se nos níveis baixos, sobretudo T11-T12 e T10-T11. A costotransversectomia oferece acesso satisfatório a todos os níveis torácicos, mas demanda cuidados específicos nos segmentos altos (T1-T4), onde a escápula e as costelas superiores limitam a exposição, e nos segmentos baixos, onde o diafragma e as inserções musculares lombares adicionam complexidade à dissecção.

3.4 Tumores Vertebrais

A ressecção cirúrgica de tumores torácicos constitui hoje talvez a indicação mais frequente da costotransversectomia, especialmente em centros de referência em cirurgia oncológica da coluna. A técnica é aplicável a três grandes categorias: tumores metastáticos com compressão medular, tumores vertebrais primários e tumores paravertebrais com extensão intracanal.

3.4.1 Metástases vertebrais e MESCC

A compressão medular epidural por metástases (*metastatic epidural spinal cord compression* — MESCC) é uma emergência oncológica e neurocirúrgica cuja conduta foi redefinida a partir do estudo de Patchell e colaboradores (2005)[5], que demonstrou o benefício da descompressão cirúrgica associada à radioterapia sobre a radioterapia isolada, com ganho em sobrevida, preservação da deambulação e melhor controle local.

Neste cenário, a costotransversectomia — frequentemente realizada na sua versão modificada, com associação de pediculectomia (*transpedicular costotransversectomia*) — permite a chamada “cirurgia de separação” (*separation surgery*): descompressão circunferencial da medula e criação de um “manto” de segurança entre o tumor e a dura, possibilitando a subsequente radiocirurgia estereotáxica com doses ablativas e preservação medular.

Cybulski e colaboradores, em série publicada em 1991 e considerada clássica[4], demonstraram a viabilidade da costotransversectomia modificada associada a instrumentação posterior no manejo de neoplasias metastáticas torácicas, com descompressão adequada em todos os casos e preservação da deambulação em 100% dos pacientes previamente deambulantes, além de melhora clínica em 75% do total. Esses resultados pavimentaram o uso rotineiro da técnica no tratamento paliativo das metástases vertebrais torácicas.

A costotransversectomia é particularmente vantajosa nos pacientes oncológicos pela possibilidade de realizar, por incisão única, a descompressão anterior, a corpectomia, a reconstrução com *cage* expansível e a instrumentação posterior — evitando a morbidade cumulativa de abordagens combinadas (por exemplo,

toracotomia associada a via posterior) em pacientes frágeis, com expectativa de vida reduzida e comorbidades múltiplas[7].

3.4.2 Tumores primários da coluna torácica

Entre os tumores primários que podem ser abordados por costotransversectomia estão schwannomas, meningiomas extradurais, neurofibromas, cordomas, condrossarcomas e tumores de células gigantes. Os schwannomas em halteres torácicos (*dumbbell tumors*) — com componente intracanal e extensão paravertebral — são indicação particularmente elegante da técnica, que permite a ressecção em tempo único do componente intradural (via hemilaminectomia associada) e do componente extradural/paravertebral (via costotransversectomia), sem necessidade de abordagens combinadas. Séries recentes em populações pediátrica e adulta relatam bons resultados oncológicos e funcionais com essa combinação[6,7].

3.4.3 Biópsia vertebral

A costotransversectomia pode ser empregada como via diagnóstica para biópsia aberta de lesões vertebrais torácicas quando biópsias percutâneas guiadas por imagem (TC ou fluoroscopia) não são factíveis ou resultaram em amostras não diagnósticas. Situações típicas incluem lesões de difícil acesso percutâneo, necessidade de amostra ampla para caracterização histológica e imuno-histoquímica, e suspeita de lesões infecciosas em que há necessidade de material para cultura específica.

3.5 Infecções da Coluna Torácica

O tratamento cirúrgico das infecções vertebrais torácicas é a indicação histórica original da costotransversectomia — a técnica nasceu, em 1894, precisamente para drenar abscessos tuberculosos paravertebrais associados ao mal de Pott. Um século e três décadas depois, ainda que as indicações tenham se multiplicado, o papel da costotransversectomia no manejo das infecções permanece central.

3.5.1 Espondilodiscite piogênica

A espondilodiscite bacteriana com formação de abscesso epidural, paravertebral ou com destruição vertebral significativa e compressão medular tem indicação de abordagem cirúrgica quando há déficit neurológico, falha do tratamento clínico com antibioticoterapia apropriada, instabilidade vertebral ou deformidade cifótica progressiva. A costotransversectomia oferece acesso adequado para desbridamento de tecido necrótico, drenagem de abscessos, descompressão medular e, em muitos casos, reconstrução com enxerto ou *cage* acompanhada de instrumentação. A possibilidade de realizar todos esses passos por uma única incisão posterior, sem abertura pleural, é especialmente desejável em pacientes debilitados pela infecção.

3.5.2 Tuberculose vertebral (mal de Pott)

A despeito dos avanços dos tuberculostáticos, o mal de Pott permanece causa importante de compressão medular em países de média e baixa renda. A costotransversectomia é empregada tanto para a drenagem de abscessos paravertebrais como para o desbridamento de material caseoso e vértebras destruídas, frequentemente complementada por enxertia autóloga ou *cage* e instrumentação posterior, de acordo com a filosofia contemporânea de “drenagem + reconstrução + estabilização”.

3.5.3 Abscessos epidurais isolados

Abscessos epidurais torácicos sem destruição vertebral significativa podem ser tratados, em casos selecionados, por laminectomia ou hemilaminectomia. Entretanto, quando o componente abscedado é predominantemente anterior ou anterolateral à medula, a costotransversectomia oferece acesso mais direto e seguro, evitando a retração medular.

3.6 Fraturas e Trauma Torácico

O papel da costotransversectomia no manejo do trauma torácico evoluiu substancialmente desde a contribuição seminal de Larson em 1976, que consolidou

a abordagem extracavitária lateral — variante ampliada da técnica — como ferramenta essencial no tratamento cirúrgico das fraturas toracolombares.

As indicações atuais da costotransversectomia (ou sua variante *transpedicular*) no trauma incluem fraturas com fragmentos ósseos migrados no canal medular com déficit neurológico, especialmente em níveis acima do cone medular, onde a dura-máter não tolera retração[8]. A técnica permite a descompressão direta do canal pela remoção dos fragmentos, evitando a manipulação medular necessária em uma laminectomia convencional.

Em fraturas por explosão (*burst fractures*) torácicas com importante perda da altura do corpo vertebral e cifose pós-traumática, a costotransversectomia ampliada permite corpectomia, reconstrução da coluna anterior com *cage* e instrumentação pedicular posterior em tempo único, dispensando a necessidade de toracotomia complementar[8]. Em cirurgias de revisão, especialmente em pacientes previamente submetidos à laminectomia que evoluíram com piora neurológica e instabilidade, a costotransversectomia oferece acesso alternativo para descompressão e reconstrução.

3.7 Correção Cirúrgica de Deformidades

O papel da costotransversectomia na cirurgia de deformidades da coluna torácica expandiu-se substancialmente nas últimas décadas. Classicamente, o tratamento cirúrgico das cifoses rígidas e das escolioses severas exigia abordagens combinadas anterior e posterior em tempos cirúrgicos sucessivos ou simultâneos — a toracotomia para realizar a soltura discal anterior (*anterior release*) e subsequente liberação das estruturas rígidas da concavidade, seguida pela via posterior para instrumentação e artrodese. Essa abordagem em duas etapas, embora eficaz, impunha considerável morbidade ao paciente, com tempo cirúrgico prolongado, maior perda sanguínea, dor pós-operatória intensa e elevada taxa de complicações pulmonares.

A adoção da costotransversectomia como via única posterior para acessar a coluna anterior transformou esse cenário[9]. Por meio de uma única incisão e de um único posicionamento do paciente, o cirurgião passou a poder realizar osteotomias, discectomias, ressecções vertebrais e a instrumentação/artrodese em tempo único, reduzindo significativamente a morbidade associada à correção de deformidades rígidas.

3.7.1 Cifose de Scheuermann e cifoses estruturais

A cifose de Scheuermann é a causa mais comum de cifose estruturada torácica na adolescência e no adulto jovem, caracterizando-se por acunhamento anterior de três ou mais corpos vertebrais contíguos superior a 5 graus, irregularidades das placas terminais e nódulos de Schmorl[11]. Nos casos graves, com cifoses superiores a 75-80 graus e quando há progressão da deformidade, dor refratária ao tratamento conservador, déficit neurológico ou impacto funcional e estético significativo, o tratamento cirúrgico está indicado.

A estratégia cirúrgica contemporânea para a cifose de Scheuermann privilegia a abordagem posterior única, combinando instrumentação pedicular segmentar com osteotomias posteriores[11,12]. Nas curvas moderadas e flexíveis, múltiplas osteotomias posteriores (Smith-Petersen ou Ponte) em vários níveis do ápice da cifose são, em geral, suficientes para a correção. Entretanto, em cifoses graves, rígidas e angulares — particularmente aquelas associadas a déficit neurológico ou com cifose apical pronunciada — a osteotomia de subtração pedicular (*pedicle subtraction osteotomy* — PSO) torácica constitui ferramenta essencial[10,13], e a costotransversectomia é parte integrante da técnica.

A execução da PSO torácica requer exposição ampla do pedículo, do corpo vertebral e das paredes laterais da vértebra a ser osteotomizada. Essa exposição não é obtida por abordagem transpedicular isolada, mas exige a ressecção da costela proximal e do processo transverso bilateralmente — isto é, uma costotransversectomia bilateral — para permitir o acesso seguro às paredes laterais do corpo vertebral, a ressecção do pedículo e a criação do *wedge* (cunha) ósseo a ser fechado na correção. O fechamento progressivo e controlado da osteotomia sob monitorização neurofisiológica permite ganhos de correção de 25 a 35 graus por nível em um único segmento[13].

Séries pediátricas e de adultos demonstram que a PSO torácica, realizada através de costotransversectomias bilaterais, possibilita correções da ordem de 60-70% da deformidade principal[12,13], com melhora significativa do alinhamento espinopélvico sagital e dos parâmetros de qualidade de vida. Importante destacar que, nessa indicação, a costotransversectomia não é utilizada para descompressão medular direta, mas como via de acesso anatômico que viabiliza a osteotomia segura.

3.7.2 Escolioses rígidas e soltura discal anterior via posterior

Em escolioses rígidas — tipicamente aquelas com ângulo de Cobb superior a 70-90 graus e com baixo índice de flexibilidade em radiografias dinâmicas — a correção por via posterior isolada com instrumentação pedicular pode ser insuficiente. Historicamente, esses casos demandavam toracotomia anterior (ou toracoscopia) para realização de discectomias múltiplas no ápice da curva — a chamada *anterior release* ou soltura discal anterior —, procedimento que libera as estruturas rígidas da concavidade e aumenta a flexibilidade da coluna, potencializando a correção obtida na subsequente instrumentação posterior.

A costotransversectomia oferece alternativa elegante a essa abordagem combinada: por meio de uma incisão posterior única, o cirurgião pode realizar a costotransversectomia nos níveis do ápice da curva e, através desse corredor posterolateral, acessar o disco intervertebral da concavidade da deformidade. A discectomia é então realizada pela ressecção do anel fibroso, do núcleo pulposo e das placas terminais, o que promove a soltura anterior equivalente àquela obtida por toracotomia — mas sem a morbidade pulmonar e sistêmica da abordagem anterior. Em um mesmo tempo cirúrgico, procede-se então à instrumentação pedicular e à artrodese posterior, com ganhos de correção comparáveis aos obtidos com a via combinada tradicional[9].

Essa estratégia é particularmente valiosa em pacientes com função pulmonar comprometida pela própria deformidade — situação relativamente comum em escolioses severas, em que até 80% dos pacientes com curvas acima de 70 graus apresentam algum grau de doença pulmonar restritiva —, nos quais a toracotomia anterior representaria risco adicional significativo. Também é útil em adultos com escolioses degenerativas rígidas e em pacientes submetidos a cirurgias prévias na cavidade torácica, onde aderências pleurais tornam a abordagem anterior tecnicamente perigosa.

3.7.3 Deformidades congênitas: hemivertebrectomia e ressecção vertebral

O tratamento cirúrgico das deformidades congênitas — cifoses, escolioses e cifoescolioses — frequentemente exige a ressecção de hemivértebras ou a realização de vertebrectomias (*vertebral column resection* — VCR) para correção adequada do eixo vertebral. Smith, Gollogly e Dunn, em trabalho publicado no *Journal of Bone and*

Joint Surgery em 2005 e considerado marco metodológico[9], descreveram o uso da costotransversectomia como via única posterior para a ressecção simultânea anterior e posterior de hemivértebras e para a realização de osteotomias espinhais, seguida de instrumentação e artrodese anterior e/ou posterior no mesmo ato cirúrgico. Essa abordagem substituiu, em muitos centros, o protocolo clássico de cirurgia em duas etapas (toracotomia anterior seguida de via posterior).

Os resultados publicados ao longo das duas últimas décadas confirmam a eficácia e a segurança da ressecção vertebral posterior única — seja na modalidade VCR propriamente dita[15], seja em suas variantes como a hemivertebrectomia parcial seletiva[16] — com ganhos de correção significativos tanto no plano coronal quanto sagital, e com taxas de complicação aceitáveis quando comparadas às abordagens combinadas. Em todos esses procedimentos, a costotransversectomia é componente essencial, pois permite o acesso circunferencial ao corpo vertebral a ser ressecado sem necessidade de abrir a cavidade torácica.

3.7.4 Cifoses angulares pós-infecciosas e pós-traumáticas

Cifoses angulares severas decorrentes de sequelas de tuberculose vertebral (mal de Pott), de espondilodiscite piogênica ou de trauma são, com frequência, rígidas e associadas a compressão medular residual. Nessas situações, a costotransversectomia permite abordagem tridimensional da deformidade: descompressão da medula no ápice da cifose, ressecção de vértebras cicatrizadas ou destruídas, correção da angulação por meio de osteotomia de fechamento-abertura (*closing-opening wedge osteotomy*, descrita por Kawahara e Tomita)[14] e reconstrução da coluna anterior com *cage* ou enxerto, tudo realizado por via posterior única. A associação com monitorização neurofisiológica intraoperatória é mandatória nesses cenários, em razão do risco aumentado de lesão medular durante a correção.

3.8 Indicações Adicionais e Situações Especiais

Além das seis grandes categorias descritas, a costotransversectomia encontra aplicação em situações clínicas específicas que merecem menção:

- Pacientes com comorbidades pulmonares ou cardiovasculares significativas, nos quais a toracotomia impõe risco proibitivo; a costotransversectomia, por evitar a abertura pleural e a ventilação monopulmonar, oferece alternativa de menor morbidade sistêmica[7];
- Lesões da coluna torácica alta (T1-T4), onde a anatomia mediastinal (estruturas vasculares do mediastino superior, arco aórtico, veias braquiocefálicas) torna a abordagem transtorácica tecnicamente difícil e de risco elevado;
- Lesões multiníveis, em que uma única incisão posterolateral permite acesso a múltiplos corpos vertebrais;
- Pacientes previamente submetidos a toracotomia, nos quais aderências pleurais e pulmonares podem transformar uma reabordagem anterior em procedimento de risco proibitivo;
- Ambientes com menor disponibilidade de equipe torácica, já que a costotransversectomia pode ser realizada pelo cirurgião de coluna de maneira autônoma, sem necessidade de equipe de cirurgia torácica de suporte.

3.9 Contraindicações Relativas e Absolutas

Embora versátil, a costotransversectomia não é universalmente aplicável. Existem situações em que outras abordagens oferecem melhor relação risco-benefício, e outras em que a técnica é formalmente contraindicada[1,2,19].

3.9.1 Contraindicações absolutas

Pacientes com função pulmonar gravemente comprometida, particularmente aqueles com um único pulmão funcional, devem ser considerados com cautela, visto que o risco de lesão pleural e pneumotórax — ainda que em via “extrapleural” — é real e pode ser catastrófico nesses casos.

Hipertensão intracraniana descompensada e coagulopatia não corrigida constituem contraindicações absolutas genéricas a qualquer procedimento eletivo de grande porte, e não são específicas da técnica.

3.9.2 Contraindicações relativas

Lesões estritamente centrais e calcificadas com aderência dural extensa, especialmente no segmento médio-torácico, são mais bem abordadas por via transtorácica, toracoscópica ou por abordagens transpediculares/transdurais mais recentes[20], pois a costotransversectomia oferece visualização subótima da face ventral da dura-máter nessas situações.

A presença de lordose torácica — anatomia incomum, mas descrita em certas deformidades — dificulta a exposição posterolateral e pode constituir contraindicação relativa. Escoliose torácica severa no nível a ser abordado também exige planejamento cuidadoso: a rotação vertebral pode deslocar os grandes vasos e o esôfago para posições imprevisíveis, alterando a anatomia dos corredores cirúrgicos habituais.

Finalmente, cirurgião com pouca experiência na anatomia posterolateral torácica deve considerar, em lesões complexas, a colaboração com um cirurgião experiente ou a opção por via alternativa com a qual se sinta mais seguro. A curva de aprendizagem da costotransversectomia é reconhecidamente íngreme[19], e a segurança do paciente deve sempre prevalecer sobre a preferência técnica.

3.10 Considerações

As indicações da costotransversectomia expandiram-se, ao longo de mais de 130 anos, da drenagem de abscessos tuberculosos isolados para um dos arsenais mais versáteis da cirurgia de coluna moderna. A técnica encontra aplicação em hérnias discais sintomáticas, tumores primários e metastáticos, infecções, trauma, correção de deformidades (incluindo cifose de Scheuermann por PSO e escolioses rígidas por soltura discal via posterior) e biópsias, e é especialmente vantajosa quando se busca realizar, por incisão única, a descompressão, a reconstrução da coluna anterior e a instrumentação posterior.

A escolha entre a costotransversectomia e as demais abordagens disponíveis — transtorácica, toracoscópica, transpedicular, extracavitária lateral — deve ser orientada por uma análise sistemática que considere a localização e a natureza da lesão, as condições clínicas do paciente, a experiência do cirurgião e os recursos disponíveis[17].

Nenhuma técnica é, em absoluto, superior às demais: o que define o sucesso cirúrgico é a adequação da escolha à situação clínica particular.

Nos capítulos subsequentes, discutiremos as complicações específicas da costotransversectomia (Capítulo 4), a anatomia aplicada que embasa sua segurança (Capítulo 5) e o detalhamento passo a passo da técnica (Capítulo 6), completando assim o arcabouço conceitual necessário para a sua aplicação racional e segura.

Referências

1. Lubelski D, Abdullah KG, Mroz TE, et al. Lateral extracavitary vs. costotransversectomy approaches to the thoracic spine: reflections on lessons learned. Neurosurgery. 2012;71(6):1096-1102.
2. Lubelski D, Abdullah KG, Steinmetz MP, et al. Lateral extracavitary, costotransversectomy, and transthoracic thoracotomy approaches to the thoracic spine: review of techniques and complications. J Spinal Disord Tech. 2013;26(4):222-232.
3. Scoscina D, Amico S, Angeletti E, Martiniani M, Meco L, Specchia N, Gigante AP. Surgical approach to single-level symptomatic thoracic disc herniations through costotransversectomy: A report of ten case series. J Craniovertebr Junction Spine. 2023;14(1):44-49.
4. Cybulski GR, Stone JL, Opesanmi O. Spinal cord decompression via a modified costotransversectomy approach combined with posterior instrumentation for management of metastatic neoplasms of the thoracic spine. Surg Neurol. 1991;35(4):280-285.
5. Patchell RA, Tibbs PA, Regine WF, et al. Direct decompressive surgical resection in the treatment of spinal cord compression caused by metastatic cancer: a randomised trial. Lancet. 2005;366(9486):643-648.
6. Marhx Bracho A, Muñoz Montoya JE, Peña Rosas NP, Carrillo Marhx G, Ramírez Ferrer E. Costotransversectomy plus hemilaminectomy as alternative surgical approach for extramedullary intradural thoracic schwannoma resection with and without extradural extension in pediatric population three cases and literature review. J Spine Surg. 2019;5(2):285-290.
7. Wiggins GC, Mirza S, Bellabarba C, West GA, Chapman JR, Shaffrey CI. Perioperative complications with costotransversectomy and anterior approaches to thoracic and thoracolumbar tumors. Neurosurg Focus. 2001;11(6):e4.
8. Bransford RJ, Anissipour AK, Child ZA, Bellabarba C. Transpedicular and Costotransversectomy Approaches for Trauma: Indications and Techniques. In: Vaccaro AR, editor. *Spine Trauma*. Philadelphia: Elsevier; 2017.

9. Smith JT, Gollogly S, Dunn HK. Simultaneous anterior-posterior approach through a costotransversectomy for the treatment of congenital kyphosis and acquired kyphoscoliotic deformities. J Bone Joint Surg Am. 2005;87(10):2281-2289.
10. Bridwell KH, Lewis SJ, Lenke LG, Baldus C, Blanke K. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. J Bone Joint Surg Am. 2003;85(3):454-463.
11. Lonner BS, Newton P, Betz R, et al. Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: radiographic outcomes, complications, and technique. Spine. 2007;32(24):2644-2652.
12. Lin G, Wang S, Yang Y, Su Z, Du Y, Xu X, Chai X, Wang Y, Yu B, Zhang J. The effect of pedicle subtraction osteotomy for the correction of severe Scheuermann thoracolumbar kyphosis on sagittal spinopelvic alignment. BMC Musculoskelet Disord. 2021;22:165.
13. Bakaloudis G, Lolli F, Di Silvestre M, Greggi T, Astolfi S, Martikos K, Vommaro F, Barbanti-Brodano G, Cioni A, Giacomini S. Thoracic pedicle subtraction osteotomy in the treatment of severe pediatric deformities. Eur Spine J. 2011;20(Suppl 1):S95-S104.
14. Kawahara N, Tomita K, Baba H, et al. Closing-opening wedge osteotomy to correct angular kyphotic deformity by a single posterior approach. Spine. 2001;26(4):391-402.
15. Suk SI, Kim JH, Kim WJ, Lee SM, Chung ER, Nah KH. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities. Spine. 2002;27(21):2374-2382.
16. Ruf M, Harms J. Hemivertebra resection by a posterior approach: innovative operative technique and first results. Spine. 2002;27(10):1116-1123.
17. Dorward IG, Lenke LG. Osteotomies in the posterior-only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review. Neurosurg Focus. 2010;28(3):E4.
18. Mulier S, Debois V. Thoracic disc herniations: transthoracic, lateral, or posterolateral approach? A review. Surg Neurol. 1998;49(6):599-606.
19. El Naga AN, Gendelberg D, Tavolaro C, Zhou H, Bellabarba C, Bransford RJ. Thoracic costotransversectomy characteristics and 90-day complications vary based on underlying diagnosis. J Neurosurg Spine. 2023;39(6):831-838.
20. Shedid D, Wang Z, Najjar A, Yuh SJ, Boubez G, Sebaaly A. Posterior Minimally Invasive Transpedicular Approach for Giant Calcified Thoracic Disc Herniation. Global Spine J. 2021;11(6):918-924.

CAPÍTULO 4

COMPLICAÇÕES DA COSTOTRANSVERSECTOMIA

O cirurgião que nunca teve complicações é aquele que nunca operou.

4.1 Introdução

A costotransversectomia, embora consolidada como uma das principais vias de abordagem à coluna torácica, não é isenta de riscos. Revisões sistemáticas da literatura estabelecem uma taxa global de complicações de aproximadamente 15% para a costotransversectomia, comparada a 17% para a abordagem extracavitária lateral e a 39% para a toracotomia transtorácica[1] — dados que corroboram seu perfil de segurança relativo, mas não autorizam complacência técnica.

Dados contemporâneos de centros de alto volume são ainda mais instrutivos: em série retrospectiva de 123 pacientes submetidos à corpectomia torácica por costotransversectomia publicada em 2023, aproximadamente 48% dos pacientes apresentaram ao menos uma complicação cirúrgica ou clínica nos primeiros 90 dias.[3] Esse número impressionante reflete, em parte, a gravidade das patologias de base operadas por essa técnica (tumores, infecções, trauma, deformidades complexas), mas também traduz a complexidade intrínseca do procedimento.

Este capítulo sistematiza as complicações da costotransversectomia em três grandes grupos temporais: as intraoperatórias (lesões pleural, medular, vascular, dural, neurais), as pós-operatórias imediatas (fístula liquórica, infecção, complicações respiratórias) e as tardias (instabilidade, cifose, dor crônica, neuralgia intercostal). Para cada complicação serão apresentados: a incidência reportada, os mecanismos fisiopatológicos, as estratégias de prevenção e o manejo recomendado. Dominar esse conteúdo é indispensável ao cirurgião que se propõe a realizar a técnica com responsabilidade, bem como ao que busca obter consentimento informado adequado de seus pacientes.

4.2 Complicações Intraoperatórias

4.2.1 Lesão pleural e pneumotórax

A lesão pleural é a complicação intraoperatória mais frequente na costotransversectomia, com incidência reportada variando de 2,5% a 14% a depender da série e da complexidade do caso. Em série de 118 corpectomias torácicas via costotransversectomia, 6,8% dos pacientes sofreram lesão pleural.[4] Interessantemente, pacientes operados por malignidade apresentaram taxa significativamente mais alta (14,3%) em comparação a outras indicações (2,5%),[3] provavelmente em razão de aderências pleurais tumorais e da maior extensão da ressecção nesses casos.

A lesão pleural ocorre durante a dissecção subperiostal da costela — quando se perde o plano entre a pleura parietal e a face interna da costela — ou durante manobras de tração e ressecção da cabeça costal. Sinais intraoperatórios incluem sopro aéreo audível, bolhas de ar no campo cirúrgico, queda súbita da saturação de oxigênio e aumento das pressões respiratórias comunicado pelo anestesiologista.

A prevenção baseia-se em três pilares: dissecção subperiostal meticulosa da costela, proteção ativa da pleura durante a manipulação do campo e cautela redobrada em cirurgias oncológicas, nas quais a pleura pode estar aderida ao tumor. No que diz respeito ao instrumento de dissecção, o autor sustenta — a partir de sua experiência pessoal — que o dedo do cirurgião é, de longe, o melhor dissector disponível para esse tempo cirúrgico. Nenhum instrumento metálico, por mais romba que seja sua ponta (Freer, Cobb), oferece o retorno proprioceptivo que a polpa digital permite: a sensação tátil imediata da resistência dos tecidos, da mudança sutil de textura entre o periósteo costal e a pleura parietal, da presença de aderências anômalas e do ponto exato em que o plano de clivagem se desfaz. Esse retorno sensorial, somado à capacidade de o próprio dedo separar e simultaneamente proteger as estruturas adjacentes à medida que avança, torna a dissecção digital mais segura e mais precisa do que qualquer alternativa instrumental. Com o dedo em posição, o cirurgião percebe instantaneamente a topografia tridimensional do campo — a espessura da parede costal, a proximidade da pleura, a presença eventual de tumor aderido — e ajusta sua força de maneira contínua, algo que nenhum instrumento rígido permite. Os dissectores metálicos rombos são reservados, na prática do autor, para as situações em que a anatomia do paciente (pacientes muito estreitos, níveis torácicos altos)

impede o acesso digital confortável, ou como complemento à dissecção digital em pontos de aderência mais firme.

O manejo da lesão pleural depende da extensão do defeito: defeitos pequenos (menores que 5 mm) podem ser tratados com selante de fibrina ou cola cirúrgica; defeitos maiores demandam sutura primária com fio inabsorvível fino e, eventualmente, colocação de dreno torácico intraoperatório. Em todos os casos de lesão pleural reconhecida, deve-se realizar radiografia de tórax seriada ao final do procedimento para avaliação de pneumotórax residual.

4.2.2 Lesão medular e alterações neurofisiológicas

A lesão medular iatrogênica é a complicação mais temida da costotransversectomia e a principal razão pela qual a monitorização neurofisiológica intraoperatória é considerada mandatória em todo procedimento desta natureza. Em séries contemporâneas com monitorização sistemática, aproximadamente 10% dos pacientes apresentam alterações nos potenciais evocados motores (PEM) ou somatossensitivos (PESS) durante o procedimento, embora apenas uma minoria (cerca de 2,5%) evolua com déficit neurológico permanente.[4]

Os momentos cirúrgicos de maior risco para lesão medular são: a corpectomia propriamente dita (momento em que ocorreram 55% das alterações neurofisiológicas em série recente), a colocação do cage ou enxerto (33%) e a colocação das hastes durante a correção (11%).[4] Os mecanismos fisiopatológicos incluem: lesão mecânica direta da medula por instrumental, retração excessiva, hematoma epidural, isquemia medular por lesão da artéria de Adamkiewicz ou de vasos segmentares importantes, e compressão dinâmica durante manobras de correção de deformidade.

A prevenção exige abordagem multifatorial: planejamento pré-operatório com angio-TC ou angiorressonância quando a patologia envolve níveis de alto risco vascular; monitorização intraoperatória contínua de PEM e PESS com equipe neurofisiológica experiente; manutenção da pressão arterial média em níveis adequados (geralmente maior que 85 mmHg) durante as etapas críticas da cirurgia; uso criterioso de instrumental microcirúrgico e, quando disponível, ultrassom ósseo; e evitar retrações prolongadas da medula.

Diante de uma alteração significativa dos potenciais — queda de mais de 50% na amplitude ou aumento de mais de 10% na latência —, o cirurgião deve interromper imediatamente a manobra em curso, revisar o campo, descartar hematoma ou compressão, elevar a pressão arterial média, retirar enxerto ou cage mal posicionado, e, se necessário, realizar wake-up test para avaliação clínica direta. A pronta reversão das manobras desencadeantes frequentemente resulta em recuperação dos potenciais e preservação da função neurológica.

4.2.3 Lesão dural e fístula liquórica intraoperatória

A lesão iatrogênica da dura-máter é comum em cirurgia de coluna, com incidência global estimada em 1,5% a 10% em procedimentos eletivos e de até 16% em grandes séries heterogêneas.[8,9] Em séries específicas de costotransversectomia, a taxa varia de 5% a 11%, sendo maior em cirurgias de tumores, revisões e em hérnias calcificadas com aderência dural.

Os fatores de risco incluem: cirurgia de revisão em campo operatório previamente violado; hérnias calcificadas com aderência à dura; tumores invasivos; pacientes idosos com dura fina e fragilizada; radioterapia prévia (que compromete a qualidade tecidual). O reconhecimento intraoperatório manifesta-se pelo acúmulo de líquor claro no campo, sendo idealmente identificado no momento da lesão para permitir reparo imediato.

O manejo intraoperatório da durotomia depende de sua localização, tamanho e acessibilidade. Pequenas lesões ventrais podem ser manejadas apenas com selantes e patch de músculo ou gordura autólogos. Lesões maiores ou em localização acessível devem ser suturadas primariamente com fio monofilamentar 5-0 ou 6-0 (nylon ou polipropileno), técnica contínua ou em pontos separados. A prova de estanqueidade deve ser realizada com manobra de Valsalva (aumento da pressão intratorácica para verificar se há vazamento residual). Reforço com selante de fibrina, patch de dura sintética ou adesivo biológico é recomendado em todas as lesões reparadas. A drenagem lombar externa por 3 a 5 dias é considerada em durotomias ventrais extensas que não puderam ser adequadamente suturadas, para permitir cicatrização em ambiente de baixa pressão liquórica.[8]

4.2.4 Lesão vascular

A lesão vascular intraoperatória na costotransversectomia pode envolver vasos de diferentes calibres e significado clínico: artérias segmentares (intercostais e lombares), veias segmentares correspondentes, plexos venosos epidurais, veia ázigos ou hemiázigos, aorta torácica, ducto torácico e, nos níveis altos, vasos do mediastino superior.

Artérias segmentares: são rotineiramente ligadas durante a costotransversectomia. Na maioria dos casos, essa ligadura é bem tolerada, mas em pacientes com vasculatura medular precária ou quando o vaso ligado é a artéria de Adamkiewicz ou importante contribuinte, pode resultar em isquemia medular. Como discutido no Capítulo 5, o planejamento pré-operatório e a preferência pelo lado oposto à artéria de Adamkiewicz são essenciais.

Plexos venosos epidurais: o plexo venoso interno (de Batson) é fonte importante de sangramento na dissecção próxima ao forame e ao canal vertebral. O controle é obtido por compressão, coagulação bipolar cuidadosa e uso de hemostáticos (celulose oxidada, Gelfoam).

Lesão da aorta ou ázigos: é rara, mas catastrófica. Ocorre em cirurgias de tumores volumosos com infiltração vascular ou em situações de anatomia distorcida por deformidade. Requer consulta emergencial com cirurgia torácica ou vascular, controle proximal e distal do vaso e reparo primário ou com enxerto. A taxa de mortalidade perioperatória dessas lesões é significativa.

Lesão do ducto torácico: merece atenção específica pela sua gravidade potencial e pela subnotificação frequente. Será discutida em subseção dedicada a seguir (4.2.7).

4.2.5 Lesão do nervo intercostal

O nervo intercostal da costela ressecada é frequentemente sacrificado durante a costotransversectomia — seja por secção eletiva para permitir a exposição, seja por tração ou cauterização inadvertida. O sacrifício de um único nervo intercostal raramente produz déficit motor clinicamente significativo na parede torácica, mas pode gerar alterações sensitivas persistentes (parestesia, hipoestesia, disestesia)

e, em alguns pacientes, neuralgia intercostal crônica, conforme discutido adiante na seção de complicações tardias.

Em níveis altos (T1-T2), a preservação do nervo intercostal é especialmente importante pela contribuição do nervo intercostobraquial ao plexo braquial — lesão desse componente pode produzir dor neuropática persistente na face medial do braço. Em níveis baixos (T11-T12), os nervos contribuem para a inervação da parede abdominal anterolateral, e seu sacrifício pode causar paresia da musculatura abdominal com eventual hérnia ventral.

4.2.6 Lesão da cadeia simpática

A cadeia simpática paravertebral pode ser lesada durante a mobilização das cabeças costais e a retração do saco pleural. Lesões unilaterais geralmente são bem toleradas, mas podem produzir manifestações clinicamente perceptíveis: síndrome de Horner (ptose, miose, anidrose hemifacial) quando o gânglio estrelado em T1-T2 é comprometido; anidrose e rubor facial/axilar ipsilateral por interrupção das fibras sudomotoras e vasomotoras; e alterações térmicas no hemitórax e membro superior ipsilateral. Essas manifestações geralmente melhoram espontaneamente em semanas a meses, mas podem ser permanentes.

4.2.7 Lesão do ducto torácico e quilotórax pós-operatório

A lesão iatrogênica do ducto torácico durante a costotransversectomia é complicação específica desta via que merece tratamento detalhado. Embora menos frequente que em esofagectomias (incidência de até 10%) ou em cirurgias cardíacas pediátricas, pode ocorrer quando a abordagem envolve os níveis T5 a T12 pelo lado direito — situação em que o ducto corre em posição retropleural direita, na face anterior dos corpos vertebrais, imediatamente posterior à pleura parietal rechaçada durante a dissecção.[16] Abordagens pelo lado esquerdo acima de T5 também podem lesar o ducto em seu trajeto ascendente final.

Os mecanismos de lesão incluem: secção direta do ducto durante a dissecção retropleural cega; avulsão por tração inadvertida; cauterização excessiva de estruturas

"adjacentes" sem reconhecimento do ducto (que é translúcido e de pequeno calibre, dificilmente visível se intacto); lesão por instrumental durante a ressecção do disco ou do corpo vertebral; e ligaduras em massa que inadvertidamente capturam o ducto. Pacientes com linfonodos aumentados na região paravertebral (por infecção, tumor, tuberculose) apresentam risco aumentado, pois as estruturas linfáticas próximas ao ducto distorcem a anatomia normal.

A característica mais traiçoeira dessa complicação é a raridade do reconhecimento intraoperatório: o ducto intacto é praticamente invisível, e em paciente em jejum a fuga linfática é clara e escassa, facilmente confundida com solução salina de irrigação ou com líquor. O diagnóstico usualmente ocorre no pós-operatório, quando o paciente reinicia dieta enteral contendo gorduras: o líquido drenado por dreno torácico ou coletado por toracocentese assume o aspecto leitoso característico do quilo, rico em quilomícrons e triglicerídeos.

O diagnóstico do quilotórax pós-operatório baseia-se em critérios laboratoriais bem estabelecidos: nível de triglicerídeos no líquido pleural superior a 110 mg/dL, presença de quilomícrons na eletroforese lipídica, razão de triglicerídeos pleural/sérico superior a 1 e coloração leitosa após reintrodução de dieta com gorduras.[16] Em pacientes em jejum ou em nutrição parenteral, o aspecto pode ser claro ou seroso, exigindo teste com refeição rica em gorduras (ou infusão de creme via sonda) para confirmação. A linfangiografia e a linfocintilografia podem localizar o ponto de fuga em casos duvidosos ou para planejamento de reintervenção.

O manejo inicial do quilotórax é conservador e resolutivo em aproximadamente 50% dos casos. Envolve: drenagem torácica contínua para quantificar o débito e prevenir comprometimento respiratório; instituição de dieta com triglicerídeos de cadeia média (TCM), que são absorvidos diretamente pelo sistema portal, poupando o ducto torácico; em débitos mais elevados (acima de 1.000 mL/dia) ou em pacientes gravemente debilitados, nutrição parenteral total com suspensão completa da dieta enteral; uso de octreotide (análogo de somatostatina, 50 a 100 mcg SC 8/8h) que reduz o fluxo linfático esplâncnico; correção de alterações hidroeletrolíticas e reposição proteica, dada a perda significativa de linfócitos e proteínas no quilo; e monitorização de complicações imunológicas (linfopenia pode predispor a infecção oportunista em drenagens prolongadas).

A falha do tratamento conservador — caracterizada por débito persistentemente elevado por mais de 7 a 14 dias, ou pela impossibilidade de nutrição adequada — indica tratamento intervencionista. As opções incluem: embolização percutânea do ducto torácico por radiologia intervencionista, procedimento pouco invasivo com taxas de sucesso de 60%–70% em mãos experientes; pleurodese química (com talco ou tetraciclina) para obliteração do espaço pleural; e ligadura cirúrgica do ducto torácico, geralmente por toracotomia direita baixa ou toracoscopia, com ligadura em bloco dos tecidos retropleurais entre a aorta e a veia ázigos acima do diafragma (técnica de mass ligation). A ligadura em posição supradiafragmática é preferida porque o ducto é único e espesso nessa região, ao contrário de sua porção cervical onde pode haver divisões e variantes.[16]

A prevenção desta complicação, tal como detalhada no Capítulo 5 (Seção 5.7), baseia-se em: conhecer e respeitar o trajeto do ducto torácico; evitar dissecção cega na face anterolateral direita dos corpos vertebrais entre T5 e T12; usar técnica meticulosa e bem iluminada durante a manipulação retropleural; inspecionar cuidadosamente o campo cirúrgico antes do fechamento, com atenção a qualquer extravasamento de líquido claro, mesmo em pequenas quantidades; e, em cirurgias oncológicas extensas na zona de risco, considerar a ligadura profilática em bloco da zona retropleural direita ao nível de T11-T12, como descrito em protocolos de cirurgia de aneurismas toracoabdominais. A mortalidade associada ao quilotórax não tratado pode chegar a 10%, ressaltando a importância de suspeição clínica precoce e manejo agressivo.

4.3 Complicações Pós-Operatórias Imediatas

4.3.1 Fístula liquórica e pseudomeningocele

Quando uma lesão dural passa despercebida ou seu reparo falha, o paciente pode evoluir no pós-operatório com fístula liquórica — manifestada por drenagem clara pela ferida cirúrgica, cefaleia postural, pseudomeningocele palpável ou crescente sintoma neurológico. Uma complicação particular da costotransversectomia é a comunicação de líquor com o espaço pleural (fístula liquórico-pleural), caracterizada por derrame pleural claro persistente.

A persistência da fístula é porta de entrada para meningite, osteomielite, discite e infecção da ferida cirúrgica — complicações potencialmente catastróficas que justificam

manejo agressivo. O tratamento inicial de uma fístula pós-operatória identificada precocemente é conservador: repouso em decúbito horizontal por 3 a 5 dias, hidratação adequada, antibioticoterapia profilática em casos selecionados, e drenagem lombar externa para desvio do fluxo liquórico e fechamento espontâneo da fístula. A persistência ou o aumento do débito indica reabordagem cirúrgica para reparo direto da durotomia.[8]

4.3.2 Complicações pulmonares

As complicações pulmonares constituem importante morbidade pós-operatória da costotransversectomia, embora menos frequentes que após toracotomia. Incluem atelectasia, pneumonia, derrame pleural reativo, pneumotórax residual, hemotórax e insuficiência respiratória aguda.

O pneumotórax pós-operatório decorre de lesão pleural intraoperatória não reconhecida ou de reparo ineficaz. Em pequenos pneumotórax assintomáticos, a observação com radiografias seriadas pode ser suficiente; pneumotórax maiores ou sintomáticos demandam drenagem torácica por tubo fechado. O hemotórax pós-operatório é menos frequente, mas pode ocorrer por sangramento de vasos segmentares ou coleção intrapleural de origem operatória; o manejo envolve drenagem e, se persistente, reabordagem.

A atelectasia e a pneumonia pós-operatórias são favorecidas pela dor incisional, pela imobilidade, pelo tempo cirúrgico prolongado e pelos frequentes bloqueios analgésicos que limitam a tosse. Incidência reportada varia de 3% a 10% dos casos.[13] A prevenção baseia-se em analgesia multimodal eficaz (evitando dependência de opioides), fisioterapia respiratória precoce, mobilização precoce, espirometria de incentivo e abordagem nutricional adequada.

4.3.3 Infecção da ferida operatória

A taxa de infecção superficial e profunda após costotransversectomia varia de 2% a 8%, a depender da patologia de base, comorbidades do paciente, duração do procedimento e presença de fatores de risco específicos (diabetes, obesidade, tabagismo, desnutrição, uso prolongado de corticosteroides, radioterapia prévia).[5,13] Pacientes oncológicos e pacientes operados por infecção vertebral apresentam taxas sensivelmente maiores.

As infecções profundas da coluna são particularmente preocupantes pela proximidade com o implante metálico e pelo risco de osteomielite, discite e mediastinite, esta última potencialmente fatal. A prevenção envolve: antibioticoprofilaxia apropriada (cefazolina, eventualmente associada à vancomicina em locais de alta prevalência de Staphylococcus aureus resistente à meticilina); técnica cirúrgica meticulosa com hemostasia adequada; irrigação copiosa do campo com solução salina; uso de vancomicina em pó tópica (controvérsia na literatura, mas amplamente adotada); fechamento por planos anatômicos; e cuidados pós-operatórios atentos à ferida.

O manejo da infecção profunda estabelecida envolve desbridamento cirúrgico, cultura de material, antibioticoterapia prolongada orientada por cultura e, em casos selecionados, manutenção do implante quando este ainda é necessário para estabilidade. A retirada do implante em fase inicial da consolidação óssea pode produzir desestabilização catastrófica.

4.3.4 Hematoma epidural pós-operatório

O hematoma epidural pós-operatório é complicação rara (incidência menor que 1%), mas devastadora, pois sua apresentação clínica é o déficit neurológico progressivo nas primeiras 24 a 72 horas após a cirurgia.[13] Manifesta-se por dor neurológica nova ou progressiva, piora da força em membros inferiores, alterações sensitivas e comprometimento esfincteriano.

O diagnóstico clínico deve motivar ressonância magnética ou tomografia urgente, e a confirmação demanda reabordagem cirúrgica imediata para drenagem do hematoma. O tempo decorrido entre o início dos sintomas e a descompressão é o principal determinante prognóstico — descompressão em menos de 8 horas associa-se a taxas significativamente maiores de recuperação neurológica.

4.3.5 Outras complicações clínicas

Pacientes submetidos à costotransversectomia estão sujeitos a todo o espectro de complicações clínicas do pós-operatório de grandes cirurgias, incluindo: tromboembolismo venoso (TEV), com incidência estimada em 1% a 3% apesar da profilaxia; infarto agudo do miocárdio; íleo paralítico; retenção urinária; delírio pós-

operatório (especialmente em idosos); úlcera de pressão; e, em pacientes oncológicos, complicações específicas como síndrome de lise tumoral em casos raros.[13]

A profilaxia para TEV deve incluir medidas mecânicas (meias de compressão pneumática intermitente intraoperatória e até a deambulação) e farmacológicas (heparina de baixo peso molecular), iniciadas no momento apropriado após controle do risco hemorrágico pós-operatório. Em pacientes oncológicos, o risco trombótico é particularmente elevado e a profilaxia deve ser individualizada.

4.4 Complicações Tardias

4.4.1 Instabilidade segmentar e cifose pós-operatória

A ressecção extensiva de elementos posteriores (lâmina, processo transverso, facetas) e anteriores (disco, corpo vertebral) durante a costotransversectomia pode comprometer a estabilidade segmentar e levar, ao longo do tempo, à cifose progressiva, especialmente em pacientes sem instrumentação concomitante ou com instrumentação inadequada.

O estudo cadavérico de Broc e colaboradores demonstrou que a microdiscectomia transtorácica isolada produz aumento biomecanicamente pouco significativo da amplitude de movimento em cinco espécimes torácicos humanos,[12] sugerindo que, em pacientes sem osteoporose prévia ou deformidade, a discectomia isolada pode ser realizada sem instrumentação. Entretanto, em presença de osteoporose, deformidade prévia, ressecção multinível ou corpectomia, a instrumentação e artrodese são recomendadas. A literatura atual sugere instrumentação sistemática em todas as costotransversectomias associadas à corpectomia ou à ressecção de pedículo.

A cifose pós-operatória é mais frequente em pacientes jovens com coluna biologicamente ativa, em casos de radioterapia pós-operatória (que compromete a consolidação óssea), em pacientes com osteoporose subjacente e em ressecções multinível extensas. O manejo de cifoses progressivas sintomáticas pode exigir revisões cirúrgicas complexas com osteotomias e instrumentação estendida.

4.4.2 Dor crônica e neuralgia intercostal

A dor crônica pós-operatória é uma das complicações mais subestimadas da costotransversectomia. Duas formas principais merecem atenção: a dor mecânica crônica na região da costotransversectomia (por alteração da biomecânica torácica, pseudoartrose costal ou aderências) e a neuralgia intercostal decorrente da lesão ou secção eletiva do nervo intercostal.

A neuralgia intercostal manifesta-se como dor em queimação, em faixa, acompanhando o dermátomo do nervo lesado, frequentemente exacerbada por movimentos respiratórios ou esforços. Em série de dez casos de costotransversectomia para hérnia discal, três pacientes (30%) apresentaram neuralgia intercostal pós-operatória transitória, com resolução completa em três meses.[11] Entretanto, em cirurgias mais extensas (corpectomias, ressecções oncológicas), a incidência de dor neuropática crônica pode ser significativamente maior e mais duradoura.

A prevenção envolve técnica meticulosa de dissecção do feixe neurovascular intercostal, evitando-se tração excessiva, cauterização direta ou ligaduras em massa. Quando a secção do nervo é inevitável, a ligadura proximal com implantação do coto nervoso em tecido muscular (técnica descrita para prevenção de neuroma) pode reduzir a incidência de neuralgia crônica.[10]

Quando a secção do nervo intercostal é inevitável, recomenda-se a técnica de neurectomia proximal com implantação do coto em tecido muscular, descrita para a prevenção de neuroma sintomático. O princípio é simples: o brotamento axonal de um coto nervoso deixado livre em tecido cicatricial ou subcutâneo tende a formar neuroma doloroso, ao passo que o mesmo coto, quando sepultado em ventre muscular saudável, organiza-se de maneira menos sintomática. Executa-se a técnica em quatro passos. Primeiro, isola-se o feixe neurovascular intercostal e identifica-se o nervo de forma inequívoca. Segundo, realiza-se a secção do nervo de modo cortante e proximal, recuando-se em relação à zona de lesão e à linha de incisão, sob mínima tração e sem esmagamento ou cauterização da extremidade — manobras que favorecem o neuroma. Terceiro, permite-se a retração natural do coto e prepara-se um leito em musculatura vizinha bem vascularizada (intercostal, paravertebral ou grande dorsal, conforme o nível), afastado do leito ósseo de ressecção e de superfícies móveis. Quarto, sepulta-se a extremidade nervosa no interior do músculo, sem tensão,

fixando-a com um ponto epineural delicado de fio fino (6-0 ou 7-0). O sepultamento intramuscular do coto reduz a incidência de neuralgia intercostal crônica e constitui medida profilática de baixo custo técnico, recomendada sempre que o sacrifício do nervo for planejado.

O manejo da neuralgia estabelecida inclui analgésicos convencionais, anticonvulsivantes (gabapentina, pregabalina), antidepressivos tricíclicos ou inibidores duais, bloqueios anestésicos e, em casos refratários, neurectomia com implantação do coto, radiofrequência pulsada do gânglio dorsal ou estimulação medular.

4.4.3 Pseudoartrose

A falha de consolidação óssea (pseudoartrose) após costotransversectomia com artrodese é complicação reconhecida, com incidência variável a depender da qualidade óssea, da técnica utilizada, da presença de infecção ou de radioterapia prévia, e do uso de enxertos autólogos versus sintéticos. Manifestações clínicas incluem dor mecânica persistente, falha do implante (quebra de hastes ou parafusos), perda de correção e eventual desenvolvimento de cifose segmentar.

O diagnóstico combina dados clínicos, radiografias dinâmicas (demonstrando mobilidade no segmento operado), tomografia computadorizada (avaliação direta da massa de fusão) e, em casos duvidosos, cintilografia ou PET-TC. O manejo envolve revisão da artrodese com novo enxerto (preferencialmente autólogo de crista ilíaca), uso de proteínas osteogenéticas (BMP, quando indicado), revisão da instrumentação e tratamento de fatores sistêmicos contributivos (tabagismo, desnutrição, uso de AINEs, deficiência de vitamina D).

4.4.4 Falha da instrumentação

A falha da instrumentação metálica — quebra de hastes, soltura de parafusos pediculares, desmontagem da construção — pode ocorrer nos meses a anos após a cirurgia, especialmente em casos de pseudoartrose, osteoporose grave, deformidades residuais, pacientes oncológicos com progressão local e construtos longos atravessando áreas biomecanicamente desfavoráveis (como a transição toracolombar).

A suspeita clínica de falha da instrumentação (dor nova, mudança postural, crepitação) deve motivar investigação radiológica. O manejo depende da causa subjacente e pode envolver desde observação em paciente assintomático até revisão cirúrgica extensa com ressecção da instrumentação falha e nova reconstrução.

4.4.5 Síndrome da junção adjacente

Em pacientes submetidos à costotransversectomia com artrodese extensa, particularmente aquelas que envolvem a transição toracolombar, há risco de degeneração adjacente à instrumentação (doença do segmento adjacente) ou, mais especificamente, de cifose junctional proximal ou distal (proximal/distal junctional kyphosis — PJK/DJK).[14]

Essas complicações manifestam-se meses a anos após a cirurgia primária, com dor, cifose progressiva acima ou abaixo do último segmento operado, e, em casos graves, déficit neurológico por estenose. Fatores de risco incluem: idade avançada, osteoporose, instrumentação terminando em níveis biomecanicamente desfavoráveis, desequilíbrio sagital residual, e fixações muito rígidas. O manejo varia desde observação até aumento da extensão da fixação em casos sintomáticos progressivos.

4.5 Comparação com Outras Abordagens

A costotransversectomia apresenta perfil de complicações favorável quando comparada às alternativas disponíveis para acesso à coluna torácica anterior. Revisão sistemática de Lubelski e colaboradores, analisando 774 pacientes em 31 estudos, estabeleceu as seguintes taxas médias de complicações: costotransversectomia 15%, extracavitária lateral 17% e toracotomia transtorácica 39%. A toracotomia apresentou também as maiores taxas de reoperação (3,5%) e de mortalidade perioperatória (1,5%).[1]

Em metanálise específica para hérnias discais torácicas (Brotis e colaboradores), complicações clínicas (21%) e de ferida operatória (11%) foram as mais frequentes, com perfil relativamente semelhante entre as diferentes abordagens posterolaterais.[7,15] Comparações entre costotransversectomia e extracavitária lateral no mesmo centro demonstram perda sanguínea ligeiramente menor e tempo de internação mais curto para a costotransversectomia, com perfil neurológico e de complicações similar.[2,6]

Esses dados comparativos reforçam a costotransversectomia como opção equilibrada — suficientemente ampla para lidar com patologias complexas, mas com morbidade inferior à das abordagens transtorácicas — ressaltando, uma vez mais, que a escolha técnica deve ser individualizada caso a caso.

4.6 Estratégias Gerais para Redução de Complicações

A redução de complicações em costotransversectomia depende menos de técnicas isoladas e mais da implementação sistemática de boas práticas em todo o percurso perioperatório. As seguintes estratégias, embora não específicas da costotransversectomia, têm evidência consolidada na literatura de cirurgia de coluna complexa:

- Avaliação multidisciplinar pré-operatória, incluindo otimização nutricional, controle glicêmico, cessação do tabagismo e tratamento de comorbidades;
- Planejamento cirúrgico detalhado com base em imagens tridimensionais (TC, RM, angio-TC quando indicado);
- Checklist cirúrgico sistemático (Safe Surgery Checklist) com confirmação do lado, do nível e da técnica antes da incisão;
- Monitorização neurofisiológica intraoperatória com equipe experiente em todas as costotransversectomias;
- Navegação assistida por imagem ou fluoroscopia 3D quando disponível, especialmente em cirurgias complexas;
- Controle intraoperatório rigoroso da pressão arterial média (maior que 85 mmHg) durante etapas críticas;
- Tempo cirúrgico minimizado sempre que possível — tempos cirúrgicos prolongados correlacionam-se com maior incidência de infecção e complicações clínicas;
- Mobilização precoce no pós-operatório e fisioterapia respiratória agressiva;
- Analgesia multimodal para reduzir o uso de opioides e favorecer a reabilitação precoce;
- Acompanhamento estruturado a longo prazo, com radiografias seriadas, para detecção precoce de complicações tardias.

4.7 Considerações

Ao aceitar o desafio de realizar uma costotransversectomia, o cirurgião assume o compromisso não apenas com a execução técnica impecável, mas com a vigilância constante contra um espectro largo de complicações possíveis. A literatura contemporânea oferece dados suficientemente robustos para estabelecer taxas esperadas e estratégias de prevenção — informação que deve ser compartilhada de maneira transparente com o paciente durante o processo de consentimento informado.

A costotransversectomia bem executada, com indicação precisa, técnica meticulosa, monitorização adequada e equipe preparada produz resultados cirúrgicos satisfatórios em ampla gama de patologias. Mas é preciso reconhecer que aproximadamente metade dos pacientes submetidos à corpectomia por essa via apresentará ao menos uma complicação nos primeiros 90 dias, e que parte delas é evitável com atenção sistemática aos princípios discutidos neste capítulo.

Nos capítulos seguintes, discutiremos a descrição pormenorizada da técnica cirúrgica (Capítulo 6) e apresentaremos sua demonstração fotográfica em dissecção cadavérica (Capítulo 7), na qual os gestos técnicos que traduzem os princípios de prevenção de complicações aqui abordados — respeito ao plano pleural, dissecção segura nas proximidades das raízes e do saco dural, delimitação anatômica da ressecção óssea — poderão ser visualmente reconhecidos e incorporados à prática.

Referências

1. Lubelski D, Abdullah KG, Steinmetz MP, et al. Lateral extracavitary, costotransversectomy, and transthoracic thoracotomy approaches to the thoracic spine: review of techniques and complications. J Spinal Disord Tech. 2013;26(4):222-232.
2. Lubelski D, Abdullah KG, Mroz TE, et al. Lateral extracavitary vs. costotransversectomy approaches to the thoracic spine: reflections on lessons learned. Neurosurgery. 2012;71(6):1096-1102.
3. El Naga AN, Gendelberg D, Tavolaro C, Zhou H, Bellabarba C, Bransford RJ. Thoracic costotransversectomy characteristics and 90-day complications vary based on underlying diagnosis. J Neurosurg Spine. 2023;39(6):831-838.

4. El Naga AN, Tavolaro C, Rebich E, et al. P31. Intraoperative complications and neurologic changes following posterior thoracic corpectomies via a costotransversectomy type approach. Spine J. 2019;19(9 Suppl):S165-S166.
5. Wiggins GC, Mirza S, Bellabarba C, et al. Perioperative complications with costotransversectomy and anterior approaches to thoracic and thoracolumbar tumors. Neurosurg Focus. 2001;11(6):e4.
6. Resnick DK, Benzel EC. Lateral extracavitary approach for thoracic and thoracolumbar spine trauma: operative complications. Neurosurgery. 1998;43(4):796-803.
7. Brotis AG, Tasiou A, Paterakis K, et al. Complications associated with surgery for thoracic disc herniation: a systematic review and network meta-analysis. World Neurosurg. 2019;132:334-342.
8. Barber SM, Fridley JS, Konakondla S, et al. Cerebrospinal fluid leaks after spine tumor resection: avoidance, recognition and management. Ann Transl Med. 2019;7(10):217.
9. Epstein NE. A review article on the diagnosis and treatment of cerebrospinal fluid fistulas and dural tears occurring during spinal surgery. Surg Neurol Int. 2013;4(Suppl 5):S301-S317.
10. Williams EH, Williams CG, Rosson GD, Heitmiller RF, Dellon AL. Neurectomy for treatment of intercostal neuralgia. Ann Thorac Surg. 2008;85(5):1766-1770.
11. Scoscina D, Amico S, Angeletti E, Martiniani M, Meco L, Specchia N, et al. Surgical approach to single-level symptomatic thoracic disc herniations through costotransversectomy: A report of ten case series. J Craniovertebr Junction Spine. 2023;14(1):44-49.
12. Broc GG, Crawford NR, Sonntag VK, Dickman CA. Biomechanical effects of transthoracic microdiscectomy. Spine. 1997;22(6):605-612.
13. Nasser R, Yadla S, Maltenfort MG, et al. Complications in spine surgery. J Neurosurg Spine. 2010;13(2):144-157.
14. Kim HJ, Iyer S. Proximal Junctional Kyphosis. J Am Acad Orthop Surg. 2016;24(5):318-326.
15. Arts MP, Bartels RH. Anterior or posterior approach of thoracic disc herniation? A comparative cohort of mini-transthoracic versus transpedicular discectomies. Spine J. 2014;14(8):1654-1662.
16. Nair SK, Petko M, Hayward MP. Aetiology and management of chylothorax in adults. Eur J Cardiothorac Surg. 2007;32(2):362-369.

CAPÍTULO 5

ANATOMIA APLICADA

A anatomia humana é o alfabeto da cirurgia.

5.1 Introdução

A costotransversectomia é, talvez mais do que qualquer outra abordagem da coluna, uma técnica verdadeiramente anatômica. Seu sucesso depende da compreensão precisa das relações tridimensionais entre o corpo vertebral, o pedículo, o processo transverso, a cabeça e o colo da costela, e das estruturas neurovasculares que se dispõem ao redor desse complexo ósseo. Um cirurgião que não domina essa anatomia navega no escuro; o que a domina opera com segurança mesmo em cenários adversos.

Este capítulo apresenta a anatomia aplicada da coluna torácica do ponto de vista do cirurgião que realiza a costotransversectomia. Após uma visão geral da anatomia vertebral torácica, discutiremos em detalhe: as articulações costovertebral e costotransversária, o complexo pedículo-costela, os músculos paravertebrais, as relações pleurais e pulmonares, o suprimento vascular da medula (com atenção especial à artéria de Adamkiewicz), a drenagem linfática (com ênfase no ducto torácico), os nervos intercostais e a cadeia simpática. Uma seção dedicada discutirá, em profundidade, as particularidades anatômicas por zona — torácica alta, média e toracolombar — fundamentando decisões cirúrgicas seguras.

5.2 Anatomia Geral da Vértebra Torácica

A vértebra torácica típica (T2 a T8) possui características morfológicas que a distinguem das vértebras cervicais e lombares.[15,16] O corpo vertebral é cordiforme, ligeiramente mais alto posteriormente do que anteriormente — característica que contribui para a cifose fisiológica torácica. Apresenta, em suas faces laterais, as facetas costais superior e inferior (ou demifacetas), que se articulam com as cabeças das costelas correspondentes.

O pedículo torácico é curto, robusto e orientado ligeiramente lateral e ventralmente. Seu diâmetro médio-lateral é menor que o transverso, o que tem implicações diretas na colocação de parafusos pediculares.[1,2] As lâminas são espessas, largas e sobrepõem-se umas às outras como telhas de um telhado, estreitando o canal medular e tornando a coluna torácica particularmente sujeita à compressão medular em situações de fratura ou hérnia.

Os processos espinhosos são longos, finos e acentuadamente dirigidos para baixo — acavalando-se ao segmento inferior —, o que implica cuidado específico na identificação dos níveis cirúrgicos. Os processos transversos são robustos, projetam-se posterolateralmente e, crucialmente para a costotransversectomia, apresentam em sua face anterior uma faceta articular para o tubérculo da costela correspondente (faceta costotransversária).

As articulações facetárias torácicas têm orientação aproximadamente coronal, com as facetas superiores voltadas para trás e ligeiramente para cima, e as inferiores em orientação recíproca. Essa disposição limita a mobilidade torácica à flexão-extensão mínima e favorece a rotação, contribuindo com a estabilidade intrínseca dessa região da coluna.[5]

5.2.1 Vértebras atípicas

Três vértebras torácicas apresentam características atípicas que merecem atenção específica. T1 possui uma faceta costal superior completa (articula-se com a cabeça inteira da primeira costela) e uma demifaceta inferior para a segunda costela; T11 e T12 apresentam uma única faceta costal completa cada uma, localizada no pedículo, uma vez que a 11ª e a 12ª costelas se articulam apenas com sua vértebra numericamente correspondente — são as chamadas costelas flutuantes. Consequentemente, T11 e T12 não possuem articulações costotransversárias, tornando a ressecção do processo transverso nessas vértebras tecnicamente distinta das demais.

5.3 As Articulações Costovertebral e Costotransversária

As articulações entre a costela e a vértebra — exclusivas da coluna torácica — são o alvo anatômico central da costotransversectomia. Compreender sua estrutura é pré-requisito para executar a técnica com segurança.

5.3.1 Articulação costovertebral (costocorporal)

A articulação costovertebral é formada pela articulação da cabeça da costela com as facetas costais de duas vértebras adjacentes e com o disco intervertebral interposto. A maioria das costelas (da 2ª à 9ª) articula-se com as demifacetas superior e inferior de duas vértebras, sendo que a cabeça da costela cruza o nível do disco. Já a 1ª, a 10ª, a 11ª e a 12ª costelas se articulam com uma única vértebra — regra conhecida na anatomia cirúrgica como “cada costela pertence à sua vértebra”.

A estabilidade da articulação costovertebral é garantida por três estruturas ligamentares principais: a cápsula fibrosa articular, o ligamento radiado da cabeça da costela (que se abre em leque da cabeça da costela para os corpos das duas vértebras adjacentes e para o disco) e o ligamento intra-articular da cabeça da costela (que fixa a cabeça costal diretamente ao disco intervertebral, dividindo a cavidade articular em dois compartimentos).[4] A secção desses ligamentos durante a costotransversectomia é etapa essencial para a mobilização e ressecção da cabeça da costela.

5.3.2 Articulação costotransversária

A articulação costotransversária — a que dá nome à técnica — é formada pela articulação do tubérculo da costela com o processo transverso da vértebra correspondente. Está presente da 1ª à 10ª costela; a 11ª e a 12ª, sendo costelas flutuantes curtas, não apresentam tubérculo nem articulação costotransversária. Essa peculiaridade anatômica é o que torna a “costotransversectomia” em T11 e T12 essencialmente uma ressecção do processo transverso e da cabeça da costela, sem componente de articulação costotransversária.

A articulação é reforçada por três ligamentos costotransversários: o ligamento costotransversário propriamente dito (que une o colo da costela ao processo transverso), o ligamento costotransversário lateral (tubérculo costal ao processo transverso) e o ligamento costotransversário superior (da borda superior do colo costal ao processo transverso da vértebra suprajacente).[4] Durante a costotransversectomia, esses ligamentos são sistematicamente seccionados para liberar a costela do processo transverso.

5.3.3 O complexo pedículo-costela

Do ponto de vista cirúrgico atual, a costela e o pedículo torácico formam uma unidade anatômica — o complexo pedículo-costela — que tem implicações importantes tanto para a costotransversectomia quanto para a colocação de parafusos pediculares torácicos. Estudos anatômicos detalhados demonstram que, de T1 a T9, a costela sobrepõe-se completa ou quase completamente ao pedículo em sua face anterolateral. Já de T10 a T12, a sobreposição é apenas parcial.[13] Essa relação tridimensional tem três consequências práticas:

- A ressecção da costela e do tubérculo costal descobre a face lateral do pedículo, ampliando significativamente o acesso ao corpo vertebral;
- A cabeça da costela serve como referência anatômica confiável para identificar o disco intervertebral: a cabeça da n-ésima costela cruza o nível do disco entre as vértebras T(n-1) e Tn;
- A resistência mecânica combinada do pedículo e da costela pode ser explorada para fixação com parafusos costotransversários em situações em que o pedículo isolado seria insuficiente.

5.3.4 O complexo pedículo-facetas

De maneira complementar à unidade pedículo-costela descrita acima, existe uma segunda unidade anatômica funcional de extrema relevância cirúrgica para a costotransversectomia: o complexo pedículo-facetas, formado pela articulação tridimensional entre o pedículo e as duas facetas articulares do mesmo nível vertebral — a faceta articular superior (que se articula com a faceta inferior da vértebra suprajacente) e a faceta articular inferior (que se articula com a faceta superior da vértebra subjacente). A geometria desse conjunto pode ser compreendida de modo intuitivo por meio de uma analogia arquitetônica: as duas facetas — superior e inferior — funcionam como os dois extremos de uma “ponte” articular, cujo pilar central de sustentação é o próprio pedículo. Essa “ponte” é a estrutura que conecta funcionalmente os elementos posteriores ao corpo vertebral, e é também o elemento anatômico que delimita posteriormente o forame intervertebral — espaço através do qual transita a raiz nervosa correspondente.

Compreender essa configuração tridimensional é fundamental para a execução segura tanto da abertura do canal medular quanto do forame durante a costotransversectomia, através da pediculectomia ampliada.[3]

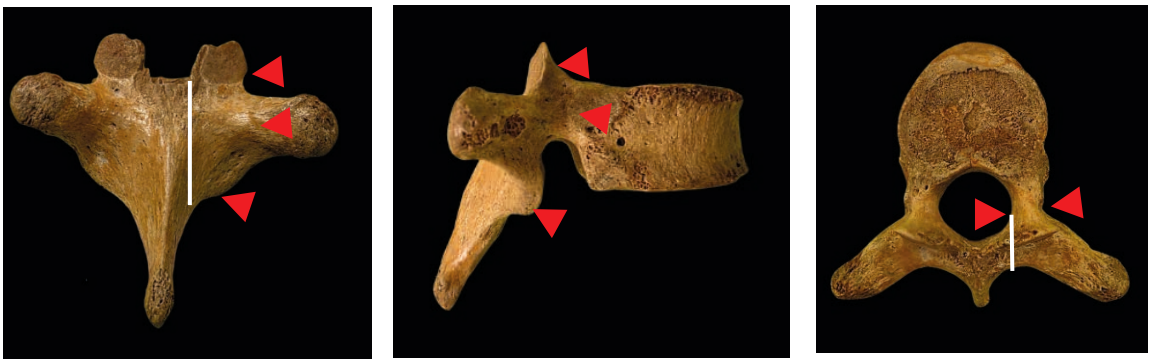


Figura 5.1 – Complexo pedículo-facetas

5.4 Musculatura Paravertebral

A dissecção muscular é a primeira etapa da costotransversectomia e envolve planos musculares que devem ser respeitados ou secionados de maneira racional, conforme a extensão necessária. Os músculos paravertebrais podem ser divididos em dois grupos principais:

5.4.1 Musculatura extrínseca

A camada mais superficial é composta pelo trapézio (na região torácica alta e média) e pelo grande dorsal (na região torácica média e baixa). Logo abaixo encontram-se os romboides (maior e menor) e o serrátil posterior superior, no terço superior, e o serrátil posterior inferior, no terço inferior. Essas musculaturas são afastadas lateralmente durante a dissecção, geralmente sem necessidade de secção. Em dissecções extensas para a costotransversectomia ampliada ou para a abordagem extracavitária lateral, pode ser necessário seccionar algumas dessas fibras, o que deve ser feito com atenção à preservação dos vasos e nervos que nelas penetram.

5.4.2 Musculatura intrínseca (paravertebral profunda)

O grupo paravertebral profundo é composto pela massa do eretor da espinha — que inclui, medial para lateral, os músculos espinhal, longuíssimo e iliocostal — e, mais profundamente, o grupo transversoespinhal (semiespinhal, multífido e rotadores). Durante a costotransversectomia, esses músculos são descolados subperiostalmente dos processos espinhosos e das lâminas, em direção medial-para-lateral, até expor o processo transverso e a parte proximal da costela.

Um ponto técnico importante é que a dissecção subperiostal rigorosa minimiza o sangramento e permite descolar a musculatura em bloco, preservando-a para posterior reinserção. A dissecção “no músculo” — em planos errados, entre fibras musculares — produz hemorragia difusa e dificulta a exposição.

5.5 Relações Pleurais e Pulmonares

A pleura parietal é a estrutura mais crítica a ser preservada durante a costotransversectomia. Sua lesão inadvertida resulta em pneumotórax, que, embora tipicamente pequeno e tratável com dreno ou observação, configura complicação potencialmente grave em pacientes com função pulmonar comprometida.

A pleura recobre internamente a parede torácica posterior, aderindo à face interna das costelas e aos espaços intercostais. Na região paravertebral, a pleura encontra-se a poucos milímetros da cabeça da costela e do corpo vertebral. Durante a mobilização e ressecção da costela, a pleura deve ser dissecada da face interna da costela com cuidado — geralmente com o dedo ou dissector rombo (Freer, Cobb) — e rechaçada anteriormente, protegida por compressas úmidas.

Sinais de lesão pleural incluem: sopro aéreo audível, bolhas de ar no campo cirúrgico, queda da saturação de oxigênio, aumento da pressão respiratória. Quando identificada intraoperatoriamente, a lesão pleural deve ser manejada imediatamente com sutura, cola biológica ou colocação de dreno torácico, conforme sua extensão. O anestesiologista deve ser informado e a ventilação ajustada. A topografia da pleura também varia por segmento: no ápice pulmonar (T1-T3), a cúpula pleural alcança nível acima da primeira costela, podendo ser lesada mesmo antes da ressecção costal; nas regiões média e baixa, a pleura parietal é mais facilmente identificada e preservada.

5.6 Suprimento Vascular da Medula Espinhal Torácica

De todas as considerações anatômicas em cirurgia da coluna torácica, nenhuma supera em importância o respeito ao suprimento arterial da medula espinhal. A isquemia medular por lesão vascular é uma complicação devastadora e, frequentemente, irreversível. O cirurgião que realiza costotransversectomia deve ter compreensão sólida dessa anatomia antes de qualquer incisão.

5.6.1 A artéria espinhal anterior e o suprimento arterial longitudinal

A medula espinhal é suprida por uma artéria espinhal anterior — que corre na fissura mediana anterior e vasculariza os dois terços anteriores da medula — e por um par de artérias espinhais posteriores, que vascularizam o terço posterior. Essas artérias são relativamente pequenas e recebem, ao longo do trajeto medular, reforços segmentares provenientes das artérias radiculomedulares, que, por sua vez, originam-se dos ramos espinhais das artérias segmentares (intercostais, no tórax; lombares, no abdome).[8,9]

A distribuição desses reforços é desigual: apenas cerca de 8 a 10 artérias radiculomedulares alcançam efetivamente a artéria espinhal anterior em toda a extensão medular. Entre elas, uma é dominante e merece atenção especial — a artéria de Adamkiewicz.

5.6.2 Artéria de Adamkiewicz

A artéria de Adamkiewicz (também chamada artéria radicular magna ou grande artéria radiculomedular anterior) é o principal suprimento arterial para a metade inferior da medula espinhal — da região torácica média até o cone medular. Sua lesão pode resultar em síndrome da artéria espinhal anterior, com paraplegia aguda irreversível.

Metanálises recentes, incluindo mais de 5.400 indivíduos, estabelecem as seguintes características anatômicas:[6]

- Presente em 84,6% da população (em cerca de 15% dos pacientes, há duplicação ou artéria acessória);

- Única em 87,4% dos casos;
- Origina-se do lado esquerdo em 76,6% dos pacientes;
- Em 89% dos casos, nasce entre T8 e L1 — mais frequentemente entre T9 e T12;
- Em aproximadamente 15% dos indivíduos, situa-se acima de T8 — variação relevante e potencialmente perigosa.

Anatomicamente, a artéria de Adamkiewicz origina-se como ramo espinhal de uma artéria intercostal posterior (ou lombar, quando de origem baixa), penetra no canal medular pelo forame intervertebral, e, após um trajeto característico em “grampo de cabelo” (hairpin turn), anastomosa-se com a artéria espinhal anterior.

As implicações práticas desses dados para a costotransversectomia são fundamentais. Sempre que possível, deve-se preferir a abordagem pelo lado direito nas lesões entre T8 e L1, para minimizar o risco de lesão da artéria de Adamkiewicz. Quando a lesão impõe abordagem obrigatória pela esquerda, ou quando a patologia não permite escolha de lado, o planejamento pré-operatório com angio-TC ou angiorressonância da coluna pode identificar a origem e o lado da artéria, permitindo planejamento cirúrgico personalizado.[7] Em cirurgias de alto risco (tumores extensos, correções de deformidades por VCR/PSO), a angiografia seletiva com embolização preventiva pode ser considerada. Artérias segmentares intercostais próximas ao nível da lesão, quando identificadas por Doppler, angiografia ou neuromonitorização, devem ser preservadas sempre que possível.

A monitorização neurofisiológica intraoperatória — com potenciais evocados somatossensitivos (PESS) e potenciais evocados motores (PEM) — é mandatória em toda costotransversectomia, sobretudo quando o nível de abordagem coincide com a faixa de origem da artéria de Adamkiewicz. Disso decorre uma regra técnica fundamental: nenhuma artéria segmentar deve ser dividida ou coagulada de forma definitiva sem antes ser submetida a uma oclusão temporária reversível — o chamado clampeamento dinâmico. Antes da ligadura definitiva, o vaso é isolado e ocluído próximo à sua origem com um clipe vascular temporário, um microclipe ou um cordão vascular (jamais por coagulação ou secção, que são irreversíveis), de modo unilateral e um nível de cada vez. Mantém-se essa oclusão de prova por um intervalo definido, tipicamente de 5 a 20 minutos, com os potenciais correndo continuamente: se o traçado permanece

estável, a artéria pode ser ligada com segurança; se há queda abrupta de amplitude (em geral superior a 50% no PEM), o clipe é imediatamente removido para restabelecer o fluxo — a reperfusão temporária —, o vaso é preservado e a estratégia replanejada. É precisamente por isso que a oclusão de prova deve ser sempre reversível, pois uma artéria já coagulada ou seccionada não pode ser recuperada. Quando a queda dos potenciais persiste apesar da reperfusão, aciona-se o conjunto de medidas de resgate da perfusão medular, derivado da cirurgia aórtica: elevação da pressão arterial média (alvo de PAM ≥ 80–90 mmHg), drenagem liquórica por dreno lombar para aumentar a pressão de perfusão medular (PPM = PAM − pressão liquórica), otimização da hemoglobina, da oxigenação e da normocapnia, e manutenção da normotermia, com reavaliação seriada dos potenciais antes de prosseguir com a ressecção.

5.7 Drenagem Linfática da Coluna Torácica

A drenagem linfática do tórax é frequentemente negligenciada no planejamento cirúrgico da coluna, mas sua compreensão é fundamental para o cirurgião que realiza costotransversectomia — particularmente pela presença do ducto torácico, principal conduto linfático do corpo humano, que percorre a face anterior da coluna torácica em íntima relação com as estruturas abordadas cirurgicamente.

5.7.1 Ducto torácico: anatomia e curso

O ducto torácico é o maior vaso linfático do corpo, com aproximadamente 38 cm a 45 cm de comprimento e 2 mm a 5 mm de diâmetro. Drena a linfa de todo o corpo, exceto a do quadrante superior direito (hemicorpo direito da cabeça, pescoço, membro superior direito e hemitórax direito, que são drenados pelo ducto linfático direito). Transporta a chamada “quilo” — linfa rica em gorduras emulsificadas absorvidas do intestino —, o que confere a essa estrutura um interesse cirúrgico particular: sua lesão produz extravasamento de líquido leitoso característico, o quilotórax.[17]

O ducto torácico origina-se da cisterna do quilo (cisterna chyli), uma dilatação linfática sacular localizada anterior ao corpo de L2, à direita da aorta abdominal. Da cisterna, o ducto ascende pelo hiato aórtico do diafragma (em T12), entrando no mediastino posterior à direita da linha média.

O curso do ducto torácico no tórax é, do ponto de vista cirúrgico, especialmente relevante e segue um padrão anatômico reconhecível que se sobrepõe diretamente à área de interesse da costotransversectomia:

- **T12-T11 (após o hiato aórtico):** o ducto encontra-se posterior à pleura parietal direita, acompanhado pela aorta à sua esquerda. Nesse segmento, corre na face anterior dos corpos vertebrais, à direita da linha média.
- **T10 a T7:** o ducto ascende entre a aorta (à sua esquerda) e a veia ázigos (à sua direita), diretamente anterior aos corpos vertebrais torácicos.
- **T7 (ponto crítico):** o ducto passa posteriormente ao esôfago e começa sua migração lateral para a esquerda — é o ponto clássico de "cruzamento" do ducto.
- **T5 (segundo ponto crítico):** o ducto emerge à esquerda do esôfago, deixando definitivamente o lado direito do mediastino. A partir daqui, ascende pelo mediastino superior à esquerda do esôfago.
- **T3-T1:** o ducto ascende à esquerda, aproximando-se do ápice pulmonar, arqueando-se anteriormente sobre a artéria subclávia esquerda para terminar na junção das veias jugular interna esquerda e subclávia esquerda (ângulo venoso esquerdo).

5.7.2 Implicações para a costotransversectomia

As consequências práticas dessa anatomia para o cirurgião que realiza costotransversectomia são específicas e relevantes:

Abordagem direita entre T12 e T5: é a situação de maior risco para lesão do ducto torácico. O ducto percorre a face anterior dos corpos vertebrais à direita da linha média, imediatamente posterior à pleura parietal direita, que é a estrutura rechaçada anteriormente durante a costotransversectomia direita. Durante a corpectomia ou a ressecção do ligamento longitudinal anterior, manobras cegas ventrais à cabeça costal nessa altura podem lesar o ducto.

Abordagem esquerda acima de T5: nessa zona o ducto migra para a esquerda e, no segmento cervicotorácico alto, passa pelo ápice pleural esquerdo. Abordagens em T1-T4 pelo lado esquerdo — particularmente em cirurgias extensas de tumores ou de deformidades — podem lesar o ducto em seu trajeto ascendente final.

Zona de transição T5-T7: é o ponto cirurgicamente mais perigoso, pois o ducto cruza a linha média e está em íntima relação com o esôfago e a aorta. Variantes anatômicas — ductos duplicados, cruzamentos em níveis diferentes do clássico, ou ductos acessórios — estão descritas em cerca de 40%–60% dos indivíduos, tornando a anatomia individual imprevisível.[18]

5.7.3 Reconhecimento intraoperatório e quilotórax

O ducto torácico intacto é difícil de ser identificado cirurgicamente pela sua cor translúcida e pelo seu pequeno calibre. Sua presença é geralmente reconhecida apenas quando lesado — pelo extravasamento característico de líquido leitoso (em paciente alimentado antes do procedimento) ou claro e seroso (em paciente em jejum). Dada a frequência com que a lesão passa despercebida no intraoperatório, a suspeita clínica deve ser alta em qualquer paciente operado de coluna torácica que, no pós-operatório, apresenta derrame pleural persistente, especialmente à direita.

O quilotórax pós-operatório tem incidência baixa após costotransversectomia — significativamente menor do que após toracotomia ou esofagectomia —, mas, quando ocorre, pode ser grave. O diagnóstico é confirmado pela análise do líquido pleural: aspecto leitoso, triglicerídeos > 110 mg/dL e presença de quilomícrons. O manejo inicial é conservador (dieta com triglicerídeos de cadeia média ou nutrição parenteral total, drenagem pleural, octreotide em casos selecionados); em cerca de 50% dos casos, há resolução. Na falha do tratamento conservador, está indicada a ligadura cirúrgica do ducto — habitualmente por toracotomia direita baixa ou por via toracoscópica, acima do diafragma e ligando o ducto em sua porção supradiafragmática, onde ainda é única.[19,20]

A prevenção primária baseia-se em: conhecer e respeitar o trajeto do ducto durante a dissecção; evitar cauterização agressiva ou dissecção cega na face anterolateral direita dos corpos vertebrais entre T5 e T12; inspecionar cuidadosamente o campo cirúrgico antes do fechamento, mantendo atenção a qualquer extravasamento de líquido claro; e, em cirurgias de grande porte que envolvam essa zona (corpectomias extensas, ressecção de tumores), considerar a ligadura profilática em bloco de tecidos da zona retropleural direita em T11-T12, técnica descrita em cirurgia de aneurismas toracoabdominais.

5.7.4 Drenagem linfática vertebral segmentar

Além do ducto torácico principal, a coluna torácica apresenta um sistema de drenagem linfática segmentar próprio, ainda pouco descrito na literatura de cirurgia de coluna. Os vasos linfáticos das vértebras torácicas e dos tecidos paravertebrais drenam, majoritariamente, para os linfonodos intercostais (situados nos espaços intercostais posteriores, próximos às cabeças das costelas) e, a partir deles, para os troncos linfáticos intercostais — que, por sua vez, desembocam no ducto torácico ou, no caso dos espaços mais altos, diretamente na cisterna linfática cervical.

Essa drenagem linfática segmentar tem importância oncológica específica: em tumores vertebrais primários e nos tumores com acometimento paravertebral (como schwannomas, cordomas e certas metástases), a disseminação pode ocorrer pela via linfática regional, justificando a avaliação pré-operatória por RM com contraste e PET-TC em casos selecionados, e a amostragem linfonodal intercostal em cirurgias oncológicas quando clinicamente indicada.

5.8 Nervos Intercostais e Cadeia Simpática

5.8.1 Nervo intercostal

O nervo intercostal é o ramo ventral do nervo espinhal torácico, que emerge do forame intervertebral e percorre o sulco costal da costela correspondente, acompanhando a veia (superior) e a artéria (intermédia) intercostais. A tríade veia-artéria-nervo (de cima para baixo: VAN) é posição anatômica consagrada e orienta a dissecção. Durante a ressecção costal, a dissecção subperiostal cuidadosa da face inferior da costela protege o feixe neurovascular, que deve ser identificado e preservado quando a ressecção é limitada, ou seccionado eletivamente quando necessária sua retração ou uso como referência.

A secção eletiva de um nervo intercostal torácico raramente produz déficit motor clinicamente significativo, mas pode causar neuralgia intercostal crônica — complicação subdiagnosticada que pode prejudicar muito a qualidade de vida do paciente. Nos níveis altos (T1-T2), a preservação do nervo é particularmente importante pela contribuição ao plexo braquial através do nervo intercostobraquial.

5.8.2 Cadeia simpática torácica

A cadeia simpática paravertebral torácica corre longitudinalmente sobre as cabeças das costelas, ligeiramente anterior a elas, dando origem aos ramos comunicantes (brancos e cinzentos) que conectam cada gânglio simpático aos nervos espinhais correspondentes. Durante a costotransversectomia, a mobilização das cabeças costais e a retração do saco pleural podem expor ou lesar a cadeia simpática.

Lesões unilaterais da cadeia simpática torácica geralmente são bem toleradas, mas podem produzir: síndrome de Horner (se acometimento do gânglio estrelado em T1-T2), anidrose e rubor facial/axilar ipsilateral (por interrupção das fibras sudomotoras e vasomotoras), alterações de temperatura no hemitórax e membro superior ipsilaterais. Essas alterações geralmente melhoram com o tempo, mas podem ser permanentes.

5.9 Particularidades Anatômicas por Segmento

A costotransversectomia, embora siga princípios gerais, apresenta variações técnicas importantes conforme o nível operado. A divisão clássica em três zonas — torácica alta, torácica média e transição toracolombar — reflete diferenças anatômicas substanciais que determinam a estratégia cirúrgica.

5.9.1 Zona torácica alta (T1-T4)

A região cervicotorácica é anatomicamente a mais complexa da coluna torácica do ponto de vista cirúrgico. Várias características concorrem para essa complexidade:

Escápula: a escápula recobre extensamente os níveis T2 a T5, constituindo obstáculo mecânico à exposição posterior. Na costotransversectomia alta, o posicionamento do paciente em decúbito ventral com protração dos ombros (braços pendentes lateralmente com almofadas sob o tórax) ou em decúbito lateral oblíquo é frequentemente necessário para afastar a escápula do campo. Em casos extremos, pode ser necessário seccionar parcialmente inserções musculares escapulares (serrátil posterior superior, romboide menor).

Costelas 1 a 3: as costelas superiores são curtas, inclinadas e tridimensionalmente complexas. A primeira costela é particularmente difícil de ressecar por estar em íntima

relação com o plexo braquial e com a artéria e veia subclávias em sua face superior. Na prática, a primeira costela raramente é o alvo da costotransversectomia; quando necessária exposição de T1-T2, trabalha-se geralmente a partir da segunda costela.

Plexo braquial e vasos subclávios: as raízes C8-T1 contribuem para a formação do plexo braquial. Lesão do nervo T1 nessa região — especialmente quando se realiza a abordagem por via anterior ou combinada — pode produzir déficit intrínseco da mão. Na via posterolateral (costotransversectomia clássica), esse risco é consideravelmente menor, mas existe em dissecções extensas.

Cúpula pleural: no ápice pulmonar, a cúpula pleural ultrapassa o nível da primeira costela, formando o chamado espaço cervicotorácico. Lesão pleural nessa região pode resultar em pneumotórax apical de difícil drenagem.

Anatomia do mediastino superior: o arco aórtico, os troncos braquiocefálicos e os vasos supra-aórticos ocupam o mediastino superior, tornando a via transesternal ou transtorácica alta tecnicamente perigosa. É precisamente por essa razão que a costotransversectomia assume o papel de abordagem de escolha em lesões de T1-T4: a via posterolateral contorna o mediastino superior sem atravessá-lo.

Nesse contexto, séries contemporâneas, como a de Shi e colaboradores (2022), sobre 132 pacientes com tuberculose vertebral alta operados por costotransversectomia extrapleural posterolateral, demonstram a segurança e eficácia da técnica na zona torácica alta, com desfechos neurológicos favoráveis mesmo em pacientes com déficit pré-operatório grave.[11]

5.9.2 Zona torácica média (T5-T10)

Esta é a zona anatomicamente mais homogênea e, por isso, aquela em que a costotransversectomia foi classicamente descrita e executada. As vértebras T5 a T10 seguem morfologia típica, com corpos cordiformes, pedículos de calibre moderado, processos transversos robustos e articulações costotransversárias bem desenvolvidas.

Alguns pontos anatômicos merecem destaque específico nessa zona:

Relação dos pedículos com as costelas: a sobreposição anterolateral da costela ao pedículo é máxima nessa região. A ressecção do tubérculo costal e de

aproximadamente 4 cm–6 cm da costela medial descobre completamente a face lateral do pedículo, permitindo sua ressecção segura e o acesso ao corpo vertebral.

Origem da artéria de Adamkiewicz: a porção inferior dessa zona (T8-T10) coincide com a origem mais frequente da artéria de Adamkiewicz, exigindo máxima atenção. Sempre que a patologia permite, prefira-se a abordagem pelo lado direito. A angio-TC ou angiorressonância pré-operatórias devem ser rotineiras em lesões que demandarão ressecção ou ligadura de vasos segmentares.

Espessura do tronco aórtico: a aorta torácica desce anterior e à esquerda dos corpos vertebrais. Nas vértebras T5-T10, está relativamente próxima à face anterolateral esquerda do corpo vertebral (cerca de 1 cm–2 cm). Durante a corpectomia por costotransversectomia esquerda, a parede aórtica deve ser sempre respeitada, especialmente em casos de tumores invasivos ou fraturas com deformidade.

Ducto torácico: o ducto torácico ascende à direita da aorta e à esquerda da ázigos em posição retropleural, percorrendo a face anterior dos corpos vertebrais T10 a T7 antes de cruzar para a esquerda a partir de T7-T5. Essa disposição coloca o ducto em risco específico durante costotransversectomias direitas na zona média. A discussão detalhada da anatomia do ducto e do manejo do quilotórax encontra-se na seção 5.7.

5.9.3 Transição toracolombar (T11-L1)

A transição toracolombar é a zona de maior complexidade técnica da costotransversectomia, porque mistura características anatômicas torácicas e lombares e porque o diafragma se interpõe no campo cirúrgico.

Costelas 11 e 12 — costelas flutuantes: a 11ª e a 12ª costelas não se articulam anteriormente com o esterno, são mais curtas que as torácicas típicas, e — crucialmente — não possuem tubérculo nem articulação costotransversária. Consequentemente, a ressecção em T11 e T12 limita-se à ressecção do processo transverso e da porção proximal da costela, sem o componente articular costotransversário clássico.

Diafragma: o diafragma insere-se, posteriormente, pelos pilares (crura) direito e esquerdo, nos corpos vertebrais de L1-L2 (à esquerda) e L1-L3 (à direita), bem como nos discos intervertebrais correspondentes. A fixação lateral é feita pelos

ligamentos arqueados medial (sobre o músculo psoas) e lateral (sobre o quadrado lombar). Cerca de 90% das inserções espinhais do diafragma encontram-se entre a borda superior de T12 e o disco L1/L2. Essa distribuição tem implicações diretas na costotransversectomia baixa.

Abordagem a T11-T12: nesses níveis, a pleura ainda cobre a face lateral dos corpos vertebrais e a costotransversectomia pode ser executada em via essencialmente retropleural, com mobilização mínima do diafragma.

Abordagem a T12-L1 e L1: aqui a técnica deve ser modificada. A abordagem tipicamente envolve: ressecção da 11ª ou 12ª costela, dissecção entre a pleura (acima do diafragma) e o peritônio (abaixo), desinserção do crus diafragmático do seu ponto de fixação vertebral, e mobilização lateral do diafragma para permitir exposição do corpo vertebral de L1. Essa técnica, conhecida também como abordagem retropleural-retroperitoneal, é mais demandante e exige familiaridade específica com a anatomia da junção toracolombar.[10,12,14]

Cone medular: a medula espinhal termina habitualmente entre T12 e L2 (na maioria dos adultos, em L1). Lesões em T11-L1 podem acometer cone medular — região com implicações prognósticas específicas quanto a esfíncteres e função sexual. A monitorização neurofisiológica nessa zona deve incluir, sempre que possível, avaliação de reflexos sacrais e raízes lombares altas.

L1 como limite inferior: abaixo de L1, a ausência de costelas elimina a razão de ser da costotransversectomia, cujo nome e técnica baseiam-se precisamente na ressecção da costela. Em L2 e níveis inferiores, as opções cirúrgicas mudam substancialmente. As abordagens lombares laterais (retroperitoneal, XLIF, OLIF) e as retroperitoneais anteriores tornam-se progressivamente mais vantajosas à medida que se desce, oferecendo exposição direta do corpo vertebral sem as limitações impostas pela ausência do arco costal. Como alternativa por via posterior, para acesso ao corpo vertebral lombar nesses níveis, devem ser considerados os acessos transpediculares — seja a descompressão transpedicular propriamente dita, seja a corpectomia lombar por via transpedicular bilateral —, que dispensam a ressecção de estruturas costais e aproveitam o pedículo lombar, anatomicamente mais largo e acomodativo que seus correspondentes torácicos, como janela de trabalho ao corpo

vertebral. A descrição técnica desses acessos transpediculares lombares foge ao escopo deste livro, dedicado especificamente à costotransversectomia.

5.10 Pontos de Referência Cirúrgicos

A identificação precisa do nível cirúrgico e das estruturas anatômicas durante a costotransversectomia é facilitada pelo reconhecimento de pontos de referência consagrados:

- **Processo espinhoso:** referência superficial palpável; atenção ao acavalamento típico, em que o processo espinhoso de Tn sobrepõe-se à lâmina de T(n+1);
- **Costela correspondente:** a cabeça da n-ésima costela cruza o nível do disco T(n-1)/Tn (regra útil na identificação de níveis discais);
- **Processo transverso:** referência intermediária, lateralizada; sua ressecção é a "porta de entrada" para a articulação costotransversária e o pedículo;
- **Tubérculo da costela:** marco anatômico da articulação costotransversária; sua identificação define a profundidade inicial da dissecção;
- **Pedículo:** identificável após ressecção do processo transverso e do tubérculo costal; inferiormente a ele encontra-se o forame intervertebral e a raiz correspondente;
- **Cabeça da costela:** após ressecção do tubérculo e secção do ligamento costotransversário, a cabeça costal pode ser mobilizada, expondo o disco intervertebral subjacente;
- **Nervo intercostal:** emerge pelo forame inferior à cabeça costal e percorre o sulco costal; referência para identificar o pedículo e o forame.
- A fluoroscopia intraoperatória ou, idealmente, a navegação computadorizada com TC ou O-arm são ferramentas essenciais para confirmar o nível e evitar cirurgia em nível errado — complicação catastrófica que, em cirurgia torácica, é favorecida pelo grande número de níveis, pela ausência de marcos palpáveis inequívocos (como ocorre na transição lombossacral) e pela eventual existência de variantes anatômicas (como costelas supranumerárias cervicais ou 11 pares de costelas).

5.11 Considerações

A anatomia aplicada da costotransversectomia não é um capítulo meramente descritivo: é o fundamento mesmo da técnica. A segurança do procedimento depende, em última análise, do reconhecimento intraoperatório rápido e preciso de cada estrutura — pedículo, cabeça costal, forame, raiz, pleura, cadeia simpática, artéria segmentar — e das relações tridimensionais entre elas, que variam significativamente ao longo dos 12 níveis torácicos e na transição toracolombar.

Zonas distintas demandam estratégias distintas: a torácica alta requer cuidado com a escápula, o plexo braquial e a cúpula pleural; a torácica média é a zona "clássica", em que o maior cuidado recai sobre a artéria de Adamkiewicz; a transição toracolombar exige manejo do diafragma e conhecimento das inserções crurais. Dominar essas particularidades é o que separa o cirurgião que se aventura na costotransversectomia do cirurgião que, com domínio, a utiliza rotineiramente como ferramenta poderosa do seu arsenal.

Nos capítulos subsequentes, essa anatomia aplicada será traduzida em gestos cirúrgicos concretos (Capítulo 6 — Descrição da Técnica Cirúrgica) e ilustração cadavérica (Capítulo 7).

Referências

1. Kuklo TR, Polly DW. Surgical anatomy of the thoracic pedicle. Semin Spine Surg. 2002;14(1):3-7.
2. Xu R, Ebraheim NA, Ou Y, Yeasting RA. Anatomic considerations of pedicle screw placement in the thoracic spine. Roy-Camille technique versus open-lamina technique. Spine. 1998;23(9):1065-1068.
3. Dickman CA, Rosenthal D, Regan JJ. Reoperation for herniated thoracic discs. J Neurosurg. 1999;91(2 Suppl):157-162.
4. Saker E, Graham RA, Nicholas R, D'Antoni AV, Loukas M, Oskouian RJ, Tubbs RS. Ligaments of the costovertebral joints including biomechanics, innervations, and clinical applications: a comprehensive review with application to approaches to the thoracic spine. Cureus. 2016;8(11):e874.
5. White AA, Panjabi MM. Clinical Biomechanics of the Spine. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott; 1990.

6. Taterra D, Skinningsrud B, Pękala PA, Hsieh WC, Cirocchi R, Walocha JA, Tubbs RS, Tomaszewski KA, Henry BM. Artery of Adamkiewicz: a meta-analysis of anatomical characteristics. Neuroradiology. 2019;61(8):869-880.
7. Yoshioka K, Niinuma H, Ohira A, Nasu K, Kawakami T, Sasaki M, Kawazoe K. MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: noninvasive preoperative assessment of thoracoabdominal aortic aneurysm. RadioGraphics. 2003;23(5):1215-1225.
8. Biglioli P, Roberto M, Cannata A, et al. Upper and lower spinal cord blood supply: the continuity of the anterior spinal artery and the relevance of the lumbar arteries. J Thorac Cardiovasc Surg. 2004;127(4):1188-1192.
9. Lazorthes G, Gouazé A, Zadeh JO, Santini JJ, Lazorthes Y, Burdin P. Arterial vascularization of the spinal cord. Recent studies of the anastomotic substitution pathways. J Neurosurg. 1971;35(3):253-262.
10. Mirilas P, Skandalakis JE. Surgical anatomy of the retroperitoneal spaces. Part II: the architecture of the retroperitoneal space. Am Surg. 2010;76(1):33-42.
11. Shi S, Ying X, Fei J, Hu S. One-stage surgical treatment of upper thoracic spinal tuberculosis by posterolateral costotransversectomy using an extrapleural approach. Arch Orthop Trauma Surg. 2022;142(10):2635-2644.
12. Uribe JS, Dakwar E, Cardona RF, Vale FL. Minimally invasive lateral retropleural thoracolumbar approach: cadaveric feasibility study and report of 4 clinical cases. Neurosurgery. 2011;68(1 Suppl Operative):32-39.
13. Xu R, Ebraheim NA, Ou Y, Yeasting RA. Anatomic considerations of costotransverse screw placement in the thoracic spine. Surg Neurol. 2000;53(4):349-354.
14. Xu DS, Walker CT, Farber SH, Godzik J, Gandhi SV, Koffie RM, et al. Surgical anatomy of minimally invasive lateral approaches to the thoracolumbar junction. J Neurosurg Spine. 2022;36(6):937-944.
15. Standring S. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. 42nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2020.
16. Netter FH. Atlas of Human Anatomy. 8th ed. Philadelphia: Elsevier; 2023.
17. Hematti H, Mehran RJ. Anatomy of the thoracic duct. Thorac Surg Clin. 2011;21(2):229-238.
18. Phang K, Bowman M, Phillips A, Windsor J. Review of thoracic duct anatomical variations and clinical implications. Clin Anat. 2014;27(4):637-644.
19. Nair SK, Petko M, Hayward MP. Aetiology and management of chylothorax in adults. Eur J Cardiothorac Surg. 2007;32(2):362-369.
20. Bender B, Murthy V, Chamberlain RS. The changing management of chylothorax in the modern era. Eur J Cardiothorac Surg. 2016;49(1):18-24.

CAPÍTULO 6

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA CIRÚRGICA

A cirurgia se aprende no livro, se ensaia no cadáver e se aperfeiçoa no paciente.

6.1 Introdução

A costotransversectomia é uma técnica que exige domínio anatômico, planejamento meticuloso e execução paciente. Nenhum outro procedimento da cirurgia de coluna concentra tamanho repertório de estruturas nobres em corredor tão estreito. O cirurgião que se propõe a executá-la deve, portanto, seguir uma sequência técnica bem estabelecida, sem atalhos, e estar preparado para reconhecer e manejar cada variante anatômica que possa surgir.[2,3,15]

Este capítulo descreve de forma sistemática a costotransversectomia clássica e suas variantes técnicas mais comuns. A apresentação segue a ordem natural da cirurgia: planejamento pré-operatório, posicionamento, anestesia e monitorização, incisão e exposição, dissecção muscular, ressecção óssea, descompressão, reconstrução da coluna anterior quando necessária, instrumentação posterior e fechamento. Para cada etapa serão apresentadas as manobras-chave, os pontos de atenção e as armadilhas mais frequentes.

O texto pressupõe a leitura prévia dos capítulos sobre anatomia aplicada (Capítulo 5) e complicações (Capítulo 4), aos quais faremos referência quando pertinente. Este capítulo é mais prático que teórico: seu objetivo é preparar o cirurgião para a execução segura do procedimento.

6.2 Planejamento Pré-Operatório

O sucesso da costotransversectomia começa muito antes do ato cirúrgico. A avaliação pré-operatória cuidadosa permite antecipar dificuldades, dimensionar a complexidade do caso e estabelecer a estratégia técnica mais adequada.

6.2.1 Avaliação clínica e multidisciplinar

A avaliação pré-operatória deve ser abrangente e incluir: exame neurológico detalhado com graduação de força (escala ASIA), sensibilidade por dermátomo, reflexos e função esfincteriana; avaliação cardiovascular e pulmonar — particularmente importante considerando que a costotransversectomia, embora menos agressiva que a toracotomia, ainda impõe estresse cirúrgico significativo; avaliação nutricional (níveis de albumina, transferrina, contagem linfocitária); controle glicêmico em diabéticos; cessação do tabagismo idealmente 4 a 8 semanas antes; e, em pacientes oncológicos, avaliação do estado funcional e da expectativa de vida.

A participação de equipe multidisciplinar é recomendada em casos complexos: oncologista clínico (em metástases), infectologista (em espondilodiscites), cirurgião torácico (como backup em abordagens altas ou em pacientes com comorbidades pulmonares), anestesiologista com experiência em cirurgia de coluna, e equipe de neurofisiologia.[20]

6.2.2 Estudos de imagem

A imagem pré-operatória é essencial e deve incluir, rotineiramente: radiografia de coluna total em ortostase (avaliação de alinhamento sagital e coronal); tomografia computadorizada do segmento de interesse com reconstruções sagital e coronal (detalhamento ósseo, planejamento da ressecção); ressonância magnética com e sem contraste (avaliação de medula, raízes, lesão e sua extensão epidural e paravertebral); em patologias com risco vascular medular, angio-TC ou angiorressonância da aorta torácica para identificação da artéria de Adamkiewicz; em tumores com componente vascular importante, angiografia seletiva com ou sem embolização pré-operatória.

Em cirurgias oncológicas complexas e em deformidades, a impressão 3D de modelo da coluna do paciente a partir da TC permite planejamento pré-operatório e treinamento em modelo físico — recurso cada vez mais disponível e extremamente valioso em casos de anatomia distorcida.

6.2.3 Planejamento técnico

Com base nas imagens, o cirurgião deve definir: o nível exato da abordagem (confirmado por contagem das vértebras a partir de marcos estáveis — sacro, última costela, junção craniocervical); o lado da abordagem (considerando a lateralidade da lesão, a localização da artéria de Adamkiewicz e a dominância do cirurgião); a extensão da ressecção óssea necessária (apenas processo transverso e tubérculo costal em abordagens limitadas; ressecção ampliada para corpectomia); a necessidade ou não de descompressão medular direta, corpectomia, reconstrução anterior e instrumentação posterior; e a estratégia de fechamento (simples, com dreno torácico, com drenagem lombar).

O consentimento informado detalhado deve discutir com o paciente os benefícios esperados, as alternativas cirúrgicas, os riscos específicos (incluindo déficit neurológico, complicações pleurais, infecção, falha da instrumentação) e as taxas globais de complicações — aproximadamente 15% para a costotransversectomia isolada, 48% para corpectomias complexas.

6.3 Posicionamento do Paciente

O posicionamento adequado é determinante para o sucesso cirúrgico. Duas posições são utilizadas: o decúbito ventral, preferido na maioria das costotransversectomias padrão, e o decúbito lateral oblíquo 20 graus (semilateral), preferido quando se planeja ressecção extensa do corpo vertebral com reconstrução por enxerto estrutural.

6.3.1 Decúbito ventral

A posição ventral é utilizada em aproximadamente 80% das costotransversectomias. O paciente é posicionado sobre mesa radiolúcida com coxins longitudinais de cada lado do tórax, permitindo expansão torácica adequada, redução da pressão abdominal (e consequentemente do retorno venoso pelas veias epidurais) e acesso simétrico aos lados direito e esquerdo do campo operatório.

Pontos de atenção no posicionamento prone: proteção de olhos, face e pontos de pressão (joelhos, crista ilíaca, ombros); posição dos braços em abdução de 90 graus ou adjacentes ao corpo, conforme o nível a ser operado (evitar braços abduzidos se o nível for T1-T4, pois limita a mobilização da escápula); cabeça em posição neutra sobre apoio específico; proteção de pontos de pressão abdominal em pacientes obesos; e aquecimento ativo para prevenção de hipotermia.

A fluoroscopia é utilizada para confirmação inicial do nível cirúrgico, marcando na pele a incisão planejada com caneta dermográfica. Em cirurgias longas, o acolchoamento deve ser revisto periodicamente para prevenção de lesões pressóricas.

6.3.2 Decúbito lateral oblíquo

A posição lateral oblíqua 20 graus, recomendada por Watkins e colaboradores para exposições que demandam corpectomia com enxerto estrutural,[1] oferece melhor ângulo de visão para a coluna anterior e facilita a colocação de enxerto estrutural. O paciente é posicionado em decúbito lateral puro e então rodado 20 graus anteriormente, com apoio na mesa por coxins de posicionamento.

Esta posição é particularmente útil em cirurgias torácicas altas (T1-T5), onde a escápula e os ombros dificultam a exposição em prone, e permite, quando necessário, a conversão para toracotomia sem reposicionamento do paciente. A desvantagem principal é a maior dificuldade na instrumentação posterior bilateral, razão pela qual é menos utilizada em cirurgias que demandam parafusos pediculares em múltiplos níveis.

6.4 Anestesia e Monitorização Intraoperatória

A anestesia para costotransversectomia é conduzida sob anestesia geral balanceada, com intubação orotraqueal padrão (a intubação seletiva raramente é necessária, ao contrário do que ocorre nas toracotomias, mas quando disponível é recomendado para dar mais espaço nas corpectomias). Acesso venoso calibroso e duplo, cateter arterial invasivo para monitorização contínua da pressão arterial e sonda vesical são rotineiros.

A monitorização neurofisiológica intraoperatória é mandatória em toda costotransversectomia e inclui: potenciais evocados somatossensitivos (PESS) por estimulação tibial posterior e mediana; potenciais evocados motores (PEM) por estimulação transcraniana; eletromiografia (EMG) espontânea e evocada durante a dissecção próxima a raízes; e, em corpectomias torácicas, D-wave quando disponível para avaliação direta dos tratos corticoespinhais.

A equipe de anestesia deve estar ciente das particularidades do caso: manutenção da pressão arterial média acima de 85 mmHg durante as etapas críticas (corpectomia, colocação de cage, manobras de correção); evitar o uso de agentes halogenados em altas concentrações durante a monitorização de PEM (preferir anestesia venosa total com propofol e remifentanil); não utilizar bloqueadores neuromusculares de longa duração após a intubação; comunicação constante sobre as etapas do procedimento e as manobras em curso; e preparação para transfusão em cirurgias de médio e grande porte (reserva de concentrado de hemácias, fatores de coagulação conforme necessário).

6.5 Incisão e Exposição Inicial

Após antissepsia ampla, colocação de campos estéreis e infiltração da linha de incisão com anestésico local associado a vasoconstrictor, procede-se à incisão de pele. Duas opções principais existem, cada uma com indicações específicas.

6.5.1 Incisão mediana

A incisão mediana longitudinal sobre os processos espinhosos é a mais versátil e a mais comumente utilizada. Permite acesso bilateral, é compatível com instrumentação pedicular posterior e facilita a conversão para abordagens mais extensas caso necessário. A extensão da incisão deve ser planejada para permitir exposição confortável de todos os níveis a serem instrumentados, evitando tanto a economia excessiva — que obriga tração forçada dos bordos e compromete a visualização — quanto o exagero, que resulta em morbidade desnecessária e cicatriz alongada. A regra adotada pelo autor é simples e reprodutível: a incisão de pele deve começar dois níveis acima da vértebra mais cranial a ser instrumentada e terminar dois

níveis abaixo da vértebra mais caudal. Essa referência, ancorada na contagem dos processos espinhosos palpáveis, oferece margem suficiente para acomodar a retração lateral dos bordos cutâneos, permitir a angulação adequada do instrumental durante a colocação dos parafusos pediculares mais cefálicos e caudais da instrumentação, e abrigar a exposição da costela e do processo transverso a serem ressecados.

Após a incisão, a dissecção subcutânea expõe a fáscia toracolombar. Esta é incisada na linha média, e inicia-se a dissecção subperiostal dos músculos paravertebrais a partir dos processos espinhosos em direção lateral, usando dissector de Cobb ou eletrocautério. A hemostasia meticulosa nesse tempo é essencial para manter o campo limpo.

6.5.2 Incisão paraespinhal

A incisão paraespinhal (curvilínea, centrada 6 cm da linha média em sua porção central, aproximando-se da linha média em suas extremidades) é útil em situações específicas: cirurgias unilaterais sem necessidade de instrumentação bilateral extensa; pacientes com cirurgias prévias na linha média que apresentam cicatriz extensa; e em cirurgias limitadas como biópsia ou drenagem de abscesso.

A vantagem teórica da incisão paraespinhal é o acesso mais direto à face lateral dos processos transversos e costelas sem necessidade de descolar toda a musculatura paravertebral. A desvantagem é a maior dificuldade de acesso contralateral e de instrumentação posterior extensa.

6.5.3 Exposição muscular: dissecção em dois planos anatômicos

A dissecção da musculatura paravertebral na costotransversectomia não precisa — e idealmente não deve — ser feita em bloco subperiostal lateral. A preservação dos planos anatômicos naturais, respeitando a arquitetura estratificada da musculatura do dorso, reduz significativamente o trauma muscular, a isquemia iatrogênica, a perda sanguínea e a dor pós-operatória. Esta técnica, fundamentada nos princípios do acesso de Wiltse[21] e em suas modificações contemporâneas para a coluna torácica,[23] é a preferida do autor e será descrita em detalhe nesta subseção.

A anatomia da musculatura dorsal organiza-se em camadas sobrepostas, com composição que varia conforme o segmento vertebral. No nível torácico médio e inferior (T6-T12), distinguem-se três camadas musculares superpostas: a camada superficial, formada pelo músculo trapézio e, profundamente a ele, pelo músculo grande dorsal (latíssimo do dorso); a camada intermediária, composta pelo músculo serrátil posterior inferior nos níveis mais baixos (T11-L2); e a camada profunda, constituída pela musculatura paraespinhal propriamente dita — o grupo do eretor da espinha, que inclui, de lateral para medial, os músculos iliocostal, longuíssimo do dorso e espinhal, e, ainda mais profundamente, o grupo transversoespinhal (semiespinhal, multífido e rotadores). Nos níveis torácicos altos (T1-T4), entre a camada superficial (trapézio) e a camada profunda interpõe-se uma camada intermediária formada pelos músculos romboides maior e menor. Entre T4 e T6, a anatomia é mais simplificada, com apenas duas camadas bem definidas.

A técnica de dissecção em dois planos preserva essa organização anatômica por meio da abertura sequencial das fáscias e do aproveitamento dos interstícios naturais entre os grupos musculares, sem secção transversal das fibras. A execução segue uma sequência bem definida, descrita a seguir.

Primeiro tempo — plano superficial (miocutâneo)

Após a incisão cutânea na linha média e a dissecção subcutânea até a fáscia toracolombar superficial, esta é incisada longitudinalmente ao lado dos processos espinhosos, aproximadamente 0,5 cm lateralmente à linha média. O retalho miocutâneo contendo a pele, o tecido subcutâneo e, em bloco, os músculos trapézio e grande dorsal é então descolado como unidade única, em plano fascial superficial, e afastado lateralmente. Crucialmente, não se realiza secção transversal do trapézio nem do grande dorsal — o que seria a conduta na dissecção em bloco tradicional ou na técnica de Wiltse clássica aplicada na torácica. Esse descolamento miocutâneo é feito sobre a aponeurose do eretor da espinha, que constitui o piso do primeiro plano e o teto do segundo.

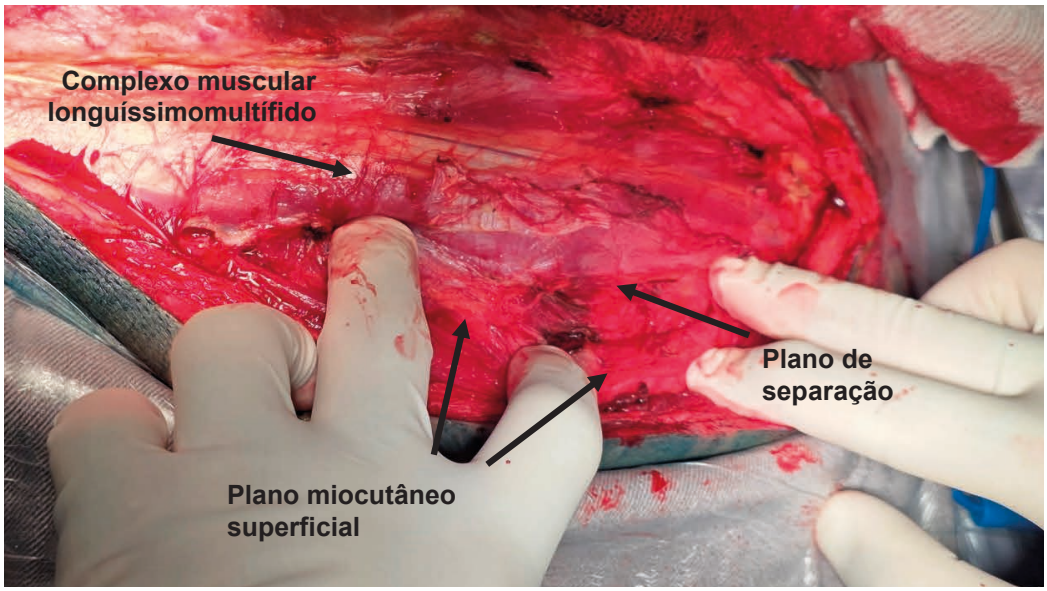


Figura 6.1 – Separação romba do complexo muscular longuíssimo-multífido. Acesso pelo hemitórax direito.

Segundo tempo — plano profundo (intermuscular)

Uma vez exposta a aponeurose do eretor da espinha, identifica-se o intervalo anatômico natural entre o longuíssimo do dorso (lateralmente) e o grupo espinhal do tórax e multífido (medialmente). Este intervalo é um plano de clivagem aponeurótico bem definido, reconhecível por uma sutil diferença de coloração e textura entre os ventres musculares, e por pequenos vasos perfurantes que o atravessam.[24] A abertura deste plano expõe diretamente os processos transversos e as costelas proximais, sem necessidade de secção muscular. Em seguida, também a face medial desse bloco muscular — correspondente às inserções do multífido e do espinhal nos processos espinhosos e na face lateral das lâminas — é descolada em plano subperiostal, de modo que todo o ventre muscular paravertebral (longuíssimo, espinhal e multífido) passe a constituir uma unidade móvel única, liberada tanto lateral quanto medialmente de suas ancoragens ósseas.

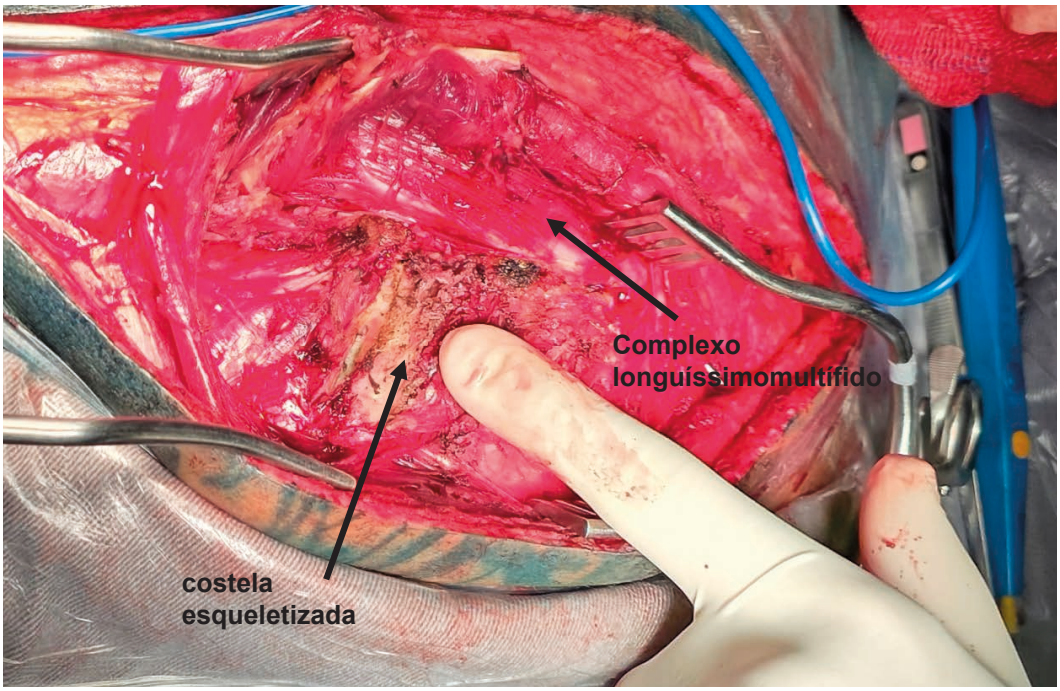


Figura 6.2 – Exposição da costela e rebatimento medial do complexo longuíssimo-multífido. Acesso pelo hemitórax direito.

Essa liberação completa é o que confere à abordagem sua grande versatilidade operatória: o bloco muscular pode ser rebatido em dois sentidos conforme a necessidade do tempo cirúrgico — deslocado medialmente quando o cirurgião trabalha na face lateral do corpo vertebral, no disco intervertebral ou na costela (expondo a coluna anterior), e deslocado lateralmente quando o foco se volta para o canal medular, a dura-máter e os elementos posteriores (expondo o canal e a raiz). Essa mobilidade alternada do retalho muscular ao longo do procedimento é característica da técnica e permite, com uma única dissecção bem executada, acessar de forma confortável tanto a coluna anterior quanto o canal medular sem necessidade de ampliações adicionais do campo.

Vantagens e evidência da literatura

A grande vantagem desta técnica é respeitar integralmente a inserção do trapézio e do grande dorsal nos processos espinhosos — que constituem âncoras mecânicas importantes para a função da musculatura dorsal —, evitando sua secção e consequente atrofia ou denervação. Adicionalmente, a preservação dos ramos dorsais dos nervos espinhais torácicos, que correm no interstício entre o longuíssimo e o multífido, reduz

a incidência de dor miofascial crônica pós-operatória. Estudos comparativos recentes, como o de Sun e colaboradores (2024) em uma série de 60 pacientes com fraturas torácicas médias e inferiores,[22] demonstram que a dissecção modificada em dois planos — comparada ao descolamento em bloco tradicional — oferece benefícios mensuráveis: menor perda sanguínea intraoperatória, tempo cirúrgico reduzido, drenagem pós-operatória menos volumosa, deambulação mais precoce, tempo de internação mais curto e escores inferiores de dor (VAS) e incapacidade (ODI) no pós-operatório.

Cuidados técnicos

Do ponto de vista prático, alguns cuidados técnicos merecem destaque. A identificação do plano intermuscular longuíssimo-multífido pode ser inicialmente mais difícil em níveis torácicos altos, onde a arquitetura muscular é mais compacta; nesses casos, é útil começar a identificação em níveis mais caudais, onde o intervalo é mais evidente, e seguir em direção cranial. Nos níveis T11-L1, a presença do serrátil posterior inferior exige sua incisão ou retração antes de se alcançar o plano do eretor da espinha — esta é feita no sentido de suas fibras, minimizando o trauma. A hemostasia dos vasos perfurantes no intervalo intermuscular deve ser cuidadosa, com coagulação bipolar precisa, para manter o campo seco sem cauterização excessiva que possa lesar as fibras musculares adjacentes. O uso de afastadores autoestáticos de lâmina longa e delicada (tipo Gelpi modificado ou afastadores de Wiltse) é preferível, pois distribui melhor a tensão entre os planos musculares sem ponto de pressão localizado.

Quando a exposição planejada envolve múltiplos níveis ou ressecção extensa (corpectomia), a técnica permite ampliação gradual sem conversão para dissecção em bloco: o intervalo intermuscular pode ser aberto em extensão longitudinal maior, e o descolamento miocutâneo superficial pode ser estendido cranial e caudalmente para acomodar a exposição necessária. Em cirurgias que demandam a costotransversectomia bilateral, a técnica é facilmente replicada no lado contralateral através da mesma incisão mediana, com abertura do plano intermuscular do lado oposto — resultando em exposição bilateral sem sacrifício da integridade dos músculos superficiais.

A dissecção em dois planos anatômicos, portanto, preserva a arquitetura muscular fisiológica, reduz a morbidade da abordagem e está associada a melhores desfechos perioperatórios. É a técnica preferida do autor para todas as costotransversectomias,

especialmente naquelas em que a qualidade funcional pós-operatória da musculatura dorsal é consideração relevante — o que, de fato, ocorre em todos os pacientes, jovens ou idosos.

6.6 Instrumentação Posterior com Parafusos Pediculares Torácicos

A costotransversectomia, quando associada a ressecção óssea significativa — em especial a corpectomia, a pediculectomia bilateral ou ressecções vertebrais extensas por tumor, infecção ou trauma —, produz desestabilização biomecânica que exige instrumentação e artrodese posterior para prevenção de deformidade progressiva, falha estrutural e lesão medular tardia. A instrumentação pedicular torácica tornou-se o padrão-ouro para essa finalidade, substituindo progressivamente as antigas fixações com ganchos e fios sublaminares, por oferecer fixação tridimensional superior com ancoragem nas três colunas vertebrais. Esta seção aborda em profundidade três aspectos essenciais: os princípios da instrumentação prévia à costotransversectomia, a anatomia morfométrica dos pedículos torácicos — indispensável para a escolha adequada dos parafusos — e a técnica de colocação dos parafusos pela técnica free-hand, padrão em centros de alto volume.

6.6.1 Princípios e indicações da instrumentação prévia

Em cirurgias que envolvem corpectomia ou ressecção vertebral extensa — isto é, sempre que houver desestabilização significativa da coluna —, é prática consolidada colocar a instrumentação pedicular posterior antes da descompressão ou da ressecção, com haste provisória (temporary rod) colocada em um dos lados. Essa estratégia oferece três vantagens essenciais:

1. Estabilização da coluna antes da ressecção, prevenindo deformidade aguda e lesão medular durante a manipulação;
2. Manutenção do alinhamento como referência anatômica durante a descompressão;
3. Possibilidade de correção gradual da deformidade após a ressecção, com substituição progressiva das hastes.

A extensão da construção deve ser individualizada conforme a qualidade óssea, a patologia de base e a extensão da ressecção. Em pacientes com boa qualidade óssea e ressecção de único nível, habitualmente fixam-se dois níveis acima e dois níveis abaixo, não sendo a preferência do autor por fixações dessa natureza. Em osteoporose, pacientes oncológicos com radioterapia pós-operatória prevista ou fixações em transição toracolombar, pode ser necessária extensão para três ou mais níveis de cada lado. Em deformidades, a extensão é ditada pelo planejamento global do alinhamento sagital e coronal.

6.6.2 Anatomia morfométrica dos pedículos torácicos

O domínio das dimensões e da orientação espacial dos pedículos torácicos é pré-requisito absoluto para a instrumentação segura. O estudo morfométrico seminal de Zindrick e colaboradores, publicado em 1987, analisou 2.905 medidas de pedículos entre T1 e L5 em espécimes cadavéricos e tomografias, fornecendo os parâmetros que até hoje orientam o desenho de parafusos pediculares e a técnica cirúrgica.[25] Os dados principais deste estudo e de trabalhos subsequentes são apresentados a seguir.

Largura do istmo pedicular no plano transversal

O istmo pedicular é mais estreito no plano transversal do que no sagital, conferindo ao pedículo sua característica forma oval. É justamente o diâmetro transversal o fator que limita o diâmetro máximo do parafuso. Os valores médios variam significativamente por nível: os pedículos mais estreitos da coluna torácica encontram-se na faixa média (T4 a T7), com médias entre 4,5 mm e 5,6 mm; T5 apresenta o pedículo mais estreito, com média de 4,5 mm e faixa de 3,0 mm a 7,0 mm. A partir de T8, a largura aumenta progressivamente em direção caudal (T12 com 7,1 mm em média) e, em direção cranial, atinge valores de 7,0 mm a 7,9 mm em T1-T2. Esses dados têm implicação prática direta: em T4-T7 o cirurgião frequentemente trabalha com parafusos de 4,5 mm a 5,0 mm de diâmetro, enquanto em T11-T12 pode utilizar parafusos de 6,0 mm a 6,5 mm. A variabilidade individual é grande, com faixas mínimas registradas abaixo de 3,5 mm em vários níveis torácicos, o que reforça a necessidade de planejamento tomográfico pré-operatório rigoroso.

Largura do istmo pedicular no plano sagital

O diâmetro sagital é sempre maior que o transversal, o que significa que o pedículo tolera comprimentos e inclinações no plano sagital sem comprometer a fixação, desde que o diâmetro transversal do parafuso respeite os limites acima. As médias sagitais variam de 9,9 mm em T1 (menor) a 17,4 mm em T11 (maior), com valores entre 12 mm e 15 mm na maior parte da coluna torácica. Essa dimensão generosa explica por que o comprimento do parafuso e o ângulo de entrada no plano sagital raramente são fatores limitantes.

Ângulos pediculares no plano transversal (convergência medial)

Os ângulos pediculares no plano transversal apresentam padrão característico e tecnicamente relevante. Na coluna lombar, os pedículos convergem progressivamente para medial em direção caudal (L5 com 29,8 graus em média). Em T12, ocorre um fenômeno único e de alta importância cirúrgica: a orientação do eixo pedicular inverte-se para uma leve divergência lateral (-4,2 graus em média, com grande variabilidade), o que significa que o parafuso em T12 deve ser introduzido com trajetória praticamente paralela à linha média ou mesmo ligeiramente lateral. A partir de T11, a convergência medial retorna e aumenta progressivamente em direção cranial, atingindo valores máximos em T1 (26,6 graus). Em termos práticos, o cirurgião deve ajustar o ângulo de convergência medial de forma gradual ao subir pelos níveis torácicos, com especial atenção à zona de transição T11-T12, onde a inversão do ângulo exige mudança deliberada de trajetória.

Ângulos pediculares no plano sagital

No plano sagital, os pedículos torácicos apresentam angulação cefálica praticamente uniforme entre T3 e T11 (valores médios de 15 a 17 graus), o que significa que o parafuso deve ser direcionado ligeiramente para cima em relação à linha perpendicular à parede posterior do corpo vertebral. Em T1 e T2, essa angulação cefálica reduz-se (12,6 e 17,5 graus respectivamente). Em T12, L1 e L2, a angulação é praticamente perpendicular, e em L5 torna-se caudal (-1,8 graus). Esse padrão implica

que o ponto de entrada torácico deve ser escolhido considerando-se a inclinação cefálica do pedículo — sobretudo em T3-T10, onde o parafuso precisa ser angulado para cima para seguir o trajeto pedicular real.

Na prática cirúrgica, entretanto, a aplicação desses valores numéricos de forma abstrata é pouco reprodutível — especialmente em pacientes com cifose aumentada, com deformidade ou com biotipo atípico, em que o "grau cefálico ideal" deixa de corresponder ao número médio da literatura. Por essa razão, a referência anatômica preferida do autor para orientação no plano sagital é a face articular da faceta superior do pedículo correspondente. O princípio anatômico é simples e elegante: se o leitor observar uma vértebra torácica típica em vista de perfil, notará que o eixo do pedículo é ortogonal à face articular da faceta superior do mesmo nível — ou seja, forma com ela um ângulo de noventa graus. Essa relação geométrica é preservada com notável consistência ao longo da coluna torácica, mesmo em vértebras com variações morfológicas individuais, e oferece ao cirurgião uma referência visual direta, intraoperatória e individualizada para cada segmento.

Na prática, após a facetectomia parcial da faceta inferior (realizada no Passo 1 da técnica free-hand), a face articular da faceta superior recém-exposta torna-se visível no campo cirúrgico. O cirurgião deve então alinhar o probe e, posteriormente, o parafuso, perpendicularmente a essa superfície — uma manobra simples que automaticamente incorpora a angulação cefálica correta para aquele paciente específico, naquele nível específico, sem necessidade de estimativas numéricas ou referências fluoroscópicas laterais. Em pacientes com cifose acentuada, por exemplo, a face articular apresenta-se mais horizontalizada, e a perpendicular a ela exige maior angulação cefálica do parafuso — ajuste individualizado que a regra geométrica fornece automaticamente. Em pacientes com hipocifose, ocorre o oposto: a face é mais verticalizada, e a perpendicular corresponde a um ângulo mais próximo da horizontal.

Esta é, portanto, a forma como o autor ensina e executa a trajetória sagital em sua prática: mais do que memorizar números, o cirurgião deve treinar o olho para reconhecer, em cada nível, a face articular da faceta superior — e usar essa superfície como "bússola anatômica" para direcionar o parafuso. Trata-se de princípio visual, reprodutível e independente de aparelhos ou tabelas, que a anatomia vertebral torácica oferece de forma generosa a quem aprende a observá-la (fig. 6.4).

Profundidade ao córtex anterior e escolha do comprimento do parafuso

A profundidade do córtex anterior varia de 36,9 mm em T1 (menor) a 51,9 mm em L2-L3 (maior), quando medida ao longo do eixo pedicular. Essa dimensão é significativamente maior quando o parafuso segue o eixo anatômico do pedículo do que quando é colocado paralelo à linha média — exceto em T11 e T12, onde as duas medidas se equivalem. Esse dado, somado ao fato de que parafusos mais profundos apresentam maior resistência à fadiga e ao arrancamento, justifica a recomendação de trajetória pedicular anatômica em detrimento da trajetória paralela à linha média. Na prática, os comprimentos habituais dos parafusos variam de 25 mm a 35 mm na zona torácica alta, 30 mm a 40 mm na zona média e 35 mm a 45 mm na transição toracolombar.

Implicações práticas para o cirurgião

A síntese desses dados morfométricos conduz a recomendações práticas essenciais. Primeiro, o cirurgião deve ter disponível em sala inventário completo de parafusos de 4,0 mm a 7,0 mm de diâmetro em incrementos de 0,5 mm, e de 25 a 55 mm de comprimento, para acomodar a variabilidade anatômica encontrada. Segundo, o estudo tomográfico pré-operatório com mensuração individual dos pedículos-alvo é obrigatório, especialmente em deformidades, nos segmentos T4-T7 (pedículos mais estreitos) e em pacientes pediátricos ou de baixa estatura. Terceiro, a trajetória transversal deve ser ajustada nível a nível: progressiva convergência medial em direção cranial, inversão para orientação lateral em T12, progressiva convergência medial em direção caudal na coluna lombar. Quarto, a trajetória sagital deve ser cefálica em toda a coluna torácica — e, na prática do autor, o melhor modo de reproduzir essa angulação cefálica sem recorrer a medidas numéricas abstratas é utilizar a face articular da faceta superior do nível instrumentado como referência anatômica direta, direcionando o parafuso de modo que seu eixo seja perpendicular (ortogonal) a essa superfície articular. Essa relação geométrica — eixo pedicular ortogonal à faceta superior — é preservada com notável consistência ao longo da coluna torácica e ajusta-se automaticamente às variações individuais de cifose, sendo por isso preferida à aplicação rígida dos valores médios de angulação.

6.6.3 Técnica free-hand de colocação de parafusos pediculares torácicos

A técnica free-hand — colocação de parafusos pediculares torácicos sem uso rotineiro de fluoroscopia intraoperatória ou de navegação computadorizada — é o método de referência em centros de alto volume. A série clássica de Kim, Lenke, Bridwell, Cho e Riew, publicada em 2004, documentou a colocação de 3.204 parafusos pediculares torácicos em 394 pacientes com acurácia de 93,8% em avaliação tomográfica pós-operatória e, o mais importante, zero complicações neurológicas, vasculares ou viscerais em seguimento de até 10 anos.[26] Esses resultados consolidaram a técnica free-hand como opção segura e reprodutível, desde que executada de forma sistemática, em passos bem definidos e com confirmação redundante a cada etapa.

Passo 1 — Exposição e facetectomia

O primeiro componente do sucesso é a exposição meticulosa dos elementos posteriores, que deve se estender bilateralmente até as pontas dos processos transversos, mantendo-se rigorosamente subperiostal para minimizar sangramento. As articulações facetárias devem ser cuidadosamente limpas de tecido mole. Com osteótomo, removem-se os 3 mm a 5 mm inferiores da faceta inferior e raspa-se a cartilagem da face superior da faceta superior, para preparar o leito da artrodese intra-articular. Essa facetectomia parcial tem dupla finalidade: permite identificar com precisão os pontos de entrada anatômicos e otimiza a fusão posterolateral subsequente.

Antes da introdução do parafuso, o cirurgião deve definir mentalmente — e de forma rigorosa — TRÊS elementos geométricos que, em conjunto, determinam a trajetória correta: o ponto de entrada na cortical posterior, a trajetória no plano sagital (ângulo cefalocaudal) e a trajetória no plano axial (ângulo de convergência medial). Esses três elementos são tratados nos três passos a seguir e devem ser confirmados em sequência antes da sondagem com o “*pedicle probe*”.

Passo 2 — Primeiro elemento: ponto de entrada

O ponto de entrada do parafuso varia sistematicamente conforme o nível torácico, obedecendo a um padrão bem descrito por Kim e Lenke. A regra geral é a seguinte: o ponto mais medial da coluna torácica situa-se na região apical (T7-T9); a partir desse ponto, tanto em direção cranial quanto caudal, os pontos de entrada movem-se progressivamente para lateral. Os pontos específicos por nível são:

- **T1-T2 (torácica proximal):** junção do processo transverso bisseccionado com a lâmina, na borda lateral da pars articularis;
- **T3-T6 (transição para torácica média):** tendência progressiva a pontos mais mediais e cefálicos à medida que se desce, com T4 situado na junção do terço proximal do processo transverso com a lâmina, imediatamente medial à borda lateral da pars;
- **T7-T9 (torácica média apical):** ponto mais medial de toda a coluna torácica — junção da borda proximal do processo transverso com a lâmina, imediatamente lateral ao terço médio da base do processo articular superior;
- **T10 (transição):** tendência progressiva a pontos mais laterais e caudais à medida que se desce;
- **T11-T12 (torácica distal):** junção do processo transverso bisseccionado com a lâmina, na borda lateral ou imediatamente medial à borda lateral da pars.

Esses pontos de referência devem ser memorizados, e o cirurgião deve progredir do caudal para o cranial, utilizando o parafuso previamente colocado como referência para ajustes finos do ponto seguinte. Após a identificação visual do ponto, utiliza-se broca de alta rotação ou chave iniciadora. A visualização de uma ruborização esponjosa (“*pedicle blush*”) indica entrada adequada no osso esponjoso da base do pedículo — embora em pedículos muito estreitos esse sinal possa não ser visível.

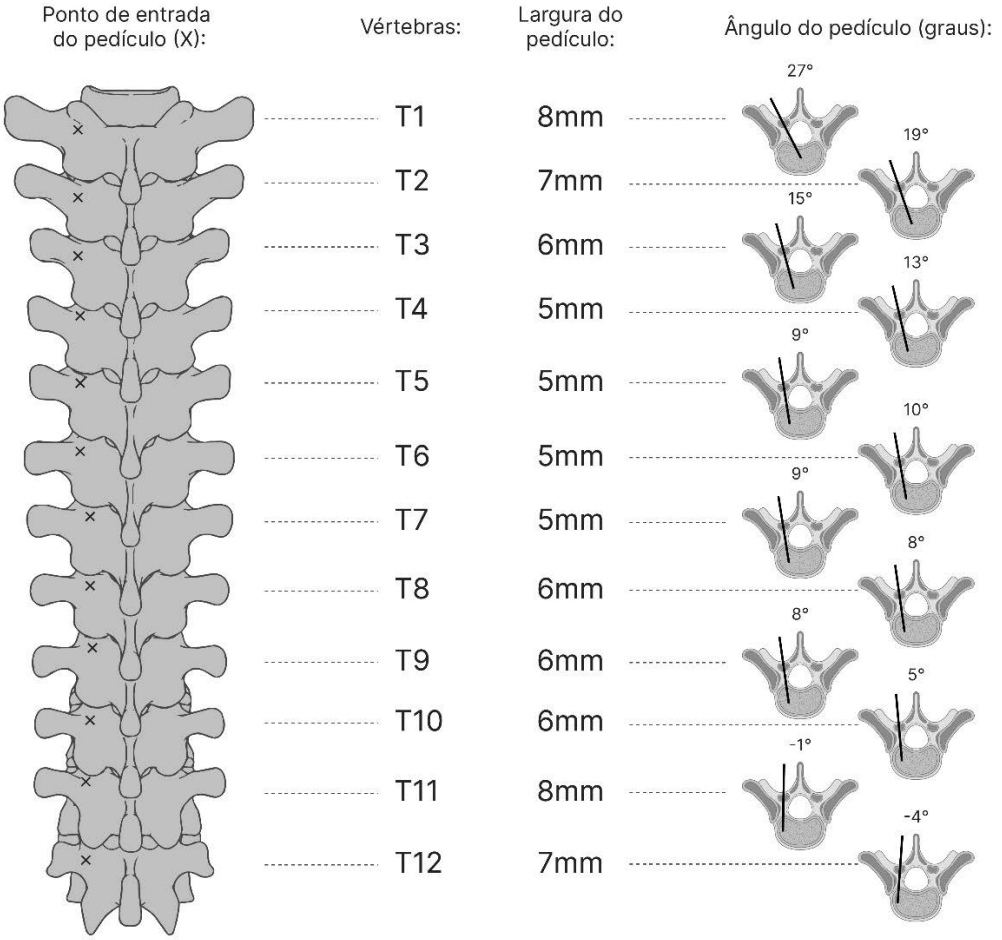


Figura 6.3 – Parâmetros anatômicos dos pedículos torácicos sintetizados de Härtl R, Theodore N, Dickman CA, Sonntag VKH. Technique of thoracic pedicle screw fixation for trauma. Operative Techniques in Neurosurgery. 2004;7(1):22-30.

Passo 3 — Segundo elemento: trajetória no plano sagital

A trajetória sagital correta do parafuso pedicular torácico não é um valor fixo memorizável — ela depende da cifose individual do paciente naquele segmento específico. Em pacientes com cifose torácica fisiológica (em torno de 30 a 40 graus), os ângulos sagitais médios descritos na literatura morfométrica (15 a 17 graus de angulação cefálica entre T3 e T11, conforme Zindrick) são bons pontos de partida. Em pacientes com cifose aumentada (Scheuermann, fraturas em cunha consolidadas, deformidades pós-cirúrgicas), a inclinação cefálica do pedículo aumenta proporcionalmente; em pacientes com hipocifose ou cifose plana, a inclinação cefálica é menor. Por essa razão, o cirurgião não deve aplicar um número fixo, mas sim utilizar uma referência anatômica intraoperatória individualizada.

A referência prática mais segura e reprodutível para o plano sagital é a face articular da faceta articular SUPERIOR do nível instrumentado. O eixo pedicular torácico é, em sua geometria natural, ortogonal à superfície articular da faceta superior do mesmo nível — relação anatômica preservada em ampla faixa de variação morfológica, desviado cranialmente (ver figura abaixo). Portanto, após a facetectomia parcial inferior (Passo 1), o cirurgião deve identificar visualmente a face articular da faceta superior recém-exposta e direcionar o probe de modo que sua trajetória seja perpendicular a essa superfície.

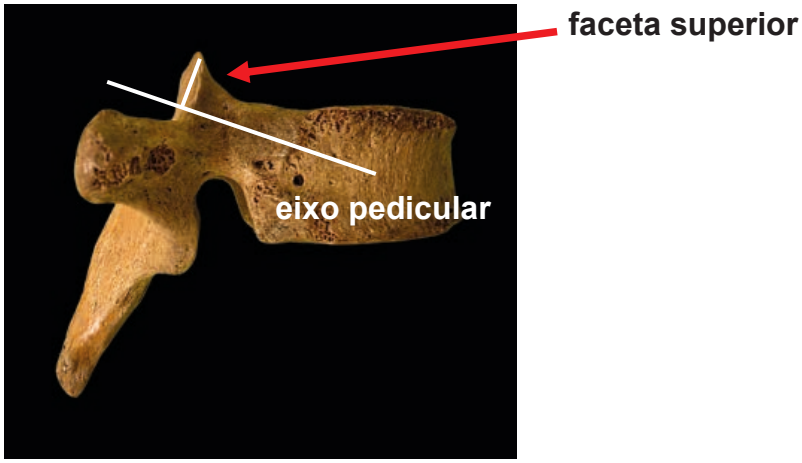


Figura 6.4 – Trajetória cefálica dos pedículos torácicos com o eixo pedicular ortogonal à face articular da faceta superior.

Esse princípio anatômico tem três implicações práticas relevantes:

- **Em pacientes com cifose acentuada:** a faceta superior está mais inclinada cranialmente, e a perpendicular a ela exige maior angulação cefálica do parafuso;
- **Em pacientes com cifose reduzida ou plana:** a faceta superior está mais verticalizada, e a perpendicular a ela demanda angulação cefálica menor;
- **Em segmentos com deformidade rotacional ou translacional:** a referência da faceta permanece confiável, ao contrário de referências externas (como a horizontal absoluta), que podem ser distorcidas pela deformidade.

Essa abordagem — “perpendicular à faceta superior” — converte o problema da escolha do ângulo sagital, de uma decisão numérica abstrata, em uma decisão visual e anatômica direta, individualizada para cada paciente e para cada nível operado. Constitui, na prática do autor, a referência preferencial para o plano sagital.

Passo 4 — Terceiro elemento: trajetória no plano axial

A trajetória axial — também chamada de ângulo de convergência medial — é o ângulo formado entre o eixo do parafuso e a linha sagital mediana, medido no plano axial. Ao contrário da trajetória sagital, que é individualizada com base em referência anatômica, a trajetória axial segue padrão consistente por nível, independente da deformidade ou da morfologia individual. Os valores de referência derivam do estudo morfométrico clássico de Zindrick e colaboradores e podem ser sintetizados, para uso prático, em três zonas anatômicas:

Tabela 6.1 — Ângulos médios de convergência medial (plano axial) dos pedículos torácicos por zona anatômica

Zona anatômica	Níveis	Ângulo médio	Faixa de variação	Direção
Torácica alta	T1-T4	18° (aprox. 15°–20°)	12,6° a 26,6°	Convergência medial
Torácica média	T5-T10	8° (aprox. 5°–10°)	4,6° a 9,6°	Convergência medial
Torácica baixa	T11-T12	Praticamente neutro a divergente	-4,2° (T12) a 1,2° (T11)	Paralelo ou levemente lateral

Dados sintetizados a partir de Zindrick MR et al., Spine. 1987;12(2):160-166.

A interpretação clínica dessa tabela é direta. Na zona TORÁCICA ALTA (T1-T4), o cirurgião deve introduzir o parafuso com convergência medial pronunciada — em torno de 15 a 20 graus em relação à linha mediana —, com tendência ao aumento progressivo da convergência em direção a T1, onde o ângulo médio chega a quase 27 graus. Na zona TORÁCICA MÉDIA (T5-T10), a convergência medial é moderada, com valores médios entre 5 e 10 graus, relativamente uniformes ao longo da zona. Na zona TORÁCICA BAIXA (T11-T12), ocorre um fenômeno anatômico singular e tecnicamente crítico: a convergência medial reduz-se a praticamente zero em T11 (1,2 grau) e INVERTE-SE em T12, que apresenta orientação ligeiramente DIVERGENTE (lateral) com média de -4,2 graus. Esse padrão peculiar de T12 — frequentemente fonte de erros técnicos em cirurgiões iniciantes — exige atenção deliberada: o parafuso em T12 deve ser introduzido com trajetória praticamente paralela à linha mediana ou mesmo ligeiramente lateral, jamais com convergência medial significativa.

É importante reconhecer a variabilidade interindividual: as faixas registradas por Zindrick demonstram que mesmo dentro de cada zona existem pedículos cuja angulação se distancia da média. Por essa razão, o estudo tomográfico pré-operatório com mensuração individual do ângulo pedicular axial em cada nível-alvo é prática recomendada, especialmente em deformidades, em transições anatômicas e em pacientes com biotipos extremos. Os valores médios da tabela devem ser interpretados como ponto de partida e referência mental, não como obrigação rígida.

Para facilitar a memorização e a aplicação prática no intraoperatório, o autor propôs a regra 20-10-0, que sintetiza de forma didática o comportamento angular axial dos pedículos ao longo da coluna torácica:

- **20°** → zona torácica alta (T1–T4)
- **10°** → zona torácica média (T5–T10)
- **0°** → zona torácica baixa (T11–T12)

Essa regra mnemônica traduz, com aproximação clinicamente aceitável, a tendência progressiva de redução da convergência medial em sentido craniocaudal — partindo de uma angulação medial acentuada na torácica alta, passando por uma convergência moderada na torácica média, até aproximar-se do neutro (ou mesmo inverter-se lateralmente, como ocorre em T12) na torácica baixa. Trata-se de um recurso útil para orientar rapidamente o raciocínio cirúrgico durante o planejamento e a execução da instrumentação pedicular, sem substituir, contudo, a avaliação tomográfica individualizada de cada paciente.

Passo 5 — Sondagem com o *"pedicle probe"*

A sondagem do pedículo é feita com o probe torácico — probe de ponta romba de 2 mm, levemente curva. Essa é a etapa de maior potencial de complicação e requer técnica precisa. O probe é posicionado no ponto de entrada ósseo e inicialmente direcionado LATERALMENTE (fig. 6.5 – A), como medida de segurança para evitar perfuração da parede medial (que é a parede adjacente ao canal medular). A ponta é então avançada suavemente até aproximadamente 15 mm a 20 mm de profundidade — distância suficiente para ultrapassar o canal medular. Nesse momento, o probe é removido, a ponta girada 180 graus para apontar MEDIALMENTE (fig.

6.5 – B), e reintroduzida no mesmo orifício, agora com trajetória definitiva dirigida ao corpo vertebral.

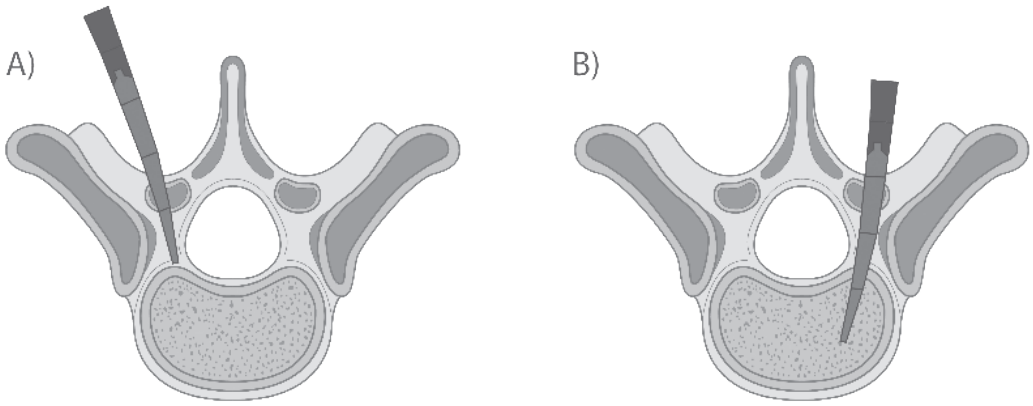


Figura 6.5 – Sondagem do pedículo torácico na técnica *free-hand.*

A profundidade final varia conforme o nível: 20 mm a 25 mm em T1-T4, 25 mm a 30 mm em T5-T10, 30 mm a 40 mm em T11-T12. O avanço do probe deve ser constante, suave e com pressão ventral moderada — ligeiramente maior que na coluna lombar, dado o menor calibre dos pedículos torácicos. Qualquer avanço súbito sinaliza penetração em tecido mole e sugere violação de parede pedicular ou cortical do corpo vertebral, exigindo interrupção imediata e reavaliação. É recomendável usar a mão não dominante como anteparo, para prevenir avanços acidentais. As corticais anterior e lateral do corpo vertebral são relativamente finas e podem ser perfuradas com facilidade caso o cirurgião perca o controle do instrumento.

Passo 6 — Palpação das cinco bordas ósseas

Após remoção do probe, inspeciona-se o orifício em busca de sangramento anômalo: sangue em pequeno volume é esperado; sangramento pulsátil ou líquido claro (possível líquor) são sinais de alarme. A seguir, utiliza-se sonda flexível de ponta em esfera para palpar cuidadosamente as CINCO bordas ósseas do trajeto: o fundo (parede anterior) e as quatro paredes (medial, lateral, superior, inferior). Esta é a etapa de verificação mais crítica da técnica free-hand: a palpação de uma borda de tecido mole em qualquer direção sinaliza violação de parede pedicular e exige redirecionamento do trajeto. Atenção especial deve ser dada à junção entre o terço proximal e o terço médio do trajeto — primeiros 10 mm a 15 mm —, que corresponde à região do canal

medular e do istmo pedicular, onde a violação medial teria consequências neurológicas. O primeiro comprimento do trajeto é então medido com referência radiológica.

Passo 7 — Rosqueamento, repalpação e colocação do parafuso

O trajeto é rosqueado ("macheado") com rosqueador de diâmetro menor que o do parafuso pretendido (undertapping), prática que permite aproveitar a expansão viscoelástica do osso e aumenta a resistência ao arrancamento.[37] Se houver dificuldade na passagem do rosqueador, deve-se utilizar rosqueador de menor diâmetro. Após o rosqueamento, as cinco bordas são REPALPADAS — segunda confirmação obrigatória, agora frequentemente permitindo identificar cristas ósseas distintas que confirmam posição intraóssea. O comprimento é remedido para confirmar o tamanho do parafuso. O parafuso é então colocado lentamente, permitindo nova expansão viscoelástica do osso. A atenção à altura (profundidade) final do parafuso é essencial para facilitar o posterior acoplamento da haste.

Passo 8 — Confirmação por imagem e neurofisiologia

A confirmação final da posição intraóssea de todos os parafusos é feita por radiografias ortogonais (AP e perfil) ao final da colocação — buscando posicionamento harmonioso dos parafusos, paralelismo no perfil, e não extensão além da cortical anterior dos corpos vertebrais. Adicionalmente, estimulação eletromiográfica disparada (triggered EMG) pode ser realizada em cada parafuso, com registro na musculatura retoabdominal (inervada pelos nervos intercostais T6-T12). Limiares inferiores a 6,0 mA ou redução de 65% ou mais em relação à média dos demais parafusos T6-T12 do paciente constituem sinais de alarme que sugerem violação medial. Em tais casos, o parafuso é removido, as paredes são repalpadas pela terceira vez, e a decisão de recolocar, redirecionar ou descartar o trajeto é tomada com base na integração de todos os dados disponíveis.

Zonas de segurança em caso de violação medial

A literatura reconhece que nem toda violação medial resulta em lesão neurológica, em razão de fatores como a deformação plástica da parede pedicular, a presença

de espaço virtual preenchido por líquido ou tecido mole entre o parafuso e a dura, e a espessura comparativamente maior da parede medial em relação à lateral. Kim e Lenke propõem um conceito heurístico de três zonas: zona definitivamente segura (invasão medial menor que 2 mm), zona provavelmente segura (2 mm a 4 mm) e zona questionavelmente segura (4 mm a 8 mm), desde que não haja achados eletrofisiológicos anormais e que a violação não ocorra no ápice de uma deformidade com canal comprimido. Esse conceito não deve ser usado para justificar tolerância a malposições: a meta continua sendo o posicionamento integralmente intraósseo.

Resultados da literatura e curva de aprendizagem

Os resultados consolidados da técnica free-hand em centros experientes são notáveis. Na série de Kim e Lenke (3.204 parafusos), a acurácia foi de 93,8%, com violação medial significativa em apenas 1,7% dos parafusos avaliados por TC e ausência absoluta de complicações neurológicas, vasculares ou viscerais em seguimento longo.[26] Outras séries da literatura reportam taxas de mal posicionamento entre 3% e 44% a depender do rigor do critério utilizado, mas a taxa de complicações neurológicas permanece invariavelmente abaixo de 1%. A curva de aprendizagem da técnica é real — o cirurgião em formação deve iniciar a prática sob supervisão direta, em pacientes selecionados com anatomia favorável, e apenas progressivamente expandir para casos complexos. Em serviços com menor volume ou em deformidades severas, o uso de fluoroscopia 3D (O-arm) ou de navegação computadorizada é alternativa legítima e consolidada, particularmente útil em pedículos extremamente estreitos ou em anatomias distorcidas por deformidade rotacional.

6.6.4 Técnica transcostovertebral (extrapedicular, *in-out-in*) — alternativa em pedículos estreitos

A técnica free-hand descrita na subseção anterior pressupõe um pedículo torácico de calibre compatível com o parafuso pretendido — o que, como visto nos dados morfométricos de Zindrick (subseção 6.6.2), nem sempre é a realidade encontrada em sala cirúrgica. Os pedículos dos níveis T4 a T7, com diâmetros transversais médios entre 4,5 mm e 5,6 mm (e valores mínimos individuais inferiores a 3,5 mm), podem ser anatomicamente

incompatíveis com a colocação intrapedicular de parafusos convencionais. A situação é particularmente crítica em pedículos torácicos côncavos de escolioses estruturadas, em síndromes congênitas, em pacientes pediátricos e em pós-radioterapia, nos quais pedículos com menos de 2 mm de diâmetro ocorrem em até 7,8% dos níveis torácicos segundo o estudo de Lee e colaboradores.[39] Em todas essas situações, o cirurgião precisa de uma alternativa técnica — e a técnica transcostovertebral, também conhecida como extrapedicular ou *in-out-in*, é a opção consolidada na literatura há mais de três décadas.

Conceito anatômico

A técnica foi descrita originalmente por Dvorak e colaboradores (1993)[32] e aperfeiçoada por Husted (2003)[33] e Morgenstern (2003).[34] O conceito é simples e elegante: em vez de forçar o parafuso pela luz estreita do pedículo, aproveita-se a unidade anatômica pedículo-costela — complexo ósseo formado pela justaposição do pedículo, da cabeça costal e da articulação costovertebral — como área de fixação substancialmente mais volumosa que o pedículo isolado. O parafuso entra em ponto mais lateral (base do processo transverso ou junção costotransversária), perfura sucessivamente a cortical posterior do processo transverso, a cortical ventral deste, a face lateral do pedículo e, finalmente, alcança o corpo vertebral. Esse trajeto explica a denominação in-out-in: o parafuso está dentro do osso no processo transverso, momentaneamente fora dele no espaço extrapedicular (dentro do complexo costovertebral), e novamente dentro do osso ao alcançar o corpo vertebral. O resultado é uma fixação tricortical que, embora tecnicamente distinta da intrapedicular, oferece ancoragem biomecanicamente funcional.

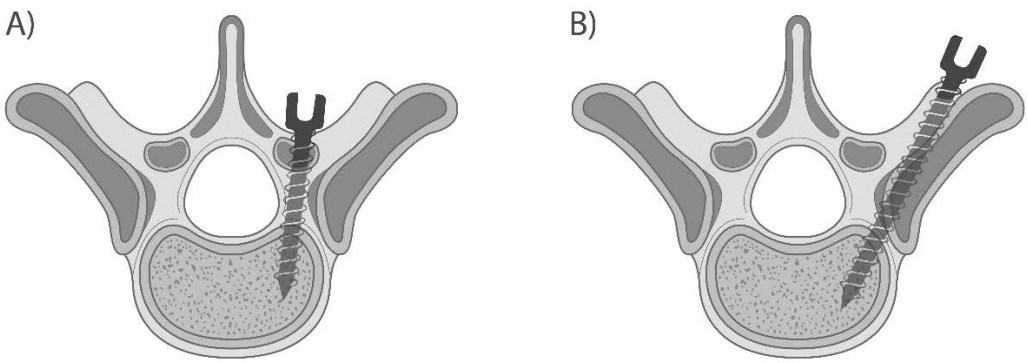


Figura 6.6 – Fixação transpedicular pedicular – A; fixação transcostovertebral “in-out-in” – B.

Execução técnica

Os princípios de execução diferem da técnica free-hand clássica em três aspectos-chave. Primeiro, o ponto de entrada é deslocado lateralmente — situa-se na base do processo transverso ou na junção costotransversária, e não nos marcos anatômicos clássicos descritos por Kim e Lenke. Segundo, o ângulo de convergência medial é significativamente maior — habitualmente entre 25 e 30 graus —, para compensar o ponto de entrada lateralizado e direcionar o parafuso adequadamente ao corpo vertebral. Terceiro, a palpação das paredes com sonda de ponta romba é menos informativa que na técnica clássica, uma vez que o trajeto atravessa transitoriamente tecido cortical e extrapedicular; por essa razão, a neurofisiologia intraoperatória (EMG disparada) e a fluoroscopia assumem papel ainda mais relevante na confirmação do posicionamento. A progressão técnica seguinte (rosqueamento, colocação do parafuso, confirmação final) é idêntica à da técnica clássica.

Perfil biomecânico e limitações

A literatura biomecânica é consistente: a técnica transcostovertebral oferece fixação inferior à da técnica intrapedicular clássica em pedículos de calibre adequado. O estudo de Kuklo demonstrou que o parafuso extrapedicular atinge aproximadamente 64% da resistência ao arrancamento (*pullout strength*) do parafuso intrapedicular em condições controladas. A metanálise de Wang e colaboradores (2015), compilando múltiplos estudos biomecânicos, confirmou essa diferença — modesta em magnitude absoluta, mas estatisticamente significativa.[38] Entretanto, dois pontos merecem ser contextualizados. Primeiro, essa “inferioridade” é definida em relação à técnica intrapedicular idealmente executada — e a comparação clinicamente relevante, no paciente real com pedículo estreito ou violado, não é com o parafuso intrapedicular ideal, mas com suas alternativas factíveis: ganchos, fios sublaminares ou ausência de fixação naquele nível. Frente a essas alternativas, o parafuso transcostovertebral é biomecanicamente muito superior. Segundo, a perda biomecânica pode ser parcialmente compensada pela extensão da construção a níveis adicionais acima e abaixo, redistribuindo a carga. Entre as limitações específicas da técnica, destacam-se o risco aumentado de lesão pleural pela proximidade da cabeça costal com a pleura

parietal e o risco de violação do forame intervertebral se a angulação medial for excessiva — riscos que reforçam a necessidade de domínio da anatomia tridimensional do complexo costovertebral antes de aplicar a técnica.

Indicações e posicionamento no algoritmo decisório

Na prática do autor, a técnica transcostovertebral é reservada para situações bem definidas: pedículos torácicos com diâmetro inferior a 4 mm em tomografia pré-operatória; pedículos côncavos em escolioses torácicas estruturadas; salvamento após violação da parede pedicular em tentativa de colocação intrapedicular; e procedimentos percutâneos de vertebroplastia e cifoplastia em níveis torácicos altos e médios (T1-T8), conforme descrito por Boszczyk e colaboradores em série dedicada à cifoplastia transcostovertebral.[35] Fora dessas indicações específicas, a técnica intrapedicular clássica pela abordagem free-hand continua sendo a opção preferencial pelo seu perfil biomecânico superior. A maestria do cirurgião espinhal contemporâneo inclui, portanto, o domínio das duas técnicas — e a capacidade de alternar entre elas conforme a anatomia individual do paciente o exija.

6.7 A Costotransversectomia Propriamente Dita

Com a exposição adequada e, quando indicado, a instrumentação posterior já colocada, inicia-se a costotransversectomia propriamente dita. Esta é executada em uma sequência precisa de passos, cada um com sua finalidade anatômica e cirúrgica.

6.7.1 Identificação e exposição do processo transverso e da costela

O processo transverso do nível de interesse é identificado por palpação e confirmação com fluoroscopia. Sua exposição é completada com dissector de Cobb, removendo as inserções musculares que ainda o recobrem. A articulação costotransversária é então visualizada em sua face posterior, e a porção proximal da costela (cerca de 4 cm a 6 cm a partir do tubérculo) é exposta subperiostalmente.

A dissecção subperiostal da costela exige atenção particular: o periósteo da face interna da costela está em íntima relação com a pleura parietal, e qualquer

descuido nesse tempo traduz-se imediatamente em violação pleural. Na prática do autor, a dissecção desse plano é realizada preferencialmente com o próprio dedo indicador — técnica que, embora possa parecer rudimentar a quem não a pratica, é na verdade a mais segura, mais precisa e mais reprodutível disponível para esse tempo cirúrgico específico.

O princípio é simples: nenhum instrumento metálico, por mais romba que seja sua ponta, oferece a propriocepção que a polpa digital permite. O dedo do cirurgião, delicadamente introduzido no plano subperiostal após a abertura inicial com dissector rombo, fornece retorno sensorial imediato — a sensação tátil da resistência dos tecidos, da transição sutil entre o periósteo costal e a pleura parietal, da presença eventual de aderências anômalas (tumorais, inflamatórias ou pós-radioterapia), e do ponto exato em que o plano de clivagem se desfaz. Essa informação proprioceptiva, disponível continuamente e em tempo real, é qualitativamente distinta daquela fornecida por qualquer instrumento rígido, e permite ao cirurgião ajustar sua força, sua direção e sua velocidade de maneira progressiva e refinada ao longo de todo o descolamento.

Além da propriocepção superior, o dedo oferece uma segunda vantagem: dissocia e protege simultaneamente. Enquanto avança liberando o periósteo da face interna da costela, o próprio dedo permanece interposto entre a costela e a pleura parietal, funcionando como barreira física ativa entre o instrumental que operará em seguida e a pleura que se deseja preservar. Nenhum dissector metálico oferece essa dupla função: eles dissecam, mas não protegem; e quando se retiram, a pleura volta a ficar exposta.

Quanto à instrumentação coadjuvante, os dissectores metálicos rombos — Cobb curvo, Freer — são reservados, na prática do autor, para situações específicas em que o acesso digital confortável é anatomicamente impossível: pacientes curvilíneos e muito magros com espaços intercostais estreitos, níveis torácicos altos em que a escápula restringe a introdução do dedo, ou pontos de aderência mais firme em que é necessário complementar a dissecção digital com um instrumento mais fino. Mesmo nessas situações, o dissector é utilizado como complemento, nunca como substituto, à exploração digital inicial.

O feixe neurovascular intercostal (veia-artéria-nervo, VAN), localizado no sulco costal da face inferior da costela, deve ser identificado e preservado sempre que a

ressecção costal é limitada e a exposição não exige seu sacrifício. Nas ressecções mais extensas — habituais em corpectomias e em cirurgias oncológicas —, o feixe é ligado proximalmente e seccionado de forma controlada, conforme discutido no Capítulo 4 (Seção 4.2.5) sobre manejo do nervo intercostal.

6.7.2 Ressecção do processo transverso

O processo transverso é seccionado em sua junção com a lâmina e o pedículo, utilizando-se osteótomos ou pinça Leksell. O fragmento removido pode ser preservado como material para enxerto autólogo em etapas posteriores da cirurgia. A remoção do processo transverso expõe a face posterior da cabeça costal e permite o acesso à articulação costovertebral.

6.7.3 Ressecção da costela

A ressecção da costela é realizada em duas etapas sequenciais, cuja ordem de execução é tecnicamente relevante: primeiro a liberação medial — desarticulação da cabeça costal da articulação costovertebral —, e depois o corte distal — secção propriamente dita da costela a aproximadamente 4 cm a 6 cm lateralmente. Essa ordem, que inverte a sequência intuitiva praticada por muitos cirurgiões, é preferida pelo autor por duas razões técnicas concretas e complementares.

A razão é de segurança pleural. Quando a costela é seccionada antes de liberada medialmente, o fragmento remanescente fica temporariamente preso à coluna por sua articulação costovertebral intacta, e as rebarbas ósseas geradas pela osteotomia, somadas à necessidade de tração do fragmento para desarticulá-lo em seguida, expõem a pleura parietal subjacente a risco de lesões desnecessárias. Ao inverter a sequência — liberar primeiro a articulação medial e depois seccionar distalmente —, o fragmento costal já está solto na extremidade proximal no momento do corte distal, e pode ser retirado em bloco com manipulação mínima, sem forçar a pleura contra superfícies ósseas cortantes.

A técnica de desarticulação costovertebral preferida pelo autor é realizada com dissector de Cobb, executada da seguinte forma: o Cobb é introduzido delicadamente no plano anatômico entre o corpo vertebral e a cabeça da costela, alcançando a profundidade

da articulação costovertebral. Uma vez posicionado, o cirurgião aplica movimento rotacional progressivo do punho, girando o cabo do instrumento em torno do próprio eixo — manobra que exerce força de tração controlada sobre os ligamentos que prendem a cabeça costal à coluna (ligamentos radiado, costotransversário e intra-articular). Essa rotação, aplicada de forma gradual, promove a ruptura sequencial desses ligamentos até a liberação completa da cabeça costal, com mínima agressão aos tecidos adjacentes. O ponto final da manobra é percebido pela perda súbita de resistência ao giro, sinalizando que todos os ligamentos foram rompidos e que a costela está livre medialmente. A partir desse momento, a costela é manipulada com facilidade até o ponto de secção distal.

O corte distal é então executado a 4 cm a 6 cm lateralmente, utilizando-se um costótomo ou uma cisalha de Stille-Liston. A costela removida não deve ser descartada: como discutido detalhadamente na Seção 6.11.4, serve como excelente material de enxerto ósseo autólogo, prática particularmente valiosa em espondilodiscites e em cirurgias de reconstrução, nas quais o risco de contaminação com enxerto heterólogo ou sintético é preocupante. Nas abordagens mais limitadas em que se planeja preservar a cabeça da costela — por exemplo, discectomias simples por costotransversectomia mínima —, apenas o corte distal é realizado, mantendo-se a articulação costovertebral intacta.

6.7.4 Identificação do pedículo e do forame

Com a costela e o processo transverso removidos, o pedículo do nível de interesse torna-se claramente identificável, e o forame intervertebral — por onde emerge a raiz nervosa correspondente — fica exposto. A raiz é identificada e dissecada com cuidado. Seguindo a raiz medialmente, ela leva à dura-máter, cuja margem lateral torna-se visível no campo cirúrgico.

6.7.5 Estratégia de ressecção costal: uma ou duas costelas?

A quantidade de costelas a serem ressecadas durante a costotransversectomia não é decisão arbitrária — depende diretamente do alvo anatômico da cirurgia e da extensão da exposição necessária para tratá-lo com segurança. O princípio que orienta essa decisão é simples e deve ser memorizado pelo cirurgião em formação:

ressecam-se tantas costelas quantas forem necessárias para expor adequadamente a estrutura-alvo — nem mais, nem menos. Na prática, essa regra se desdobra em duas situações típicas, distintas em sua complexidade e em suas exigências de acesso.

Abordagem limitada ao disco intervertebral

Quando o objetivo cirúrgico é restrito ao espaço discal — como ocorre nas discectomias torácicas por hérnia de disco calcificada, nas biópsias de disco em espondilodiscite, ou nas liberações discais preparatórias para osteotomias à Smith-Petersen —, a ressecção de uma única costela é suficiente. A costela a ser ressecada é aquela que se articula com o nível superior do disco-alvo: por exemplo, para abordar o disco T7-T8, resseca-se a oitava costela, que se articula com o corpo de T8 e também, por sua cabeça, com o disco T7-T8. A exposição obtida por essa ressecção única, combinada com a facetectomia e a pediculectomia do nível correspondente, oferece corredor de trabalho adequado ao espaço discal, à margem lateral do canal medular e à porção inferolateral do corpo vertebral superior ao disco — exposição suficiente para o gesto cirúrgico planejado.

Essa economia de ressecção é tecnicamente desejável sempre que possível: reduz o tempo cirúrgico, minimiza a morbidade da parede torácica, preserva maior número de feixes neurovasculares intercostais e simplifica o fechamento. Em cirurgias limitadas ao disco, ressecar duas costelas quando uma basta constitui agressão desnecessária.

Abordagem ao corpo vertebral

Quando o objetivo cirúrgico envolve o corpo vertebral — corpectomia parcial ou total por tumor, fraturas, metástase, espondilodiscite com coleção retrovertebral ou osteomielite —, a ressecção de duas costelas é regra: a costela cranial e a costela caudal ao corpo-alvo. A razão é anatômica. Cada corpo vertebral torácico articula-se, em condições normais, com duas costelas: a costela do próprio nível, que se articula com o corpo e com o disco superior pela hemifaceta superior, e a costela do nível imediatamente inferior, que se articula com o corpo e com o disco inferior pela hemifaceta inferior. Para liberar completamente o corpo vertebral de suas ancoragens costais e expor suas margens laterais em toda a extensão craniocaudal, ambas as costelas precisam ser removidas.

Ressecar apenas uma costela em abordagens ao corpo vertebral compromete a exposição de maneira previsível: a margem lateral do corpo contralateral à costela ressecada fica parcialmente encoberta pela costela remanescente, o que dificulta a corpectomia e não expõe o disco adequadamente, prolonga o tempo cirúrgico e aumenta o risco de ressecção incompleta — especialmente problemático em contextos oncológicos, nos quais a ressecção em bloco com margens adequadas é objetivo prioritário. Assim, para qualquer procedimento que envolva o corpo vertebral, a regra é clara: duas costelas, cranial e caudal.

Considerações adicionais

Em corpectomias múltiplas — por exemplo, ressecção em bloco de dois ou três corpos vertebrais contíguos por tumor primário —, a regra se estende proporcionalmente: ressecam-se todas as costelas articuladas com os corpos envolvidos, o que pode significar três, quatro ou mais costelas consecutivas. Nessas situações, aplicam-se os critérios de reconstrução da parede torácica discutidos na Seção 6.11.2 (reconstrução obrigatória quando quatro ou mais costelas são ressecadas, ou quando o defeito ultrapassa 5 cm). Em procedimentos bilaterais simultâneos — como a osteotomia de subtração pedicular bilateral para correção de deformidade —, a decisão sobre quantas costelas ressecar em cada lado obedece aos mesmos princípios, aplicados de forma independente a cada hemitórax.

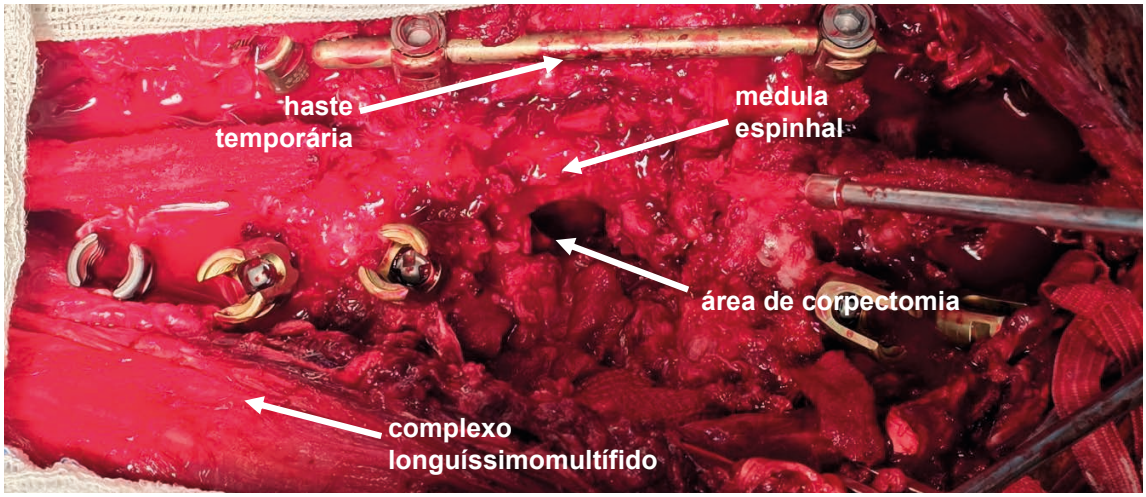


Figura 6.7 – Corpectomia com exposição do canal medular. Acesso pelo hemitórax direito.

6.7.6 Pediculectomia (quando indicada)

Em ressecções que exigem acesso amplo ao canal medular e ao corpo vertebral — corpectomias, tumores, grandes hérnias calcificadas —, o pedículo é removido em bloco facilmente quebrando-o em sua base com uma goiva. A ressecção do pedículo expõe a face posterolateral do canal medular e permite visualização direta da dura e dos ligamentos epidurais.

6.8 Descompressão Medular

Com o acesso ao canal medular estabelecido pela técnica de ressecção em bloco do arco neural descrita na Seção 6.7.6 — e, portanto, com a dura-máter, o plexo venoso epidural e o ligamento longitudinal posterior previamente identificados —, procede-se à descompressão medular propriamente dita. As manobras específicas variam conforme a patologia tratada, mas todas obedecem a um princípio comum, que é o fundamento técnico da segurança da costotransversectomia e merece ser enunciado desde o início: nunca se manipula diretamente a medula; é o material patológico que vem até o espaço criado pelo cirurgião. Esse princípio — desenvolvido em detalhe nas subseções a seguir — é a essência da *push-back technique*, e o cirurgião que o compreende e o aplica com disciplina transforma a costotransversectomia em procedimento seguro mesmo em medulas severamente comprometidas.

6.8.1 Descompressão para hérnia de disco torácica

No caso de hérnia de disco torácica lateral ou paracentral, a descompressão começa pela discectomia lateral — remoção do anel fibroso lateral, do material discal e das placas terminais adjacentes no lado da abordagem.[7,16] A seguir, cria-se uma cavidade no corpo vertebral adjacente, utilizando-se curetas, pinças hipofisárias e, quando necessário, broca de alta rotação, trabalhando desde a face lateral em direção à linha média. A profundidade e a extensão dessa cavidade devem ser planejadas para corresponder ao volume do fragmento herniário a ser deslocado.

A criação dessa cavidade tem objetivo estratégico que define toda a filosofia da descompressão por costotransversectomia: permitir que a hérnia central ou paracentral

seja “empurrada” para dentro do espaço criado — manobra conhecida como *push-back technique* — em vez de ser tracionada posteriormente em direção à medula. Essa inversão do gesto descompressivo — empurrar em vez de tracionar — é o fundamento da segurança da costotransversectomia para hérnias torácicas: nunca se deve manipular a medula; é a hérnia que vem até o espaço criado. O cirurgião, trabalhando pela via posterolateral, dispõe de visualização direta da dura ao longo de todo o gesto, identifica o fragmento herniário aderido à face anterior do saco dural, e o desloca progressivamente para dentro da cavidade discal previamente preparada, com pinças delicadas ou dissectores apropriados. Uma vez dentro da cavidade, o fragmento é removido por via lateral, sem que a medula tenha sido tocada em nenhum momento do procedimento.

6.8.2 Descompressão para tumor, infecção e fratura

Em tumores primários, metástases vertebrais e espondilodiscites com coleção retrovertebral, a descompressão envolve a ressecção do tecido patológico — tumoral, caseoso, purulento ou ósteo-necrótico — em profundidade suficiente para liberar completamente a dura-máter anterior. A ressecção é executada de lateral para medial, de forma progressiva e controlada, utilizando-se curetas anguladas, pinças hipofisárias e, em tumores volumosos ou com componente ósseo duro, broca de alta rotação ou osteótomos, mecânico ou ultrassônico.[8] O princípio da *push-back technique* aplica-se igualmente nessas situações: à medida que o corredor de trabalho se aprofunda no corpo vertebral, o tecido patológico é empurrado para dentro do espaço criado, nunca tracionado em direção à medula.

Em fraturas com fragmentos retropulsados — padrão habitual em fraturas tipo explosão do segmento toracolombar —, a descompressão envolve a remoção dos fragmentos ósseos que invadem o canal medular, com técnica análoga à da discectomia: criação de cavidade no corpo vertebral e *push-back* dos fragmentos para o espaço criado. Essa é, inclusive, uma das indicações clássicas da costotransversectomia em trauma, pois permite descompressão direta do canal por via posterior única, sem necessidade de abordagem anterior adicional.[6] Em fraturas consolidadas com deformidade cifótica associada, pode ser necessário combinar a descompressão com osteotomia corretiva — situação que é abordada em detalhe na Seção 6.9.

O princípio unificador: criar espaço, não tracionar tecido.

Vale reafirmar, ao final desta seção, o princípio que orienta todas as variantes da descompressão medular por costotransversectomia. Independente da patologia de base — hérnia discal, tumor, infecção, fragmento de fratura —, a lógica descompressiva é sempre a mesma: criar um espaço vazio adiante do elemento compressivo (pela ressecção progressiva do corpo vertebral adjacente a partir de lateral) e permitir que o elemento compressivo se mova para dentro desse espaço, afastando-se passivamente da medula. Esse princípio transforma um gesto potencialmente arriscado — operar em contato direto com a medula — em gesto seguro e reprodutível, desde que o cirurgião mantenha a disciplina técnica de nunca manipular diretamente o tecido neural. É essa filosofia que faz da costotransversectomia, quando bem executada, uma via segura para descompressão medular mesmo em mielopatias avançadas.

6.9 Reconstrução da Coluna Anterior

Quando a ressecção envolveu a corpectomia parcial ou total do corpo vertebral, a reconstrução da coluna anterior é obrigatória para restaurar a capacidade de suporte de carga e prevenir a cifose progressiva.

6.9.1 Cages expansíveis

Os cages expansíveis de titânio são a escolha preferencial atual para reconstrução da coluna anterior por via posterior.[17] Esses implantes apresentam a vantagem de serem inseridos em posição comprimida (pequeno perfil), o que facilita sua passagem ao lado da medula, e então são expandidos no sítio para contato adequado com as placas terminais superior e inferior.

A técnica de colocação envolve: preparo cuidadoso das placas terminais (remoção da cartilagem com curetas angulares, preservação da placa cortical óssea); medição do espaço da corpectomia; seleção do cage de tamanho adequado; inserção em posição comprimida pela lateral do canal; posicionamento central no corpo vertebral; e expansão gradual sob fluoroscopia, com atenção a qualquer alteração nos potenciais neurofisiológicos. Enxerto ósseo autólogo (da costela ressecada ou da crista ilíaca) deve ser colocado ao redor do cage para promover fusão biológica.

6.9.2 Enxerto ósseo estrutural

Em centros com menor disponibilidade de cages expansíveis ou em situações específicas (pacientes pediátricos, infecções contaminadas), enxertos ósseos estruturais podem ser utilizados: crista ilíaca tricortical, fíbula autóloga ou alógena. As desvantagens incluem maior morbidade do sítio doador (crista ilíaca) e risco de colapso/reabsorção progressiva.

6.9.3 Cimento (PMMA)

Em casos selecionados — particularmente em cirurgia paliativa oncológica, em pacientes com expectativa de vida reduzida —, o cimento de polimetilmetacrilato (PMMA) pode ser utilizado como substituto do corpo vertebral ressecado. Sua vantagem é a capacidade de "molde" preenchendo a cavidade criada, mas não permite fusão biológica posterior e apresenta risco de extravasamento para o canal medular se não controlado.

6.10 Finalização da Instrumentação Posterior

Com a reconstrução anterior concluída, as hastes posteriores definitivas são colocadas e conectadas aos parafusos pediculares previamente posicionados. Em cirurgias de deformidade, a correção é feita gradualmente pela manobra de compressão-distração entre os níveis instrumentados, observando-se continuamente os potenciais neurofisiológicos.

A artrodese posterolateral é complementada com enxerto ósseo (autólogo da costela e dos processos espinhosos ressecados, ou heterólogo/sintético conforme disponibilidade) sobre as facetas descorticadas e sobre as lâminas. Uma combinação de autoenxerto + enxerto esponjoso sintético + concentrado de medula óssea tem demonstrado bons resultados de consolidação na literatura contemporânea.

6.11 Manejo do Leito de Ressecção Costal e Fechamento

Após a conclusão da descompressão, da reconstrução anterior e da instrumentação posterior, resta ao cirurgião o tempo final do procedimento — menos

dramático que os anteriores, mas tão determinante quanto eles para o desfecho funcional e para a prevenção de complicações pós-operatórias. Esse tempo comporta duas etapas distintas e sequenciais: primeiro, a decisão sobre se o leito de ressecção costal demanda reconstrução esquelética; depois, o fechamento por planos anatômicos propriamente dito. Esta seção trata das duas em sequência.

6.11.1 O leito de ressecção costal: reconstruir ou não reconstruir

A primeira e mais importante informação prática a transmitir ao leitor é que, na esmagadora maioria das costotransversectomias convencionais, o leito de ressecção costal não requer qualquer reconstrução esquelética. A costotransversectomia padrão resseca apenas o segmento mais posterior da costela — tipicamente 4 cm a 8 cm a partir da articulação costotransversária —, justamente a porção que é naturalmente coberta, na posição anatômica, pela escápula, pela musculatura paraescapular (romboides, trapézio) e pela musculatura paravertebral profunda (longuíssimo, multífido, iliocostal). Essas estruturas, quando reposicionadas adequadamente durante o fechamento por planos, fornecem cobertura muscular mais que suficiente para prevenir herniação pulmonar, movimento paradoxal e qualquer outra consequência biomecânica relevante da ressecção.

A literatura de cirurgia torácica é convergente nesse ponto. Estudos clássicos (Mansour e colaboradores, 2002;[27] Chang e colaboradores, 2004;[28] Deschamps e colaboradores, 1999)[29] estabeleceram que defeitos posteriores cobertos pela escápula não demandam reconstrução, independentemente até de dimensões consideráveis. A revisão de Sanna e colaboradores (2017),[31] em particular, afirma explicitamente que defeitos apicoposteriores de até 10 cm, protegidos pelo complexo escapular e pela cintura escapular, podem ser deixados sem reconstrução esquelética sem prejuízo funcional. Esse princípio aplica-se de maneira especialmente confortável às costotransversectomias torácicas altas (T1-T4), onde a cobertura escapular é integral, e às torácicas médias (T5-T10), onde a musculatura paravertebral é espessa e bem vascularizada.

6.11.2 Critérios objetivos para indicação de reconstrução

A literatura de cirurgia torácica oncológica consolidou, ao longo das últimas três décadas, critérios objetivos para indicar reconstrução esquelética do arcabouço torácico após ressecção costal. Esses critérios derivam principalmente dos trabalhos de Mansour (2002),[27] Chang (2004),[28] Anikin (2020) e Seder (2016),[30] e podem ser resumidos como se segue. A reconstrução esquelética está indicada quando qualquer um dos seguintes critérios é atendido:

- Quatro ou mais costelas consecutivas ressecadas — situação em que o risco de movimento paradoxal (*flail chest*) torna-se clinicamente relevante;
- Defeito efetivo maior que 5 cm de diâmetro, independentemente do número de costelas envolvidas;
- Ressecção que se estende abaixo da quinta costela e inferior à ponta da escápula — condição em que a ponta escapular pode "afundar" no defeito durante o movimento do braço (scapular entrapment);
- Defeito posterolateral que ultrapassa a linha axilar posterior — região em que a cobertura muscular espontânea não é suficiente;
- Ressecção em bloco associada a cirurgia oncológica de parede torácica (situação híbrida entre costotransversectomia e toracectomia), na qual múltiplas estruturas estão simultaneamente comprometidas.

Fora dessas situações — que, repita-se, são minoria absoluta das costotransversectomias convencionais —, a reconstrução não é apenas dispensável, mas provavelmente desaconselhável, por acrescentar tempo cirúrgico, custo, risco de infecção de implante sintético e morbidade do fechamento sem benefício funcional correspondente.

6.11.3 Técnica de reconstrução quando indicada

Nas situações que exigem reconstrução esquelética, a técnica preferencial para defeitos posteriores da costotransversectomia é a reconstrução com malha sintética esticada. Os materiais mais utilizados, com bons resultados consolidados na literatura, são a malha de politetrafluoretileno, a malha de polipropileno e, em casos

selecionados, malhas biológicas quando há risco de infecção — por exemplo, em ressecções por osteomielite.

A técnica cirúrgica segue alguns princípios fundamentais. A malha deve ser cortada com dimensões ligeiramente superiores ao defeito e posicionada sobre ele. A fixação é realizada com pontos separados de fio monofilamentar inabsorvível (Prolene 0 ou 1) ancorados às costelas adjacentes — quando necessário, perfurando-as previamente com broca fina (tipo Midas Rex) para permitir a passagem da sutura. O princípio técnico essencial é que a malha deve ficar tensa como a pele de um tambor (*taut as a drum*) — uma malha frouxa não cumpre sua função mecânica e pode ser pior que a ausência de reconstrução, pois gera espaço morto e movimento paradoxal residual. A fixação em múltiplos pontos ao redor do perímetro do defeito é preferível à fixação apenas em dois ou três pontos.

Para defeitos muito grandes, em situações oncológicas complexas ou quando há perda de cobertura muscular adequada — o que é extremamente raro na costotransversectomia pura, mas pode ocorrer em revisões extensas ou em combinação com ressecção oncológica de parede —, a reconstrução rígida composta pode ser indicada. As opções incluem o “sanduíche” clássico de malha com metilmetacrilato (técnica de Marlex — *methyl methacrylate sandwich*, descrita por Mansour),[27] ou, em sua versão moderna, placas de titânio pré-contornadas especificamente desenhadas para reconstrução costal. Em ambas as situações, a complexidade do caso geralmente justifica a abordagem multidisciplinar com cirurgia torácica e, eventualmente, cirurgia plástica para rotação de retalho muscular pediculado (grande dorsal, serrátil anterior) quando a cobertura de tecidos moles é insuficiente.

6.11.4 Uso inteligente da costela ressecada como enxerto autólogo

Ponto prático relevante: a costela removida durante a costotransversectomia não deve ser descartada. Em todos os casos que envolvem instrumentação posterior com artrodese — ou seja, a grande maioria das costotransversectomias associadas a corpectomia, ressecção ampla ou instabilidade —, o segmento costal ressecado é excelente material para enxerto ósseo autólogo. A costela, após decorticação da camada cortical externa, pode ser particulada em fragmentos pequenos, e então utilizada como complemento ósseo ao longo do leito de artrodese posterolateral,

sobre as facetas descorticadas e as lâminas, ou como preenchimento complementar ao redor do cage anterior. Esse aproveitamento tem múltiplas vantagens: elimina a necessidade de coleta de enxerto de crista ilíaca em muitos casos, com sua morbidade associada; fornece enxerto autólogo de alta qualidade biológica; aproveita material que seria descartado; e contribui para a fusão biológica da artrodese. A literatura de artrodese espinhal endossa consistentemente essa prática, que se tornou padrão em centros experientes.

6.11.5 *Flail chest* e herniação pulmonar: riscos quase ausentes na costotransversectomia padrão

A preocupação com flail chest após ressecção costal, amplamente discutida na literatura de trauma torácico, é raramente aplicável à costotransversectomia eletiva. Isso se explica por três razões fundamentais. Primeiro, o *flail chest* verdadeiro requer, por definição da *Chest Wall Injury Society*, a presença de ao menos três costelas consecutivas com duas fraturas cada — configuração que a costotransversectomia cirúrgica não reproduz, uma vez que resseca apenas o segmento posterior da costela, mantendo a continuidade anterolateral. Segundo, a instrumentação pedicular posterior, quase sempre associada à costotransversectomia ampla, estabiliza rigidamente a coluna vertebral, que funciona como âncora posterior da parede torácica, à qual as costelas remanescentes permanecem articuladas por meio das cabeças costais dos níveis não operados. Terceiro, a cobertura muscular paravertebral e escapular, quando preservada e reposicionada durante o fechamento por planos, oferece contenção ativa ao movimento paradoxal residual, caso este exista.

Por razões análogas, a herniação pulmonar é complicação extremamente rara após costotransversectomia convencional. Sua ocorrência está restrita a situações de ressecção multinível extensa — quatro ou mais costelas consecutivas — em pacientes com musculatura paravertebral atrofiada, e justamente nessas situações a reconstrução esquelética está indicada pelos critérios discutidos acima. Quando aplicados corretamente os critérios de indicação de reconstrução, a herniação pulmonar pós-costotransversectomia é complicação praticamente inexistente.

Esclarecimento terminológico final: a costoplastia — no sentido de ressecção estética do *rib hump* — não é procedimento rotineiro da costotransversectomia. A

costoplastia é técnica de cirurgia de deformidade, realizada especificamente para correção da giba costal residual após artrodese posterior em escoliose idiopática, com indicação estética/funcional distinta. Na costotransversectomia descompressiva, oncológica ou por trauma, não há qualquer necessidade ou benefício de ressecção costal adicional além do segmento estritamente necessário à exposição da coluna anterior — e, como discutido acima, o material ressecado serve como enxerto autólogo.

6.11.6 Fechamento por planos anatômicos

Definida a estratégia quanto ao leito costal, procede-se ao fechamento propriamente dito. O fechamento por planos anatômicos segue uma sequência sistematizada que inclui: revisão final da hemostasia em todos os níveis da dissecção; inspeção da pleura parietal para pesquisa de lesões não reconhecidas previamente — inclusive com teste de Valsalva após inundação do campo com solução salina, manobra simples e de alto valor; irrigação copiosa com solução salina (aproximadamente 3 litros), já que estudos em cirurgia de coluna demonstram redução significativa da infecção profunda com irrigação abundante; aplicação de vancomicina em pó no leito cirúrgico (1 a 2 gramas), prática amplamente adotada embora ainda objeto de controvérsia na literatura mais recente; colocação de dreno ou drenos aspirativos profundos conforme extensão da cirurgia e sangramento; e, quando pertinente, colocação de dreno torácico no espaço pleural se houve lesão pleural não passível de reparo direto.

Os planos são então fechados sequencialmente: complexo muscular profundo, fáscia toracolombar com sutura contínua de fio monofilamentar não absorvível ou absorvível tardio (Vicryl 1 ou PDS); tecido subcutâneo com pontos invertidos de Vicryl 2-0; e pele com sutura intradérmica de monofilamentar absorvível 3-0 ou 4-0. O curativo compressivo é então aplicado e o paciente é transferido para a sala de recuperação.

Antes de liberar o paciente da mesa cirúrgica, é recomendável realizar radiografia de tórax para descartar pneumotórax inadvertido, especialmente em cirurgias em que a dissecção pleural foi extensa ou houve lesão pleural reconhecida e reparada. Em casos selecionados — cirurgias muito prolongadas, grandes corpectomias, pacientes críticos — uma tomografia pós-operatória precoce pode ser considerada como avaliação adicional do posicionamento dos implantes e do alinhamento conquistado.

6.12 Cuidados Pós-Operatórios Imediatos

O paciente é habitualmente encaminhado à unidade de terapia intensiva (UTI) ou unidade de cuidados especiais para monitorização nas primeiras 24 a 48 horas, especialmente em cirurgias extensas ou em pacientes com comorbidades significativas. Os cuidados imediatos incluem:

- Monitorização hemodinâmica contínua e manejo de hipotensão ou hipertensão reflexa;
- Exame neurológico seriado (a cada 2 a 4 horas nas primeiras 24 horas) para detecção precoce de piora neurológica sugestiva de hematoma epidural;
- Controle rigoroso da dor com analgesia multimodal (opioides, AINEs quando não contraindicados, paracetamol, gabapentina, bloqueios regionais quando indicado);
- Profilaxia para trombose venosa profunda: compressão pneumática intermitente desde o intraoperatório; heparina de baixo peso molecular iniciada conforme risco hemorrágico (geralmente 24 a 48 horas pós-operatório);
- Fisioterapia respiratória precoce (espirometria de incentivo, tosse assistida);
- Radiografias de controle: tórax no primeiro dia pós-operatório (pesquisa de pneumotórax, derrame pleural) e de coluna nos dias seguintes (avaliação da posição da instrumentação);
- Dieta oral precoce quando não houve abertura pleural ou quando o paciente não apresenta íleo;
- Antibioticoterapia profilática por 24 horas (em cirurgias limpas) ou terapêutica conforme indicação (infecções).

A mobilização precoce — idealmente com fisioterapia ainda na UTI e ortostatismo assistido no primeiro ou segundo dia pós-operatório — é fundamental para prevenção de complicações clínicas (pneumonia, TVP, íleo, úlcera de pressão) e está associada a melhores desfechos funcionais. O uso de órteses (colete TLSO) é recomendado em cirurgias com ressecção extensa e artrodese, por 3 a 6 meses conforme o caso.

6.13 Variantes Técnicas e Adaptações

6.13.1 Costotransversectomia minimamente invasiva

A costotransversectomia pode ser realizada por técnicas minimamente invasivas (MIS), utilizando-se retratores tubulares expansíveis.[11] Esta variante é particularmente útil em cirurgias oncológicas paliativas (pacientes frágeis, com expectativa de vida reduzida) e em biópsias de lesões vertebrais. A técnica envolve incisões paraespinhais de 3 cm a 5 cm, dissecção por plano muscular com dilatadores sequenciais, e uso de retrator tubular com visualização microscópica ou endoscópica. A curva de aprendizado é íngreme e a técnica exige familiaridade prévia com a anatomia em via aberta.

6.13.2 Costotransversectomia bilateral (para PSO)

Na osteotomia de subtração pedicular (PSO) torácica para correção de cifose, a costotransversectomia é realizada bilateralmente, expondo as paredes laterais do corpo vertebral para criação do *wedge* ósseo (cunha).[9,10,19] Esta variante envolve: ressecção bilateral dos processos transversos e da porção proximal das costelas (aproximadamente 4 cm de cada lado); ressecção bilateral dos pedículos; ressecção gradual do corpo vertebral criando uma cunha com ápice anterior; e fechamento controlado da osteotomia por manobra de compressão entre as hastes posteriores. O fechamento deve ser feito de forma gradual, com monitorização neurofisiológica contínua, pois a dobra brusca da coluna pode comprimir a medula.

6.13.3 Costotransversectomia ampliada (extracavitária lateral)

A abordagem extracavitária lateral, descrita por Larson em 1976,[4,5] é essencialmente uma costotransversectomia ampliada, envolvendo ressecção mais lateral da costela (8 cm a 10 cm) e dissecção muscular mais extensa. Oferece exposição maior que a costotransversectomia clássica e é particularmente útil em cirurgias de reconstrução com cages grandes, mas impõe maior morbidade muscular e maior risco de dor crônica.

6.13.4 Adaptações por segmento

Como discutido no Capítulo 5, as particularidades anatômicas por zona demandam adaptações técnicas. Em T1-T4, o posicionamento com abdução dos ombros e a dissecção da escápula são essenciais. Em T11-L1, a desinserção parcial do diafragma e a dissecção do retroperitônio são necessárias para exposição do corpo vertebral de L1.

6.14 Pontos Práticos e Dicas Técnicas

A experiência acumulada na literatura e na prática clínica permite sintetizar uma série de recomendações práticas para a execução segura da costotransversectomia:

- A medula espinhal NUNCA deve ser manipulada para obter exposição — se mais exposição é necessária, remova mais costela lateralmente, não tente aprofundar por via mais medial;
- Seguir o feixe neurovascular intercostal em direção medial leva ao forame intervertebral — marco anatômico seguro;
- A remoção da cabeça da costela leva diretamente ao disco intervertebral de interesse — a cabeça da n-ésima costela cruza o espaço discal T(n-1)/Tn;
- Realize a discectomia lateral primeiro, depois crie uma cavidade central que permita “empurrar” a patologia medial para dentro da cavidade, evitando retração medular;
- Se há planejamento de vertebrectomia ou ressecção extensa, coloque a instrumentação posterior com haste provisória antes da destabilização;
- Em abordagens unilaterais, prefira o lado oposto à artéria de Adamkiewicz (habitualmente o lado direito em lesões entre T8 e L1);
- Monitorização neurofisiológica é mandatória — queda >50% de PEM ou >10% em latência de PESS exige interrupção imediata e revisão;
- Durante a dissecção subperiostal da costela, utilize sempre o dedo ou dissector rombo (Cobb, Doyen) — instrumentos cortantes são proibidos neste momento;
- Inspecione a pleura ao final da cirurgia antes do fechamento — lesões pequenas podem passar despercebidas e resultar em pneumotórax tardio;

- Em pacientes com risco aumentado de fístula liquórica, considere drenagem lombar profilática por 3 a 5 dias;
- A ressecção da costela deve ser suficiente para oferecer ângulo adequado ao instrumental — cerca de 4 cm–6 cm em costotransversectomia clássica; 8 cm–10 cm em abordagens ampliadas.

6.15 Considerações

A costotransversectomia, executada com técnica meticulosa e respeito aos princípios discutidos, é procedimento seguro e eficaz para ampla gama de patologias da coluna torácica. Sua execução exige domínio anatômico (Capítulo 5), reconhecimento das indicações adequadas (Capítulo 3), antecipação das complicações possíveis (Capítulo 4) e aplicação disciplinada dos passos técnicos descritos neste capítulo.

Referências

1. Watkins RG. Costotransversectomy. In: Surgical Approaches to the Spine. New York: Springer; 1983:181-190.
2. Kaiser MG. Costotransversectomy. In: Benzel EC, editor. Spine Surgery: Techniques, Complication Avoidance, and Management. Philadelphia: Elsevier; 2016.
3. Smith JT. Costotransversectomy. In: Tolo VT, Skaggs DL, editors. Master Techniques in Orthopaedic Surgery. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
4. Larson SJ, Holst RA, Hemmy DC, Sances A Jr. Lateral extracavitary approach to traumatic lesions of the thoracic and lumbar spine. J Neurosurg. 1976;45(6):628-637.
5. Ahlgren BD, Herkowitz HN. A modified posterolateral approach to the thoracic spine. J Spinal Disord. 1995;8(1):69-75.
6. Bransford RJ, Anissipour AK, Child ZA, Bellabarba C. Transpedicular and Costo-transversectomy Approaches for Trauma: Indications and Techniques. In: Vaccaro AR, editor. Spine Trauma. Philadelphia: Elsevier; 2017.
7. Scoscina D, Amico S, Angeletti E, Martiniani M, Meco L, Specchia N, Gigante AP. Surgical approach to single-level symptomatic thoracic disc herniations through costotransversectomy: A report of ten case series. J Craniovertebr Junction Spine. 2023;14(1):44-49.

8. Cybulski GR, Stone JL, Opesanmi O. Spinal cord decompression via a modified costotransversectomy approach combined with posterior instrumentation for management of metastatic neoplasms of the thoracic spine. Surg Neurol. 1991;35(4):280-285.
9. Suk SI, Kim JH, Kim WJ, et al. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities. Spine. 2002;27(21):2374-2382.
10. Bridwell KH, Lewis SJ, Lenke LG, Baldus C, Blanke K. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. J Bone Joint Surg Am. 2003;85(3):454-463.
11. Musacchio M, Patel N, Bagan B, et al. Minimally invasive thoracolumbar costotransversectomy and corpectomy via a dual-tube technique: evaluation in a cadaver model. Surg Technol Int. 2007;16:221-225.
12. Nassr A, et al. Operative Techniques in Spine Surgery. 2nd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2019.
13. Fessler RG, Sturgill M. Review: complications of surgery for thoracic disc disease. Surg Neurol. 1998;49(6):609-618.
14. Arts MP, Bartels RH. Anterior or posterior approach of thoracic disc herniation? A comparative cohort of mini-transthoracic versus transpedicular discectomies. Spine J. 2014;14(8):1654-1662.
15. Knaub MA. Costotransversectomy: An alternative surgical approach to challenging thoracic spine reconstructions. Penn State Bone and Joint Institute. 2018.
16. Stillerman CB, Chen TC, Couldwell WT, Zhang W, Weiss MH. Experience in the surgical management of 82 symptomatic herniated thoracic discs and review of the literature. J Neurosurg. 1998;88(4):623-633.
17. Hofstetter CP, Chou D, Newman CB, et al. Posterior approach for thoracolumbar corpectomies with expandable cage placement and circumferential arthrodesis: a multicenter case series of 67 patients. J Neurosurg Spine. 2011;14(3):388-397.
18. Rhee JM, Boden SD. Operative Techniques in Spine Surgery. 2nd ed. Wolters Kluwer Health; 2019.
19. Smith JS, Shaffrey CI, Ames CP, Lenke LG. Treatment of adult thoracolumbar spinal deformity: past, present, and future. J Neurosurg Spine. 2019;30(5):551-567.
20. Bauer JM, Yanamadala V, Shah SA, Sethi RK. Two Surgeon Approach for Complex Spine Surgery. Spine. 2019;44(24):1701-1709.
21. Wiltse LL, Spencer CW. New uses and refinements of the paraspinal approach to the lumbar spine. Spine. 1988;13(6):696-706.
22. Sun S, Chu H, Wu Z, Sun J, Guo Q, Man Q, Wang T, Tao J. Clinical application of a modified Wiltse approach in middle and lower thoracic vertebrae: a case-control study of thoracic fracture patients. BMC Musculoskelet Disord. 2024;25(1):701.

23. Li J, Chen X, Yang J, et al. The feasibility and efficacy of pedicle fixation by the Wiltse approach in the thoracic spine. Front Surg. 2024;11:1406111.
24. Palmer DK, Allen JL, Williams PA, et al. Multilevel magnetic resonance imaging analysis of multifidus-longissimus cleavage planes in the lumbar spine and potential clinical applications to Wiltse's paraspinal approach. Spine. 2011;36(16):1263-1267.
25. Zindrick MR, Wiltse LL, Doornik A, Widell EH, Knight GW, Patwardhan AG, et al. Analysis of the morphometric characteristics of the thoracic and lumbar pedicles. Spine. 1987;12(2):160-166.
26. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Cho YS, Riew KD. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? Spine. 2004;29(3):333-342.
27. Mansour KA, Thourani VH, Losken A, Reeves JG, Miller JI Jr, Carlson GW, et al. Chest wall resections and reconstruction: a 25-year experience. Ann Thorac Surg. 2002;73(6):1720-1725.
28. Chang RR, Mehrara BJ, Hu QY, Disa JJ, Cordeiro PG. Reconstruction of complex oncologic chest wall defects: a 10-year experience. Ann Plast Surg. 2004;52(5):471-479.
29. Deschamps C, Tirnaksiz BM, Darbandi R, Trastek VF, Allen MS, Miller DL, et al. Early and long-term results of prosthetic chest wall reconstruction. J Thorac Cardiovasc Surg. 1999;117(3):588-591.
30. Seder CW, Rocco G. Chest wall reconstruction after extended resection. J Thorac Dis. 2016;8(Suppl 11):S863-S871.
31. Sanna S, Brandolini J, Pardolesi A, Argnani D, Mengozzi M, Dell'Amore A, et al. Materials and techniques in chest wall reconstruction: a review. J Vis Surg. 2017;3:95.
32. Dvorak M, MacDonald S, Gurr KR, Bailey SI, Haddad RG. An anatomic, radiographic, and biomechanical assessment of extrapedicular screw fixation in the thoracic spine. Spine (Phila Pa 1976). 1993;18(12):1689-1694.
33. Husted DS, Yue JJ, Fairchild TA, Haims AH. An extrapedicular approach to the placement of screws in the thoracic spine: an anatomic and radiographic assessment. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(20):2324-2330.
34. Morgenstern W, Ferguson SJ, Berey S, Orr TE, Nolte LP. Posterior thoracic extrapedicular fixation: a biomechanical study. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(16): 1829-1835.
35. Boszczyk BM, Bierschneider M, Hauck S, Beisse R, Potulski M, Jaksche H. Transcostovertebral kyphoplasty of the mid and high thoracic spine. Eur Spine J. 2005;14(10):992-999.
36. White KK, Oka R, Mahar AT, Lowry A, Garfin SR. Pullout strength of thoracic pedicle screw instrumentation: comparison of the transpedicular and extrapedicular techniques. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(12):E355-E358.

37. Kuklo TR, Lehman RA Jr. Effect of various tapping diameters on insertion of thoracic pedicle screws: a biomechanical analysis. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(18): 2066-2071.
38. Wang H, Wang H, Sribastav SS, Ye F, Liang C, Li Z, Wang J, Liu H, Wang X, Zheng Z. Comparison of pullout strength of the thoracic pedicle screw between intrapedicular and extrapedicular technique: a meta-analysis and literature review. Int J Clin Exp Med. 2015;8(12):22237-22245.
39. Lee CS, Park SA, Hwang CJ, Kim DJ, Lee WJ, Kim YT, Lee MY, Yoon SJ, Lee DH. A novel method of screw placement for extremely small thoracic pedicles in scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2011;36(16):E1112-E1116.

CAPÍTULO 7

DESCRIÇÃO ILUSTRADA DA TÉCNICA

Uma imagem vale mais que mil palavras — uma imagem acompanhada de mil palavras vale um aprendizado.

7.1 Introdução

Este capítulo apresenta, por meio de sequência fotográfica sistematizada, a execução da costotransversectomia passo a passo. As imagens foram obtidas em dissecção cadavérica realizada pelo autor, em peça anatômica preparada especificamente para fins didáticos, permitindo visualização de estruturas que, em contexto cirúrgico real, dificilmente se apresentam com clareza comparável.

A escolha deliberada pela dissecção cadavérica como material iconográfico obedece a dois princípios. Primeiro, o princípio da didática: em ambiente cadavérico, é possível apresentar cada tempo cirúrgico com iluminação adequada, sangue ausente, ângulo fotográfico ideal e exposição controlada, permitindo ao leitor apreender os detalhes anatômicos que o campo cirúrgico real, com sua urgência, sangramento e limitações de exposição, raramente permite ver com tal nitidez. Segundo, o princípio do respeito: as imagens de procedimentos em pacientes vivos impõem restrições éticas, de consentimento e de privacidade que, embora legítimas, limitam a didática; o cadáver, ao contrário, é o grande mestre silencioso da cirurgia, e sua utilização para ensino honra a função histórica do estudo anatômico.

A sequência apresentada reproduz integralmente a técnica descrita no Capítulo 6, seguindo a mesma ordem de tempos cirúrgicos. Cada figura é acompanhada de legenda descritiva que identifica as estruturas anatômicas visíveis, orienta o leitor sobre o que procurar na imagem, e conecta o que se vê ao princípio técnico discutido no capítulo anterior. Recomenda-se, portanto, a leitura conjunta deste capítulo com o Capítulo 6, como um atlas ilustrado da prosa técnica ali desenvolvida.

Nesta dissecção, a abordagem foi realizada pelo lado direito, com a cabeça do paciente orientada à direita da fotografia em todas as imagens. Essa convenção de

orientação é mantida ao longo de todo o capítulo, permitindo ao leitor construir uma imagem mental tridimensional consistente da anatomia operatória.

7.2 Posicionamento da Peça e Marcação

O posicionamento adequado da peça é o primeiro passo para a demonstração didática da costotransversectomia. O cadáver é posicionado em decúbito ventral, reproduzindo a posição operatória habitual. A peça utilizada consiste em torso cadavérico *fresh frozen* preparado para fins didáticos, sem os membros superiores e inferiores. A peça está disposta com a cabeça à direita da fotografia em todas as imagens subsequentes deste capítulo — convenção de orientação mantida ao longo de todo o material. A abordagem apresentada foi realizada pelo lado direito.



Figura 7.1 – Vista panorâmica do cadáver posicionado em decúbito ventral.

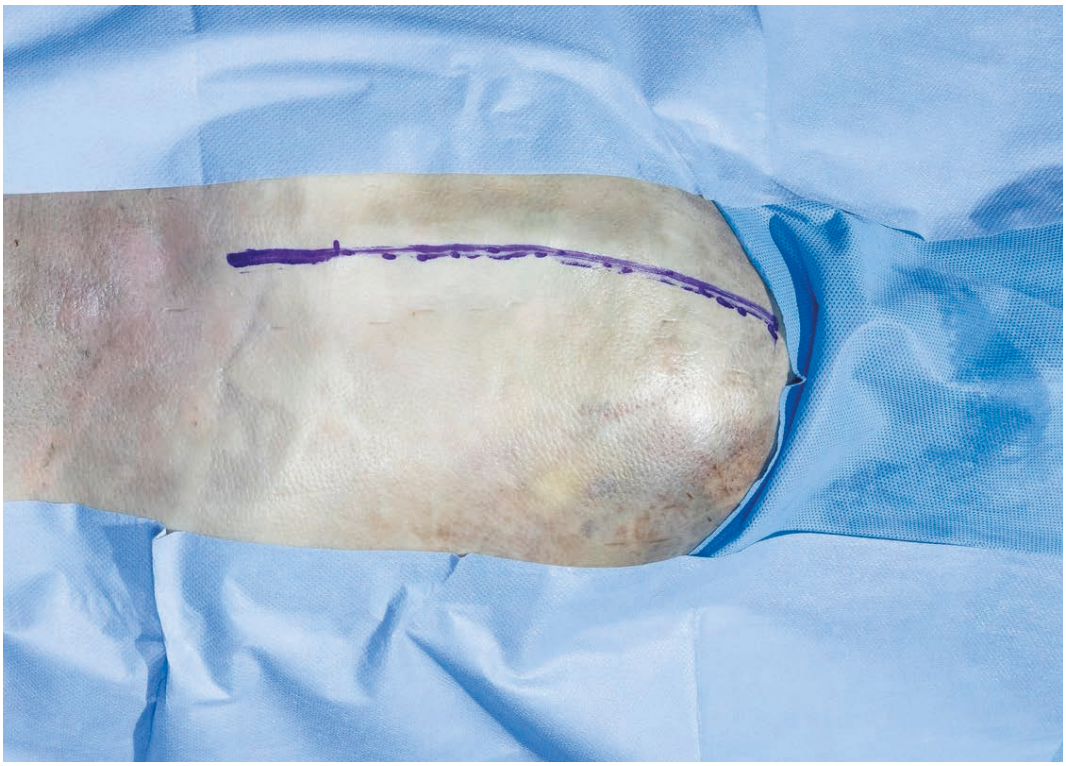


Figura 7.2 – Extensão da incisão para um segmento de corpectomia.

7.3 Incisão de Pele

A incisão de pele é mediana longitudinal, centrada sobre os processos espinhosos. Conforme a regra adotada pelo autor e discutida no Capítulo 6 (Seção 6.5.1), a incisão estende-se dois níveis acima da vértebra mais cranial a ser instrumentada e dois níveis abaixo da vértebra mais caudal — referência anatômica simples e reprodutível que garante exposição confortável para todo o construto planejado. Em cirurgias de um ou dois níveis com instrumentação padrão, essa regra habitualmente resulta em incisão de 10 cm a 15 cm de extensão.

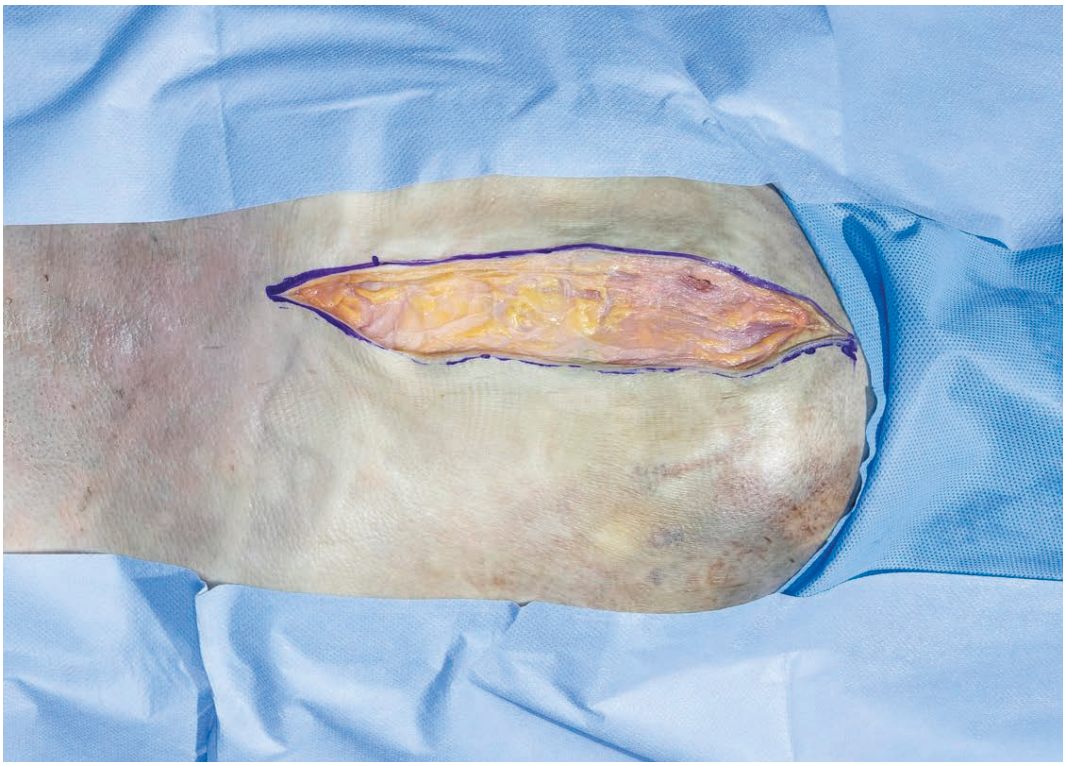


Figura 7.3 – Incisão longitudinal mediana da pele até a fáscia muscular.

7.4 Dissecção do Plano Miocutâneo Superficial

Após a incisão da pele e do tecido celular subcutâneo, expõe-se a fáscia toracolombar superficial. Esta é incisada longitudinalmente, aproximadamente 0,5 cm lateralmente aos processos espinhosos — abertura que permite o descolamento do retalho miocutâneo contendo pele, tecido subcutâneo e, em bloco, os músculos superficiais (trapézio e grande dorsal) preservados em sua integridade anatômica, sem secção transversal de suas fibras. Esse descolamento em plano fascial expõe, em profundidade, a aponeurose do eretor da espinha, que constituirá o plano de trabalho para o próximo tempo cirúrgico.

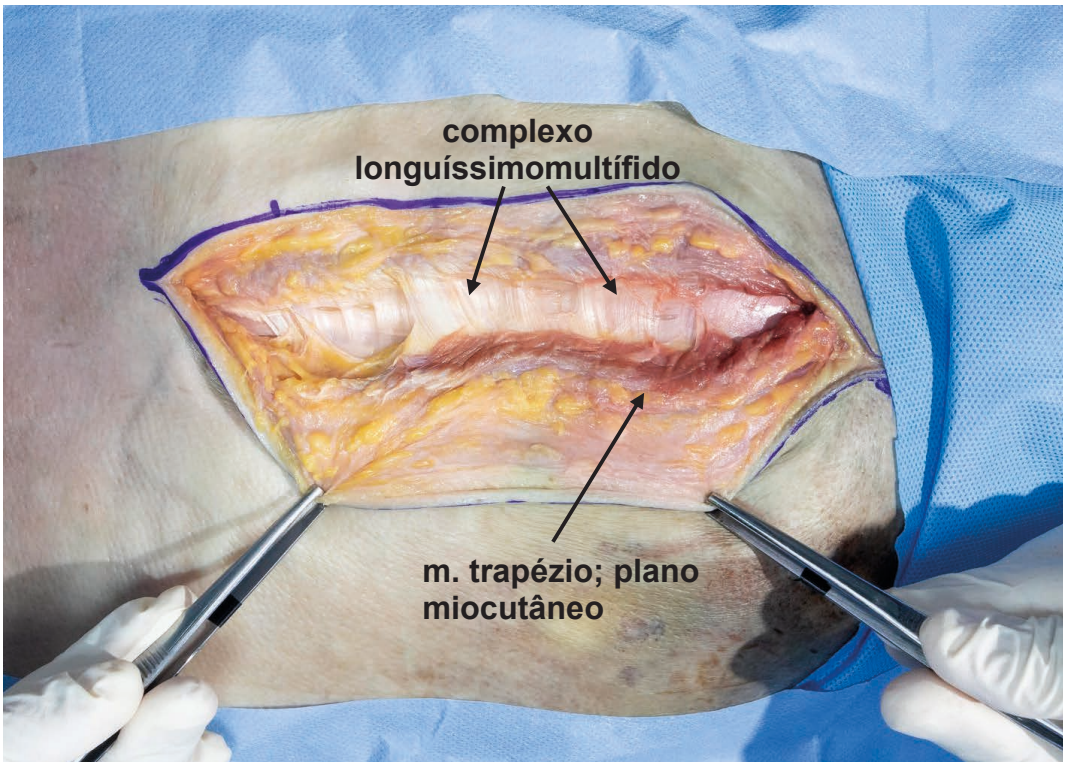


Figura 7.4 – Dissecção do plano miocutâneo superficial.

7.5 Separação do Eretor da Espinha — Plano Muscular Profundo

Identifica-se o intervalo anatômico natural entre o músculo iliocostal (lateralmente) e o músculo longuíssimo do dorso (medialmente). Esse intervalo é um plano de clivagem aponeurótico bem definido, reconhecível por sutil diferença de coloração e textura entre os ventres musculares, e por pequenos vasos perfurantes que o atravessam. A abertura desse plano é feita com dissecção romba, sem necessidade de secção muscular, expondo diretamente os elementos posteriores da coluna e as costelas proximais.

Uma vez aberto esse intervalo, procede-se ao tempo técnico fundamental desta abordagem: a desinserção completa do complexo longuíssimo-multífido de todas as suas ancoragens ósseas na região da vértebra-alvo. Essa desinserção é realizada em plano subperiostal e progride sistematicamente ao redor das estruturas ósseas que serão manipuladas durante a cirurgia. O complexo muscular é liberado das costelas (face posterior, no trecho próximo à articulação costotransversária), dos processos transversos (face superior, inferior e ponta), das lâminas (face posterior) e

dos processos espinhosos (face lateral), de modo que, ao final desse tempo cirúrgico, o ventre muscular esteja completamente destacado do esqueleto axial no nível a ser operado.

Essa desinserção circunferencial é o que confere ao complexo longuíssimo-multífido total mobilidade na região da vértebra-alvo — podendo ser deslocado livremente para medial (expondo costelas e processos transversos para a costectomia) ou para lateral (expondo lâminas, facetas e processos espinhosos para a instrumentação pedicular e abertura do canal), conforme a exigência de cada tempo cirúrgico.

Sem essa liberação óssea completa, o bloco muscular permaneceria parcialmente ancorado, limitando sua mobilidade e obrigando o cirurgião a trabalhar com campo operatório restrito. É precisamente essa mobilização circunferencial que transforma o complexo muscular paravertebral em um retalho móvel reutilizável, capaz de proteger diferentes estruturas nos diferentes tempos cirúrgicos da costotransversectomia — assinatura operatória da técnica, conforme introduzido na Seção 7.6 a seguir.

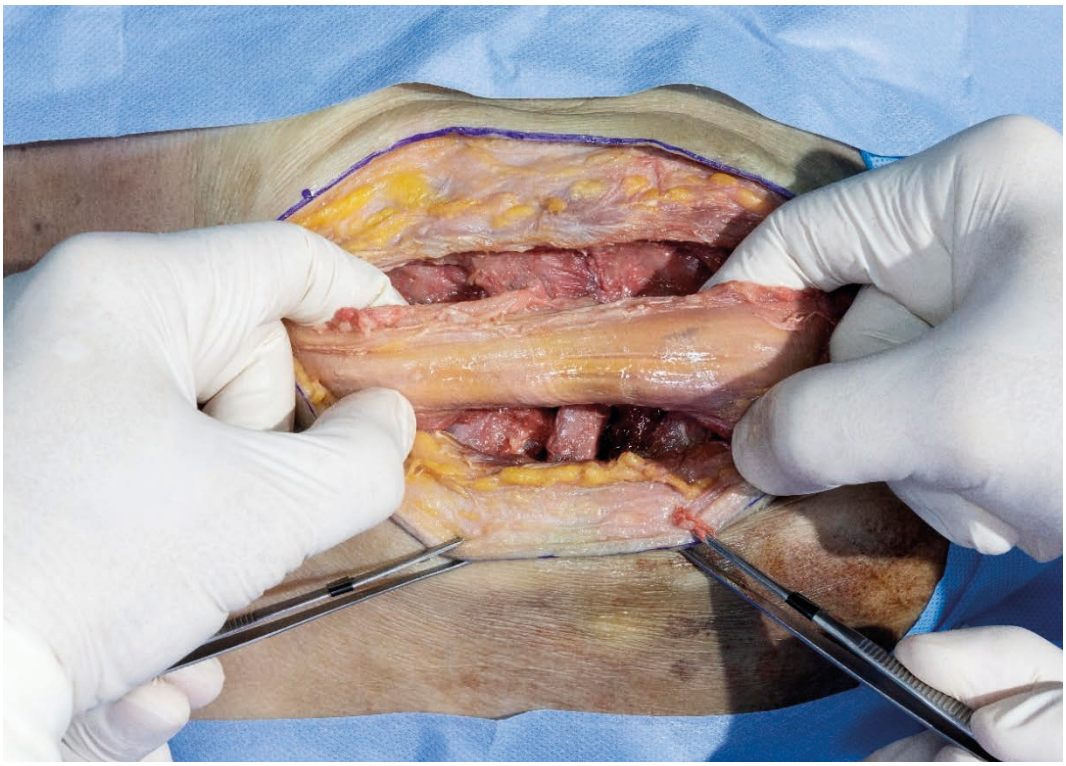


Figura 7.5 – Separação do eretor da espinha longuíssimo-multífido — conceito da abordagem tipo Wiltse modificada aplicada à coluna torácica.

7.6 Rebatimento do Bloco Muscular Paravertebral

A particularidade técnica preferida pelo autor, discutida em detalhe no Capítulo 6, é o descolamento subperiostal também da face medial dos ventres musculares — liberando o multífido e o espinhal de suas inserções nos processos espinhosos e na face lateral das lâminas. Com essa liberação bilateral, o conjunto longuíssimo-espinhal-multífido constitui uma unidade móvel única, que pode ser rebatida alternadamente para medial ou para lateral conforme a exigência do tempo cirúrgico em curso.

Essa mobilidade alternada do bloco muscular é a assinatura operatória da abordagem: o mesmo retalho muscular protege o canal medular quando rebatido lateralmente para expor o corpo vertebral, e protege a coluna anterior quando rebatido medialmente para expor os processos transversos e as costelas. Essa flexibilidade elimina a necessidade de ampliações sucessivas do campo cirúrgico e confere à costotransversectomia sua característica eficiência operatória.

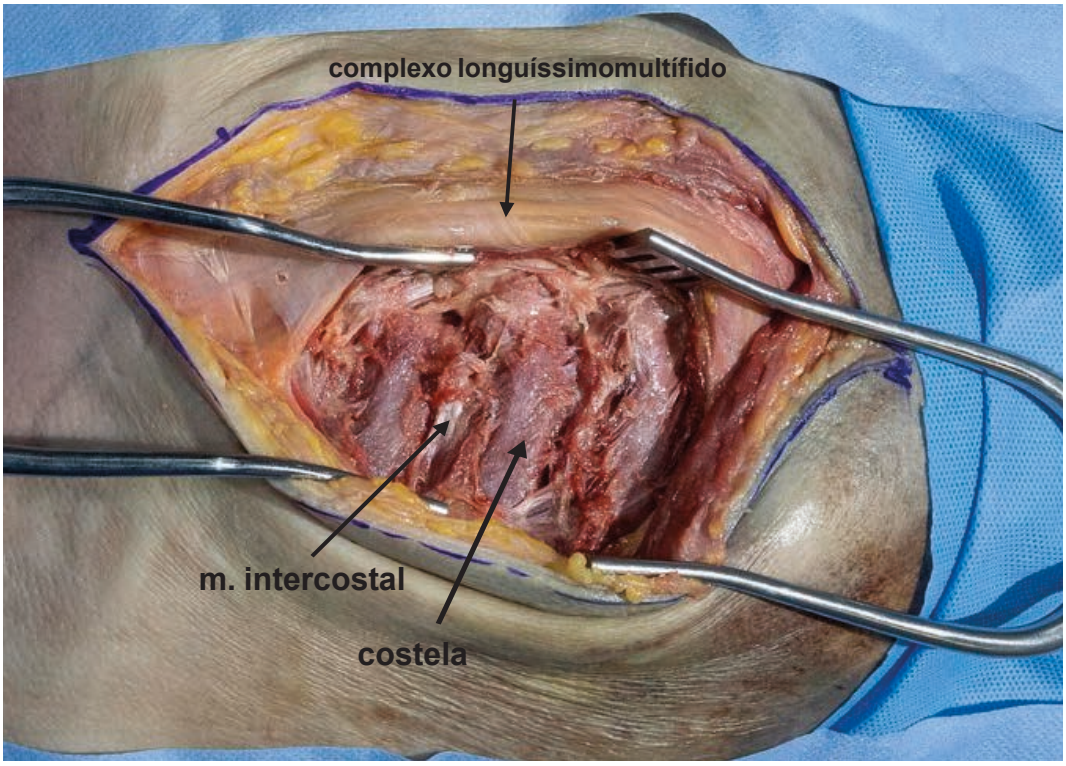


Figura 7.6 – Rebatimento do eretor da espinha medialmente para exposição das costelas facilitando sua retirada, bem como abrindo um canal de trabalho para o corpo vertebral.

7.7 Identificação e Separação dos Músculos Intercostais

Com o bloco muscular paravertebral rebatido medialmente, as costelas-alvo encontram-se expostas em sua face posterior, e o próximo tempo cirúrgico é o descolamento dos músculos intercostais para isolamento costal. Esse descolamento é realizado em plano estritamente subperiostal, respeitando a regra cardinal de proteção da pleura parietal. A orientação do descolamento segue regra anatômica simples e facilmente memorizável: na borda superior da costela, a dissecção progride de superior para inferior; na borda inferior, progride de inferior para superior — ou seja, o instrumento sempre em cima da costela, nunca *em direção ao* espaço intercostal, orientação que minimiza o risco de violação pleural.

O instrumental utilizado varia conforme a preferência do cirurgião e as condições anatômicas locais. Na prática do autor, o dedo indicador é o instrumento de escolha sempre que o acesso o permitir, pelas razões já detalhadas na Seção 6.7.1 do Capítulo 6 — essencialmente, a propriocepção digital superior e a dupla função de dissecar e proteger simultaneamente a pleura. Quando o acesso digital é anatomicamente impossível (pacientes magros com espaços intercostais estreitos, níveis torácicos altos restritos pela escápula, ou pontos de aderência mais firme), recorre-se a dissectores metálicos rombos sempre utilizados como complemento à exploração digital inicial, nunca como substitutos.

A progressão do descolamento deve cobrir toda a extensão da costela a ser ressecada — tipicamente 4 cm a 6 cm lateralmente, conforme discutido no Capítulo 6 —, garantindo que, no momento da osteotomia distal, a face interna da costela esteja integralmente liberada da pleura subjacente. Atenção particular é dedicada ao feixe vasculonervoso intercostal (veia, artéria e nervo — VAN), que corre no sulco costal inferior da costela superior.

Na prática do autor, a orientação é preservar ao máximo possível a integridade do feixe vasculonervoso, mantendo-o intacto sempre que a anatomia e a extensão da ressecção o permitirem. Essa preferência pela preservação, mesmo quando tecnicamente mais trabalhosa, tem justificativa clínica direta: evita as complicações descritas no Capítulo 4 — notadamente a dor neuropática intercostal crônica secundária à secção do nervo, o sangramento oriundo da artéria segmentar quando sua ligadura não é perfeita, e o comprometimento vascular do segmento medular

correspondente, particularmente crítico na zona de vascularização da artéria de Adamkiewicz. Somente quando a preservação é anatomicamente impossível é que se procede à ligadura proximal e secção controlada.

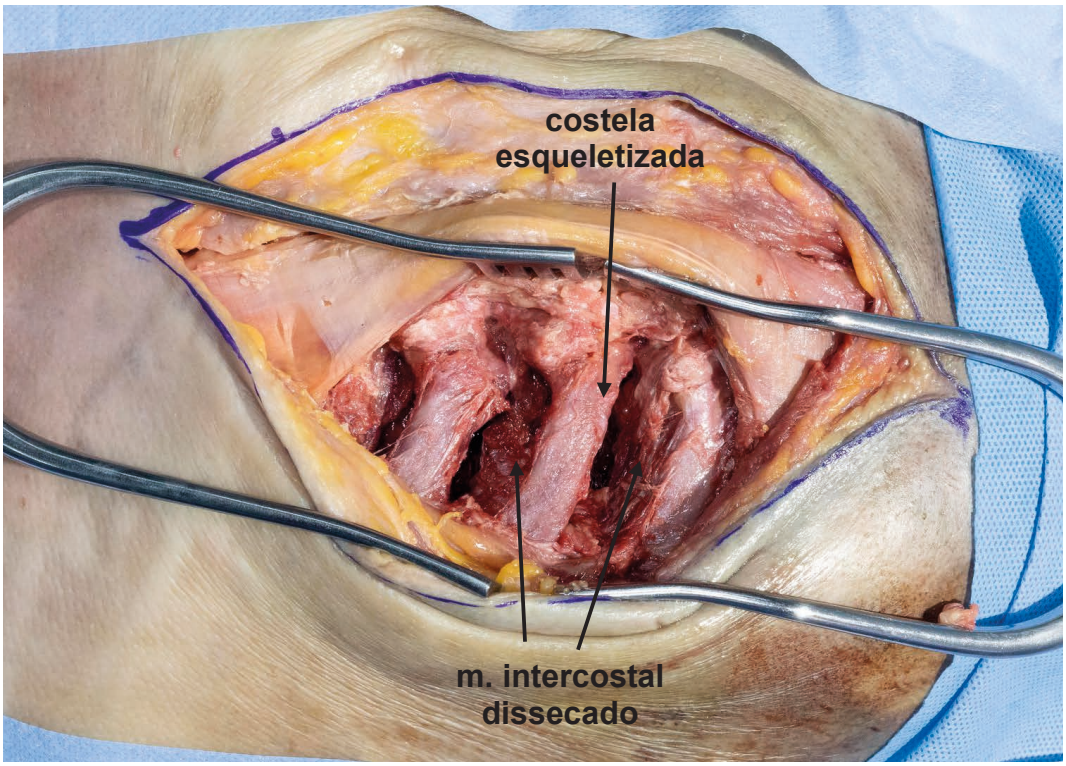


Figura 7.7 – Esqueletização das costelas e descolamento dos músculos intercostais. Costelas preparadas para sua retirada.

7.8 Ressecção dos Processos Transversos

A ressecção dos processos transversos adjacentes às costelas-alvo é próximo tempo cirúrgico fundamental da costotransversectomia — é, inclusive, a segunda metade do nome da operação (costoTRANSVERSECTOMIA). A ressecção é realizada com pinça goiva ou oteótomo, conforme a preferência do cirurgião, e expõe a articulação costotransversária com sua cápsula e ligamentos.

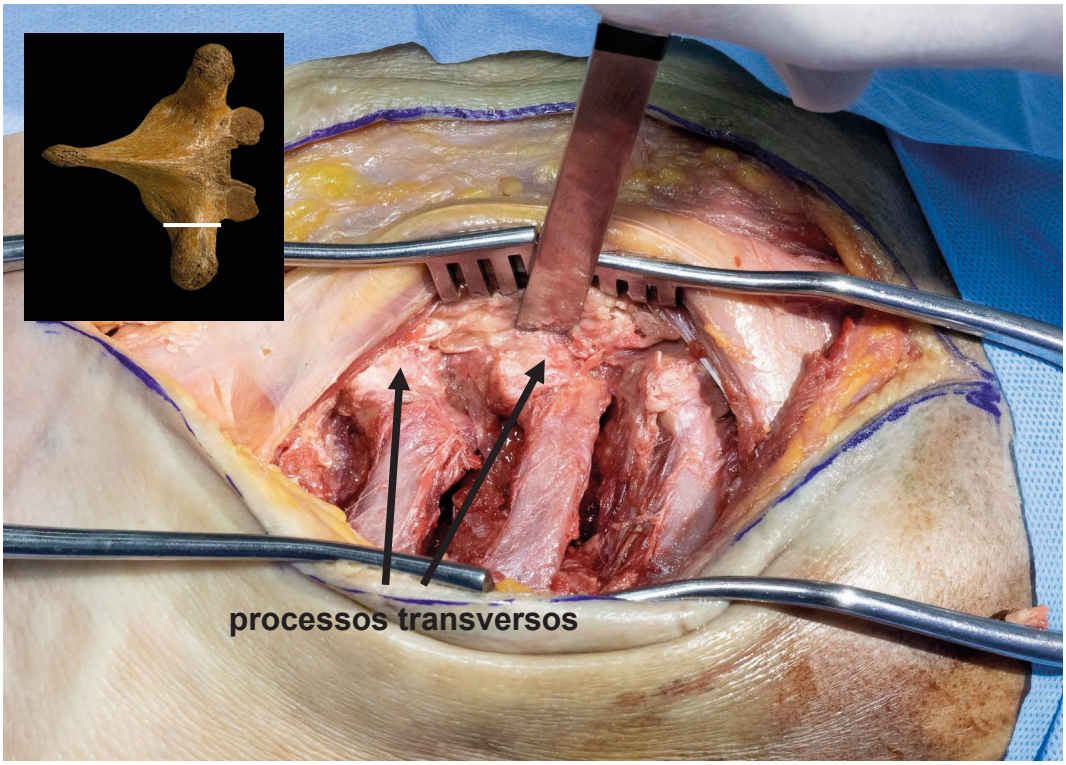


Figura 7.8 – Transversectomia.

7.9 Desarticulação da Cabeça da Costela

Conforme preferência técnica do autor discutida no Capítulo 6 (Seção 6.7.3), a liberação da cabeça costal é realizada ANTES do corte distal — sequência deliberadamente invertida em relação à prática comum. A desarticulação é executada com dissector de Cobb introduzido no plano entre o corpo vertebral e a cabeça da costela, alcançando a articulação costovertebral. Aplica-se então rotação progressiva do punho sobre o cabo do instrumento, manobra que promove ruptura sequencial dos ligamentos radiado, costotransversário e intra-articular. O ponto final da manobra é percebido pela perda súbita de resistência ao giro — sinal tátil reprodutível que confirma a liberação completa da cabeça costal.

Essa sequência (liberação medial antes do corte distal) tem duas vantagens técnicas objetivas: torna a manipulação subsequente da costela significativamente mais fácil, e evita que rebarbas ósseas geradas pela osteotomia distal agridam a pleura parietal subjacente — uma vez que, ao final, a costela é retirada em bloco com manipulação mínima.

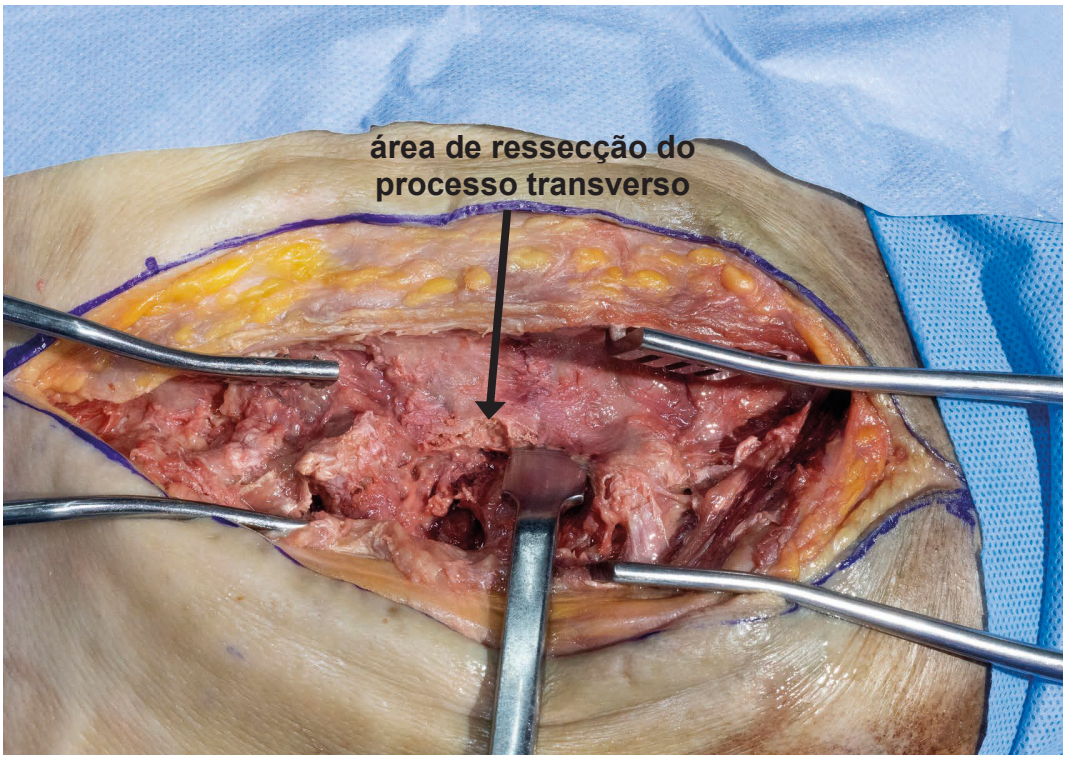


Figura 7.9 – Processos transversos após ressecção. O próximo passo é o descolamento das cabeças das costelas dos corpos vertebrais.

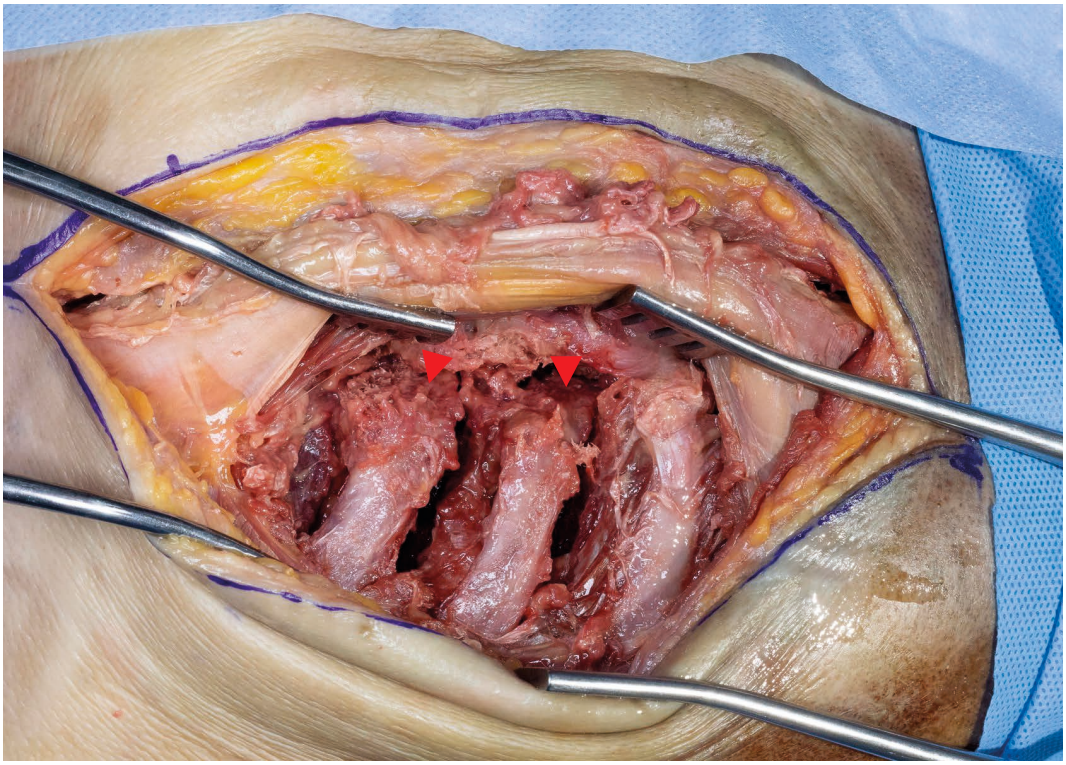


Figura 7.10 – Cabeça das costelas descoladas dos corpos vertebrais. Setas vermelhas.

7.10 Costectomia — Corte Distal e Remoção

Com as cabeças costais já desarticuladas, procede-se ao corte distal das costelas a aproximadamente 4 cm a 6 cm lateralmente, utilizando costótomo ou cisalha de Stille-Liston. Antes da secção, um dissector de Cobb é introduzido sob a costela para proteger ativamente a pleura parietal — precaução adicional mesmo com a costela já previamente liberada medialmente. As costelas são então retiradas em bloco, com manipulação mínima.

As costelas removidas não devem ser descartadas: conforme discutido na Seção 6.11.4 do Capítulo 6, constituem excelente material de enxerto ósseo autólogo, particularmente valioso em espondilodiscites e em cirurgias de reconstrução. Após decorticação e morcelização, são utilizadas para complementação do leito de artrodese posterolateral ou como preenchimento ao redor de *cages* de reconstrução anterior.

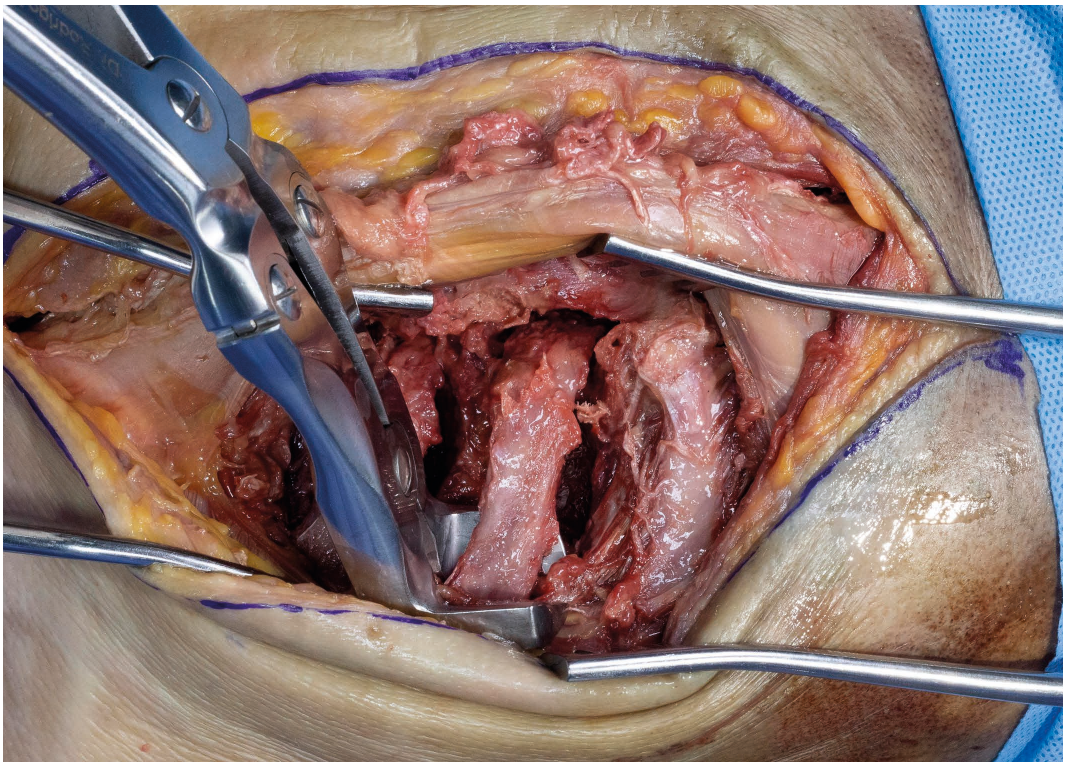


Figura 7.11 – Costotomia.

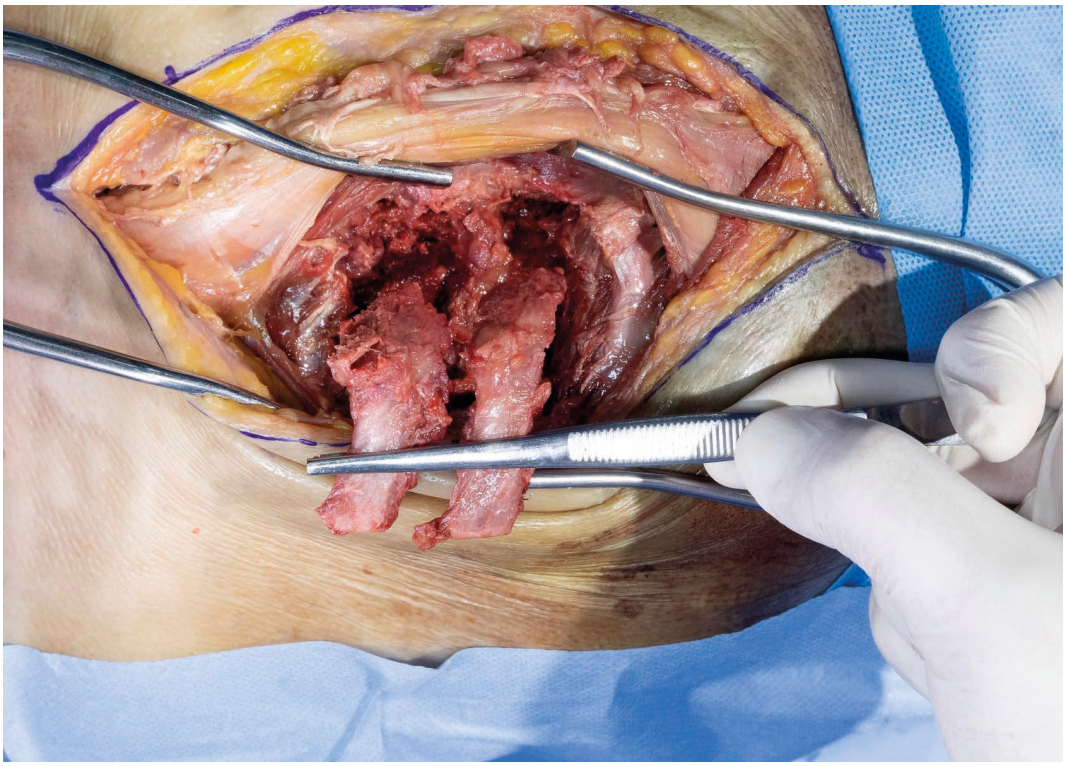


Figura 7.12 – Remoção de duas costelas adjacentes – delimitação do corpo vertebral.

7.11 Identificação do Feixe Vasculonervoso Segmentar

Removidas as costelas, expõe-se diretamente o feixe vasculonervoso segmentar — veia, artéria e nervo intercostais — que corre inferiormente a cada costela no sulco costal. A identificação e o manejo adequado desse feixe são etapas finais da exposição antes do acesso ao canal medular: o nervo intercostal é o guia anatômico para o forame intervertebral e para a identificação da raiz nervosa correspondente, enquanto os vasos segmentares frequentemente precisam ser ligados para permitir ampla exposição da face lateral do corpo vertebral.

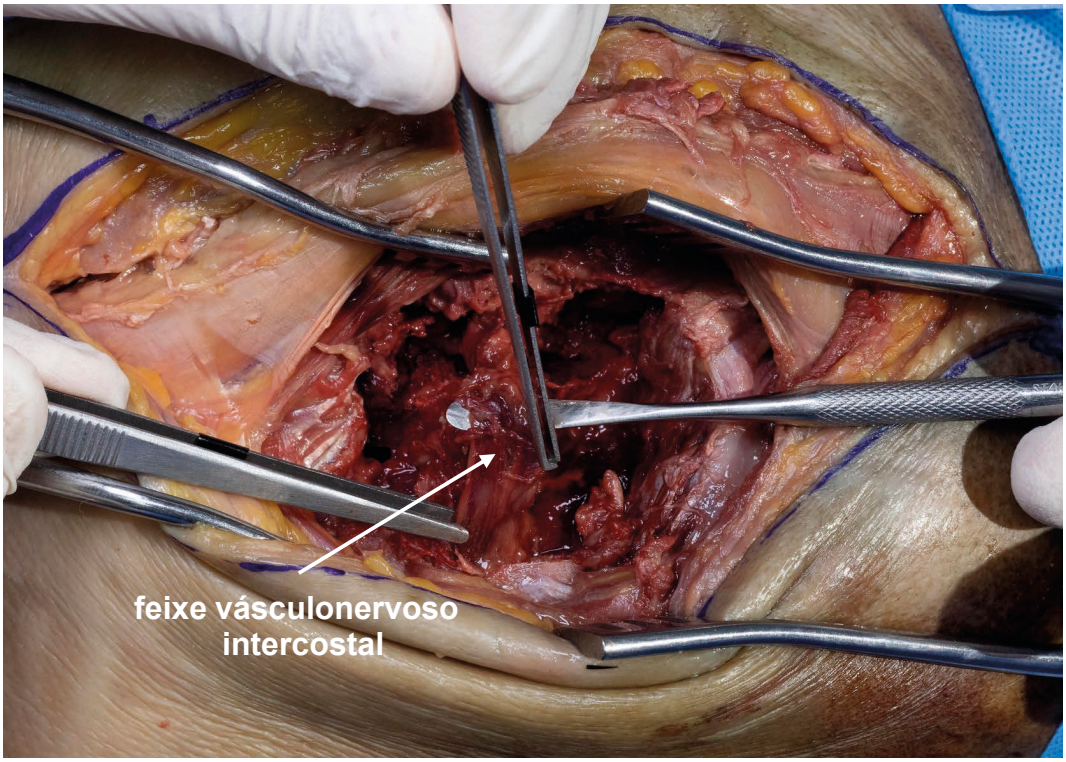


Figura 7.13 – Identificação do feixe vasculonervoso do segmento vertebral abordado.

7.12 Abertura do Canal Medular

Com a exposição posterolateral estabelecida, prossegue-se à abertura do canal medular. O complexo longuíssimo-multífido é rebatido lateralmente. Conforme discutido em detalhe no Capítulo 6 (Seção 6.7.6), a técnica preferida pelo autor é a ressecção em bloco do arco neural, realizada com osteótomo mecânico — idealmente com osteótomo ultrassônico quando disponível. Em vez de remover o arco neural fragmento a fragmento com pinça de Kerrison, como na laminectomia tradicional, secciona-se o arco como unidade contínua.

Para isso, realizam-se dois cortes longitudinais paralelos, cada um situado na linha média sagital das facetas articulares do lado correspondente, estendendo-se craniocaudalmente por toda a extensão dos níveis a serem descomprimidos. Esses cortes delimitam lateralmente o bloco pedículo-facetas a ser removido. Após os cortes longitudinais, o bloco de facetas e pedículo é destacado em peça única, expondo diretamente a face lateral da dura-máter.

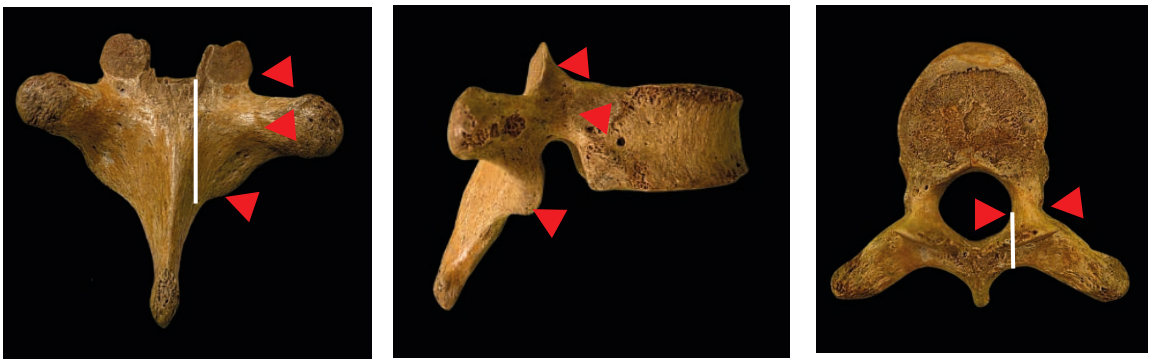


Figura 7.14 – Complexo pedículo-facetas. A linha branca representa o eixo de corte.

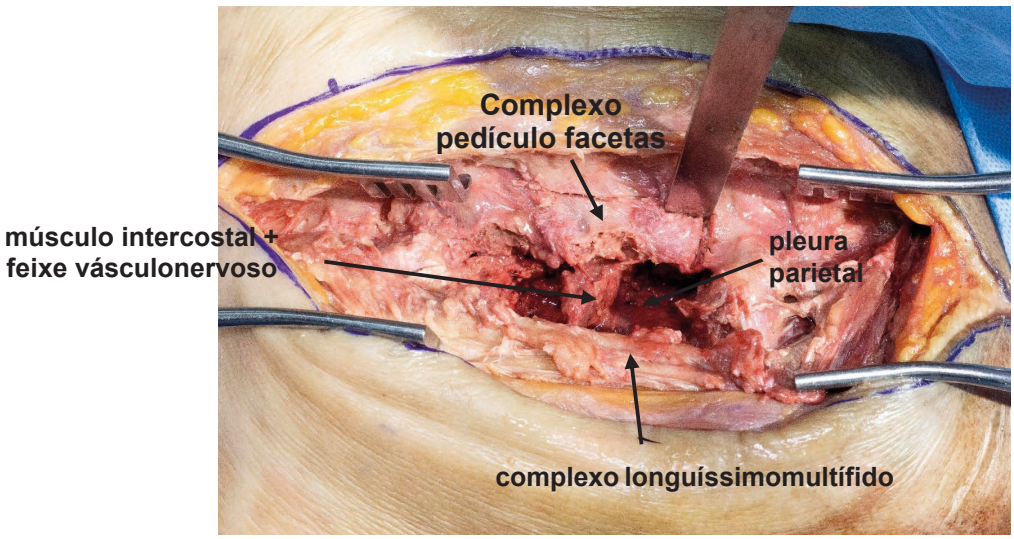


Figura 7.15 – Abertura do canal medular e ressecção do complexo pedículo-facetas.

7.13 Pediculectomia ampliada

Com a demarcação do complexo pedículo-facetas, o próximo tempo cirúrgico é a pediculectomia ampliada — unidade anatômica funcional descrita no Capítulo 5 (Seção 5.3.4) e formada pela articulação tridimensional entre o pedículo (pilar central de sustentação) e as duas facetas articulares do mesmo nível vertebral (faceta superior e faceta inferior, funcionando como os dois extremos de uma "ponte" articular). A remoção desse complexo como uma única peça anatômica — em vez da pediculectomia isolada classicamente descrita — amplia significativamente o corredor de trabalho entre os elementos posteriores e expõe simultaneamente a margem lateral do saco dural, a emergência da raiz nervosa correspondente e a face posterolateral do corpo vertebral.

Realizado o corte no limite anatômico crítico — lateralmente ao canal medular e medialmente à face medial das facetas articulares, conforme demonstrado na Figura 7.14 e 7.15 —, a peça encontra-se completamente delimitada em seus contornos, restando apenas sua ancoragem na base do pedículo, junto ao corpo vertebral. Nesse momento, a manobra final de remoção é tecnicamente simples: basta aplicar tração lateral progressiva sobre a peça — utilizando-se o próprio osteótomo como alavanca —, e o complexo pedículo-facetas destaca-se inteiramente em sua base, separando-se do corpo vertebral em peça única.

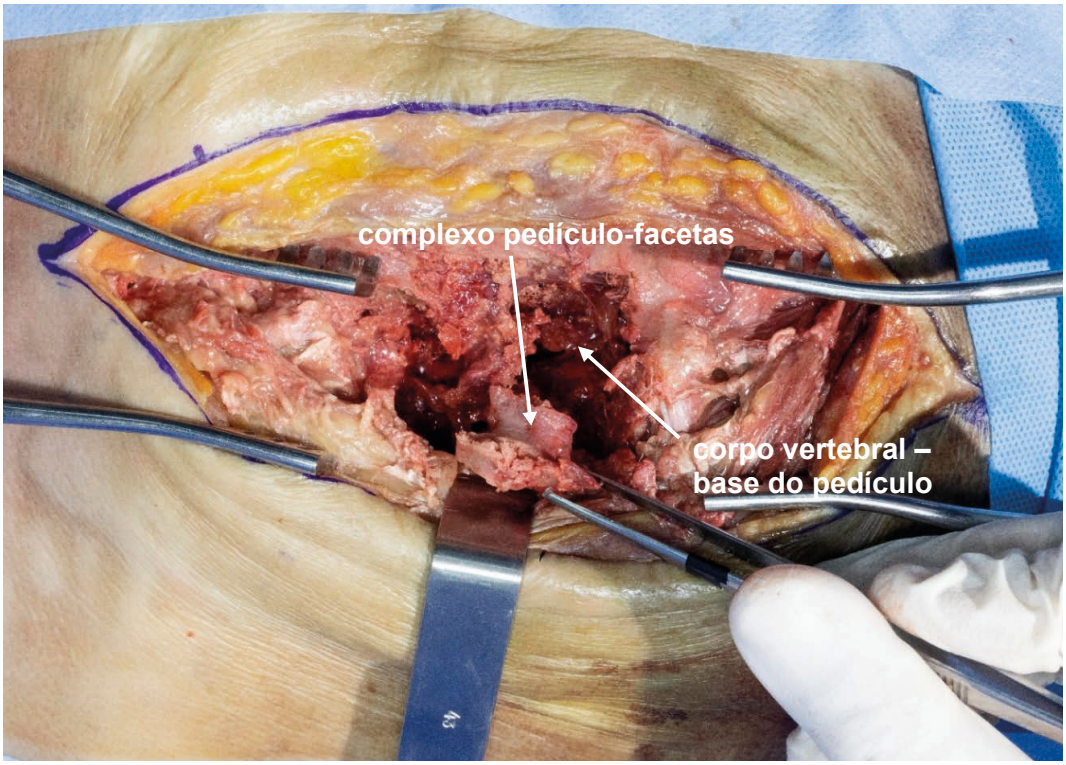


Figura 7.16 – Retirada do complexo pedículo-facetas.

7.14 Discectomias Adjacentes

Com a pediculectomia concluída, o corpo vertebral-alvo encontra-se exposto lateralmente, limitado cranial e caudalmente pelos discos intervertebrais adjacentes. Antes da corpectomia propriamente dita, realizam-se as discectomias adjacentes — remoção do material discal dos dois discos que delimitam o corpo a ser ressecado (cranial e caudal). Essa etapa tem dois objetivos técnicos: estabelecer os limites

cranial e caudal precisos da ressecção corporal, e preparar os espaços discais para a futura reconstrução com *cage* ou enxerto estrutural.

A discectomia é realizada com curetas anguladas, pinças hipofisárias e, quando necessário, broca de alta rotação para remover material discal calcificado ou placas terminais osteofitárias. A remoção é progressiva e anterior ao ligamento longitudinal posterior, que é preservado como barreira protetora entre o instrumental e a dura-máter, bem como o plexo venoso epidural. Essa disciplina técnica — trabalhar sempre anteriormente ao LLP — é princípio básico de segurança na corpectomia torácica.

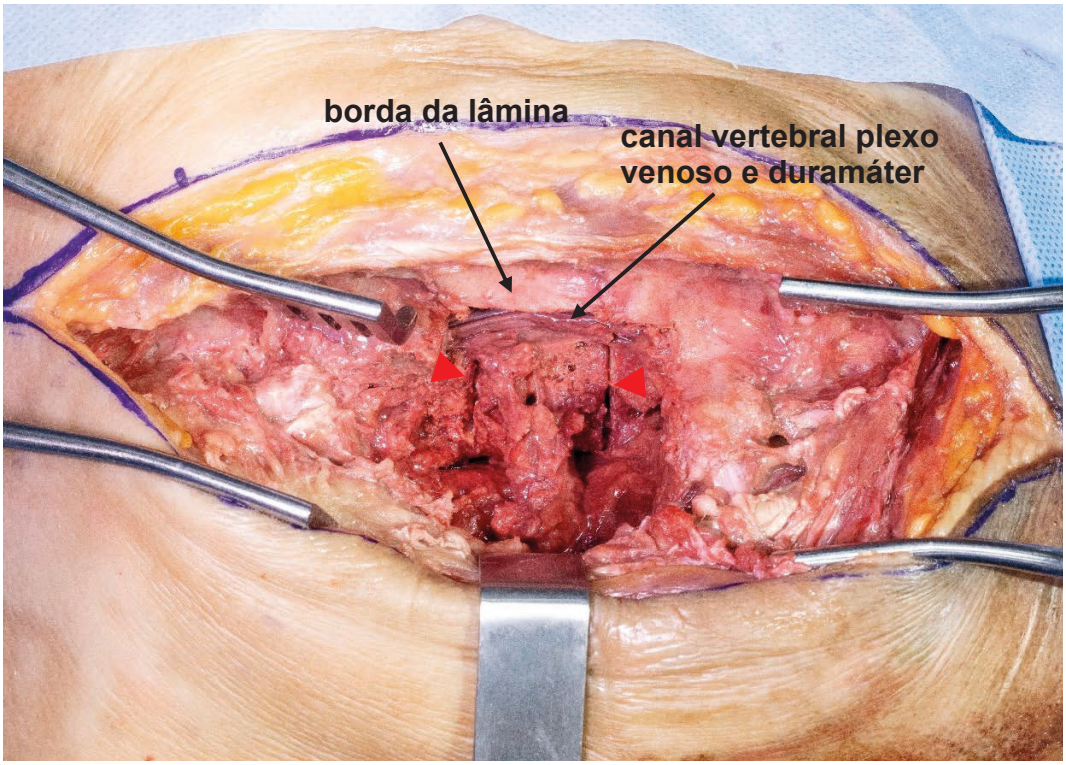


Figura 7.17 – Discectomia dos discos adjacentes ao corpo vertebral alvo (setas vermelhas).

7.15 Corpectomia

Com os discos adjacentes removidos, procede-se à corpectomia — ressecção do corpo vertebral em si. A execução segue o princípio fundamental da descompressão por costotransversectomia discutido no Capítulo 6 (Seção 6.8): cria-se progressivamente uma cavidade no corpo vertebral a partir de sua face lateral, trabalhando-se de lateral para medial e sempre anteriormente ao ligamento longitudinal posterior. A ressecção é

realizada com curetas, broca de alta rotação e/ou osteótomo mecânico ou ultrassônico, conforme a dureza do tecido a ser removido.

À medida que a cavidade se aprofunda em direção à linha média, qualquer elemento compressivo anterior à medula — fragmentos de fratura retropulsos, tecido tumoral, material discal herniado — é empurrado passivamente para dentro do espaço criado (técnica *push-back*), em vez de tracionado posteriormente em direção à medula. Esse princípio — nunca manipular a medula; é o material patológico que vem ao espaço criado — é o que transforma a corpectomia por costotransversectomia em procedimento seguro mesmo em medulas severamente comprometidas.

A corpectomia é concluída quando se atinge a parede vertebral contralateral (ou quando a descompressão neurológica pretendida foi alcançada, no caso de corpectomias parciais). A cavidade resultante será posteriormente preenchida por enxerto estrutural, *cage* expansível ou outra técnica de reconstrução anterior, restabelecendo o suporte biomecânico da coluna anterior.

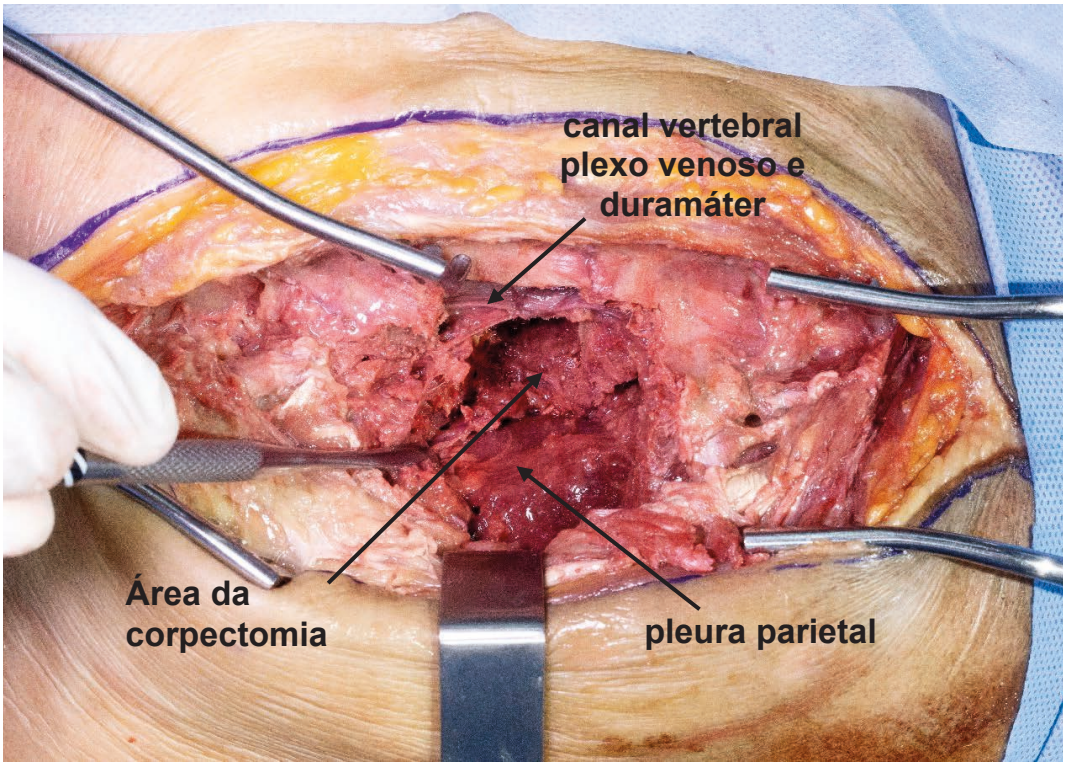


Figura 7.18 – Corpectomia.

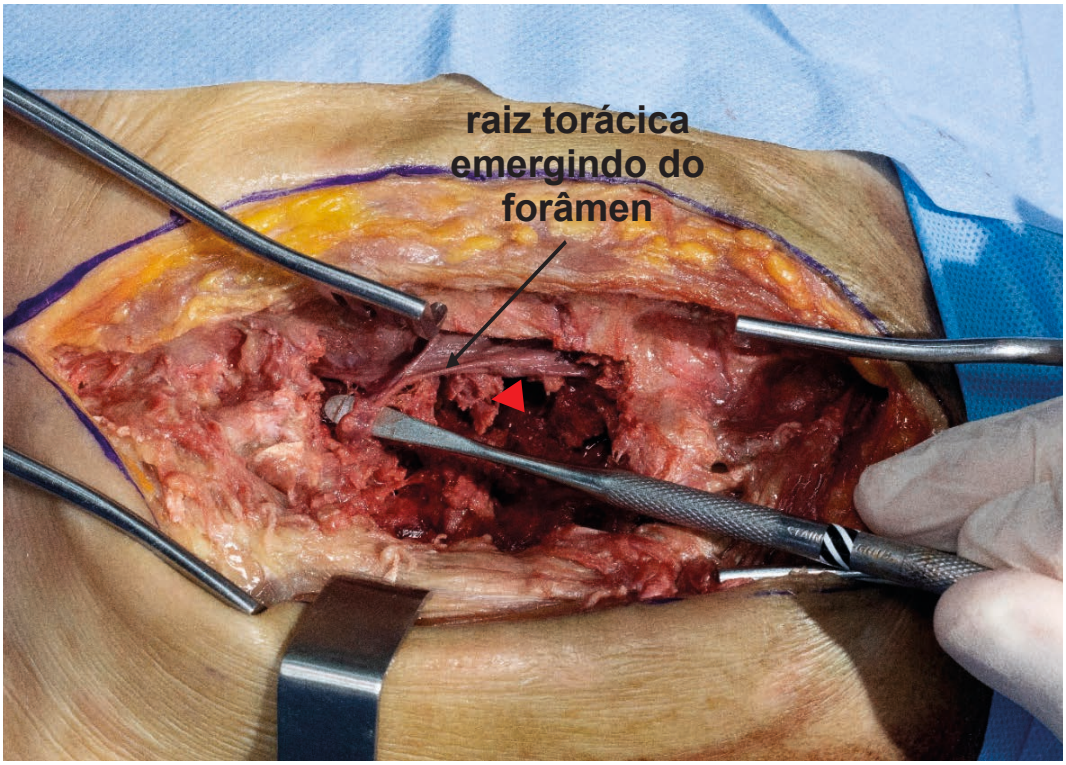


Figura 7.19 – Raiz torácica emergindo do forâmen. Gânglio da raiz dorsal – seta vermelha.

7.16 Síntese Didática da Sequência

A sequência fotográfica apresentada neste capítulo ilustra, passo a passo, a arquitetura técnica da costotransversectomia desde o posicionamento do paciente até a corpectomia completa — sequência que cobre integralmente os objetivos descompressivos e reconstrutivos do procedimento. Do ponto de vista didático, recomenda-se que o leitor examine cada figura em conjunto com a seção correspondente do Capítulo 6, que desenvolve em prosa o racional técnico de cada manobra aqui ilustrada.

O leitor que examinar essa sequência com cuidado reconhecerá a lógica cumulativa da técnica: cada passo prepara o seguinte, cada exposição respeita a integridade anatômica do que virá a seguir, cada gesto é executado com a segurança proporcionada pelos tempos cirúrgicos anteriores. A costotransversectomia, quando bem conduzida, não é uma sequência de manobras heroicas — é uma progressão metódica, paciente e anatomicamente fundamentada, em que a elegância do resultado final reflete a disciplina técnica de cada etapa.

Recomenda-se que o leitor retorne a este capítulo periodicamente durante sua prática clínica. As imagens aqui reunidas, estudadas em conjunto com a prosa técnica do Capítulo 6, podem servir tanto como revisão pré-operatória antes de um caso específico quanto como material de ensino para residentes e *fellows* em formação. A dissecção cadavérica — como lembra o Capítulo 1 desta obra — é o grande mestre silencioso da cirurgia; que essas imagens perpetuem, na forma didática de um livro-texto, a lição que o cadáver generosamente oferece.

CAPÍTULO 8

SOBRE O AUTOR

O cirurgião que não domina a anatomia é um marinheiro sem bússola.

8.1 Origens — A Influência Paterna



A paixão do autor pela anatomia humana não nasceu na faculdade de medicina, como acontece com tantos cirurgiões. Nasceu antes — muito antes —, na infância, à mesa de jantar, ouvindo histórias de seu falecido pai, ele próprio um eminente cirurgião oncológico e apaixonado pela anatomia humana. Foi nesse ambiente doméstico, formado pela escuta atenta de relatos cirúrgicos contados por um pai apaixonado pela medicina — que via a anatomia não como disciplina, mas como fundamento filosófico da prática médica —, que se plantaram as primeiras sementes do que se tornaria, décadas depois, uma vocação profissional.

Seu pai formou-se pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo — instituição que, em 1969, ano de sua graduação, valorizava a anatomia como pilar inabalável da formação cirúrgica. Naquela época, em que dissecções extensas eram rotina obrigatória, em que conhecer o corpo humano em detalhe era pré-requisito não negociável para o exercício da cirurgia, formaram-se cirurgiões cujo domínio anatômico definia sua excelência técnica. Foi essa tradição — herdada por herança intelectual e afetiva — que o autor recebeu como legado paterno antes mesmo de conhecer a Medicina como ofício.

> *A meu pai — primeiro mestre, primeira inspiração, primeira referência. Cirurgião que me ensinou, antes mesmo que eu soubesse o que era ser cirurgião, que a medicina é ofício de mãos firmes guiadas por mentes preparadas e por corações comprometidos com o próximo. As histórias que me contava*

à mesa, das quais eu não compreendia então toda a profundidade técnica, plantaram em mim algo mais importante que conhecimento: vocação. Esta obra é, em última análise, a continuação daquelas conversas — meu modo de responder, décadas depois, ao chamado silencioso que ele me fez sem nunca o ter formulado em palavras. Onde quer que esteja, espero que a leia com o mesmo orgulho com que eu, menino, ouvia com fascínio as suas histórias.



Recebo meu diploma daquelas mãos que um dia foram de um grande cirurgião e minha inspiração na arte da cirurgia.

8.2 Formação Acadêmica — A Monitoria de Anatomia

O autor formou-se em medicina pela Universidade Federal de São Paulo — Escola Paulista de Medicina (Unifesp/EPM) no ano de 2000, e completou a residência médica em neurocirurgia em 2006, na mesma instituição. Foi nesses anos de formação especializada que se desenhou, de modo inesperado e quase paradoxal, sua vocação definitiva pela cirurgia da coluna vertebral.

Já no segundo ano da graduação, dando seguimento à inclinação anatômica herdada de casa, o autor prestou a concorrida prova para monitor de anatomia, sendo classificado em primeiro lugar em concorrência por apenas duas vagas — distinção que marcou o início de uma jornada de cinco anos consecutivos como monitor da disciplina, função exercida ininterruptamente até o final do curso médico. Esse período de monitoria foi formativo em múltiplas dimensões. Ensinando seus colegas, o autor consolidou seu próprio conhecimento — pois nada solidifica um saber como a necessidade de transmiti-lo. Mais importante: ao longo desses cinco anos, aprendeu na prática diversas técnicas de dissecção, conservação e cuidado da peça anatômica, e desenvolveu o respeito reverencial ao cadáver — esse mestre silencioso que dedica sua última contribuição ao mundo permitindo que os vivos aprendam com sua estrutura. Esse respeito, que muitos confundem com formalidade ou solenidade vazia, é na verdade a postura ética fundamental do anatomista — postura que o autor traria consigo para toda a sua trajetória cirúrgica posterior.

A cirurgia espinhal não foi apresentada ao autor como caminho natural por seus preceptores — foi, ao contrário, encontrada por conta própria, pela combinação de duas forças: a curiosidade pessoal que o tinha acompanhado desde a infância, e a carência absoluta de mestres dispostos a dedicar-se ao tema. Durante a residência em neurocirurgia, o autor observou com surpresa crescente que a cirurgia espinhal era sistematicamente deixada de lado pela maioria dos seus mestres. Pior ainda: muitos não apenas se desinteressavam pelo tema, como dirigiam críticas explícitas àqueles colegas que a ela se dedicavam — desestímulo institucional que, em qualquer outro residente, teria sufocado a vocação antes mesmo que ela germinasse.

Foi precisamente dessa ausência que nasceu seu interesse. Diante da omissão dos mestres e do preconceito que cercava o tema, escolheu o caminho mais difícil: aprender sozinho o que ninguém queria ensinar. Buscou conhecimento onde encontrou — em livros, em artigos, em congressos, em cirurgiões de outros serviços. Estudou. Dissecou. Perguntou. Insistiu. Errou e refez. Ano após ano, fora dos olhos de mentores formais, foi construindo, pedaço por pedaço, o domínio técnico que lhe permitiria, mais tarde, tornar-se exímio conhecedor da cirurgia da coluna vertebral. Aplicou esse conhecimento sistematicamente em sua prática clínica e, com o tempo, consolidou-o a ponto de transformá-lo em referência reconhecida.

Hoje, décadas depois daquele residente solitário em busca de mestres, o autor encontra-se na posição inversa: ele próprio se tornou o mestre que não teve. Agora, transmite seu conhecimento aos mais jovens com amor, paciência e carinho — qualidades pedagógicas cuja ausência moldou sua própria formação e cuja presença, agora, ele faz questão de oferecer aos mais jovens que passam por suas mãos. Sabe, por experiência pessoal, o que custa aprender sem orientação; sabe também o que se ganha quando se tem alguém disposto a apontar o caminho certo.

A recompensa dessa dedicação ao ensino não vem em forma de honorários ou de reconhecimento institucional. Vem em forma muito mais sutil e muito mais valiosa: vem quando o autor escuta um residente reproduzindo, em outra sala cirúrgica, em outro serviço, em um lugar distante, o conhecimento que algum dia por ele lhe foi transmitido. Nesse instante — quando o aluno se torna voz independente do mestre, e o mestre escuta, ecoado em outro lugar, aquilo que um dia plantou —, o autor recebe o seu pagamento: reconhecimento. É esse, em última análise, o sentido mais profundo de ensinar — e foi essa lição, paradoxalmente, que a falta de mestres lhe permitiu compreender.



Homenagem ao meu segundo mestre: Prof. José Carlos Prates

Vale ainda registrar uma menção honrosa: durante sua trajetória de formação, o autor teve o privilégio de conviver com mestres da anatomia brasileira que marcaram profundamente sua compreensão do corpo humano. Cabe homenagem especial ao falecido Prof. José Carlos Prates, cujas aulas majestosas — conduzidas com fundamentos filosóficos que extrapolavam a mera descrição anatômica e alcançavam reflexões sobre a natureza humana, a história da medicina e o sentido último do estudo do corpo — foram decisivas para que a paixão herdada do pai se transformasse em vocação intelectual madura. Foi com o Prof. Prates que o autor aprendeu que anatomia humana é mais que descrição de estruturas: é compreensão integrada da

arquitetura de Deus, é diálogo com séculos de tradição médica, é fundamento de toda intervenção responsável sobre o corpo alheio. Esse aprendizado anatômico — somado à descoberta autônoma da cirurgia espinhal — constituiu o substrato sobre o qual se ergueria toda sua trajetória profissional.

8.3 Trajetória Profissional — A Aplicação do Conhecimento Anatômico

A bagagem anatômica acumulada nesses anos de formação acompanhou o autor por toda a sua trajetória profissional subsequente. Não como conhecimento teórico armazenado, mas como substrato vivo de cada decisão cirúrgica — pois é sempre o domínio anatômico que distingue o cirurgião que sabe o que está fazendo daquele que apenas executa manobras aprendidas mecanicamente.

Essa fundamentação anatômica permitiu ao autor desenvolver e descrever sistematicamente a técnica de MIS-TLIF (*Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion*), consolidada em compêndio dedicado ao tema — obra que se tornou referência para a difusão da técnica no cenário nacional. A capacidade de explicar minuciosamente cada passo cirúrgico, fundamentando cada manobra em sua justificativa anatômica precisa, é fruto direto daquela formação anatômica robusta iniciada na infância e consolidada nos anos de monitoria.

Ao longo de décadas de prática cirúrgica em coluna vertebral, o autor manteve viva a convicção paterna de que o conhecimento não para no tempo. Cada caso operado, cada dificuldade técnica enfrentada, cada complicação superada acrescenta nova camada à compreensão acumulada. A medicina — e a cirurgia em particular — é disciplina em que a aposentadoria intelectual é incompatível com a excelência técnica: o cirurgião que deixa de estudar deixa, no mesmo instante, de evoluir.

8.4 A Materialização de uma Trajetória

Esta obra sobre costotransversectomia representa a materialização escrita de décadas de estudo, prática e reflexão sobre a cirurgia da coluna vertebral. Cada capítulo — da contextualização histórica à descrição minuciosa da técnica, das considerações anatômicas detalhadas ao manejo das complicações, da decisão

sobre indicações ao atlas ilustrado em peça cadavérica — reflete simultaneamente o meu amor pela anatomia humana e a dedicação à cirurgia espinhal.

A escolha da costotransversectomia como tema desta obra não é arbitrária — e tampouco se deve à facilidade do tema. Ao contrário: a motivação está precisamente em sua dificuldade. Trata-se de procedimento tecnicamente exigente, dominado por poucos cirurgiões, frequentemente evitado mesmo por aqueles que se dedicam à cirurgia da coluna vertebral, e pouco abordado em profundidade na literatura mundial. É justamente esse caráter desafiador — a complexidade técnica que afasta a maioria — que torna a costotransversectomia merecedora de tratado dedicado: temas fáceis dispensam livros; temas difíceis os exigem.

A complexidade que assusta é a mesma que fascina. A costotransversectomia exige do cirurgião o domínio anatômico mais completo possível: anatomia muscular paravertebral, costal, pleural, vascular segmentar, neural intercostal, medular, ligamentar, articular costovertebral e costotransversária — todas as camadas precisam ser compreendidas em sua organização tridimensional para que o procedimento seja executado com segurança. Não há atalhos: cada estrutura precisa estar viva na mente do cirurgião antes de ser tocada. É, portanto, a operação que melhor sintetiza a convicção do autor sobre a primazia anatômica no exercício cirúrgico — convicção que esta obra inteira procura honrar e transmitir às próximas gerações de cirurgiões dispostos a enfrentar o difícil.

Termino esta obra afirmando: ***Mostre-me um cirurgião espinhal realizando uma costotransversectomia — e só então eu lhe direi as suas qualidades***.

8.5 Dedicatória Final

Às futuras gerações de cirurgiões de coluna que se dedicarem ao estudo e à prática da costotransversectomia — para que encontrem aqui não apenas a descrição de uma técnica, mas o testamento de uma postura profissional: a de quem entende que a cirurgia é, antes de tudo, anatomia aplicada com paixão.

À cirurgia da coluna vertebral em nosso país — na esperança de que o conhecimento aqui consolidado contribua para a difusão da técnica, para a redução de complicações em pacientes operados, para a formação de cirurgiões mais bem preparados e, em última instância, para o seu avanço.

Dedico esta obra ainda às minhas filhas Lisa e Lilian, razão da minha vida e motivação diária para procurar ser sempre melhor. A elas devo o desejo permanente de aperfeiçoamento — pessoal e profissional —, na convicção de que o exemplo é a herança mais duradoura que um pai pode legar aos seus filhos, assim como meu pai foi para mim.

Registro também minha gratidão à equipe do Centro de Ensino Médico Cetrus, sem cuja participação este trabalho permaneceria incompleto. À Dra. Carla Monteiro Zucchi, que viabilizou a ponte entre o autor e a anatomista — gesto de generosidade e profissionalismo essenciais para a realização do estudo —, meu sincero reconhecimento. À enfermeira e anatomista Ídila Valéria de Andrade Ferreira, que demonstrou amor e devoção verdadeiros pelo seu ofício, tratando as peças anatômicas com o respeito e o cuidado que poucos dispensam até aos vivos, e que auxiliou diretamente o autor na dissecção e na execução do trabalho — minha gratidão profunda. A vocês duas, sem as quais esta obra ficaria incompleta, dedico minha eterna gratidão.

A meu pai — primeiro mestre, primeira inspiração, primeira referência.

As minhas filhas Lisa e Lilian — razão de viver, motivação para sempre melhorar.

Aos professores Prates e tantos outros — pelo caminho.

À equipe do Cetrus, à Dra. Carla e à Ídila — pela parceria que viabilizou a materialização desta obra.

Aos pacientes — pela confiança.

Aos anônimos — pelo ensinamento silencioso.

Aos leitores — pela continuidade da jornada.

Endereço para correspondência:
Rua Borges Lagoa, 1065 cj. 78 – Vila Clementino – São Paulo/SP – CEP 04038-032
e-mail rodrigoyunes@hotmail.com
www.dryunes.com – @dryunescoluna



www.editorafontenele.com.br