



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Igor Barreira Magro

Fusão *versus* artroplastia no tratamento da dor lombar secundária à doença degenerativa da coluna: revisão sistemática e metanálise viva

Tese apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista (UNESP), *Campus* de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Anestesiologia.

Orientador: Prof. Flávio Ramalho Romero

Botucatu
2025

IGOR BARREIRA MAGRO

Fusão *versus* artroplastia no tratamento da dor lombar
secundária à doença degenerativa da coluna: revisão
sistemática e metanálise viva

Tese apresentada à Faculdade de Medicina,
Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Campus de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Anestesiologia.

Orientador: Prof. Flávio Ramalho Romero

Botucatu

2025

M212f	<p data-bbox="491 1368 724 1397">Magro, Igor Barreira</p> <p data-bbox="491 1413 1286 1525">Fusão versus altrnplastia no tratamento da dor lombar secundária à doença degenerativa da coluna: revisão sistemática e metanálise viva/ Igor Barreira Magro. -- Botucatu, 2025</p> <p data-bbox="520 1536 687 1568">70 p. : il., tabs.</p> <p data-bbox="491 1626 1201 1697">Tese (doutorado em anestesiologia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina, Botucatu</p> <p data-bbox="520 1709 839 1738">Orientadora: Flávio Romero</p> <p data-bbox="491 1794 1235 1865">1. Coluna lombar. 2. Matanálise. 3. Coluna vertebral - Cirurgia. 4. Dor lombar. 5. Artrodese. I. Título.</p>
-------	---



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE IGOR BARREIRA MAGRO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANESTESIOLOGIA, DA FACULDADE DE MEDICINA - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 27 dias do mês de fevereiro do ano de 2025, às 13h, no(a) Via sistemas de videoconferência e outras ferramentas para comunicação a distância (Google Meet), realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de IGOR BARREIRA MAGRO, intitulada **Fusão versus artroplastia no tratamento da dor lombar secundária à doença degenerativa da coluna: revisão sistemática e metanálise viva**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. FLÁVIO RAMALHO ROMERO (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Depto. de Neurologia, Psicologia e Psiquiatria / FM/Botucatu - Unesp, Profa. Dra. NORMA SUELI PINHEIRO MODOLO (Participação Virtual) do(a) Depto. de Especialidades Cirúrgicas e Anestesiologia / FM/Botucatu - Unesp, Prof. Dr. MAURO DOS SANTOS VOLPI (Participação Virtual) do(a) Depto. de Cirurgia e Ortopedia / FM/Botucatu - Unesp, Prof. Dr. RODRIGO AUGUSTO AMARAL (Participação Virtual) do(a) Instituto de Patologia da Coluna, Prof. Dr. FLÁVIO PORTO FRANCO PIOLA (Participação Virtual) do(a) HC-FM/Ribeirão Preto - Usp. Após a exposição pelo doutorando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. FLÁVIO RAMALHO ROMERO



Documento assinado digitalmente
FIAVIORAMALHOROMERO
Data: 27/02/2025 16:46:48-0300
verifique em <https://jvalidar.iti.gov.br>

DEDICATÓRIA

A Deus, por ser a fonte de toda sabedoria e por ter sustentado minha jornada com fé, coragem e serenidade nos momentos de incerteza.

À minha família, por ser meu alicerce constante, e por cada gesto silencioso de apoio e amor ao longo deste caminho.

Aos meus pais, que me ensinaram, com o exemplo, o valor do esforço, da ética e da perseverança.

À minha esposa, pela paciência, compreensão e presença incondicional, mesmo nos dias mais difíceis — esta conquista também é sua.

Ao meu orientador, por sua generosidade intelectual, por acreditar no potencial deste trabalho e por me guiar com firmeza e respeito ao longo desta jornada acadêmica.

A todos que, de alguma forma, contribuíram com palavras de incentivo, colaboração ou amizade, minha sincera gratidão.

AGRADECIMENTOS

Ao corpo docente da pós-graduação do departamento de anestesiologia da UNESP, pelos encontros enriquecedores, por tantos conhecimentos compartilhados e por contribuírem para o processo de amadurecimento relativo ao desenvolvimento desta dissertação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Flavio Ramalho Romero, fundamental desde a concepção deste trabalho e grande incentivador ao longo de toda a jornada.

Aos integrantes da banca de qualificação e da banca examinadora, que, generosamente, se dedicaram nas avaliações, contribuindo para o aprimoramento e amadurecimento deste trabalho.

Ao Prof. Me. Anderson Hander, pela Revisão Ortográfica e Gramatical, e Crítica a este trabalho.

À minha esposa, Gabriela, pelo incentivo, cuidado e contribuição para o meu crescimento pessoal.

À minha família, Ivo, Nara e Lorena, por todo o suporte, incentivo, compreensão, amor e parceria durante esta jornada. Agradeço por estarem sempre comigo, fortalecendo-me nos momentos difíceis e celebrando cada conquista.

“Se eu vi mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes.”

Sir Isaac Newton

RESUMO

A tese analisa e compara a eficácia, segurança e desfechos clínicos da fusão e da artroplastia lombar no tratamento de doenças degenerativas da coluna lombar por meio de uma revisão sistemática e metanálise viva. A degeneração discal é uma das principais causas de dor lombar crônica e incapacidade funcional, com significativos impactos socioeconômicos. A fusão lombar, técnica amplamente utilizada, proporciona estabilização vertebral ao custo de perda de mobilidade e maior risco de degeneração em segmentos adjacentes. Em contraste, a artroplastia preserva a dinâmica da coluna, reduzindo complicações biomecânicas, embora apresente limitações, como maior custo inicial e indicação clínica mais restrita. A tese enfatiza a relevância da metanálise viva na atualização constante de evidências, contribuindo para decisões clínicas informadas e formulação de políticas públicas no contexto brasileiro. A metodologia incluiu busca contínua em bases científicas e análise crítica de estudos relevantes, integrando dados de complicações, funcionalidade (ODI) e dor (VAS). Os resultados demonstraram menores taxas de complicações e melhor controle da dor na artroplastia, enquanto ambas as técnicas apresentaram eficácia funcional semelhante. Constatou-se que a artroplastia é preferencial para pacientes jovens e ativos, enquanto a fusão é indicada para casos de instabilidade severa.

Palavras-chaves: Fusão Lombar, Artroplastia Lombar, Degeneração Discal, Metanálise Viva, Tratamento Cirúrgico da Coluna.

ABSTRACT

This thesis analyzes and compares the efficacy, safety, and clinical outcomes of lumbar fusion and total disc arthroplasty in the treatment of degenerative lumbar spine diseases through a systematic review and living meta-analysis. Disc degeneration is a leading cause of chronic low back pain and functional disability, with significant socioeconomic impacts. Lumbar fusion, a widely used technique, provides vertebral stabilization at the expense of mobility loss and an increased risk of adjacent segment degeneration. Conversely, arthroplasty preserves spinal dynamics, reducing biomechanical complications, although it has limitations such as higher initial costs and more restricted clinical indications. The thesis highlights the relevance of the living meta-analysis approach for continuously updating evidence, contributing to informed clinical decisions and public policy formulation within the Brazilian healthcare context. The methodology included continuous searches in scientific databases and critical analysis of relevant studies, integrating data on complications, functionality (ODI), and pain (VAS). Results demonstrated lower complication rates and better pain control with arthroplasty, while both techniques showed similar functional efficacy. Arthroplasty was found to be preferable for young and active patients, whereas fusion is recommended for cases of severe instability.

Keywords: *Lumbar Fusion, Lumbar Arthroplasty, Disc Degeneration, Living Meta-analysis, Spinal Surgical Treatment.*

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – fluxograma de inclusão de estudos, de acordo com a última versão do PRISMA(LIBERATI *et al.*, 2009) 37
- Figura 2 – *forest-plot* analisando a ocorrência de complicações entre a utilização de artroplastias (TDR) e fusão. TDR = Artroplastia..... 42
- Figura 3 – *forest-plot* analisando diferença de médias nos escores de ODI no último acompanhamento entre a utilização de artroplastias (TDR) e fusão. TDR = Artroplastia 42
- Figura 4 – *forest-plot* analisando diferença de médias nos escores de EVA costas no último acompanhamento entre a utilização de artroplastias (TDR) e fusão. TDR = Artroplastia 43
- Figura 5 – gráfico de Cleveland demonstrando a variação entre o tamanho estimado do efeito com a retirada de cada estudo da análise 44
- Figura 6 – gráfico de *Cleveland* demonstrando a variação entre o tamanho estimado do efeito com a retirada de cada estudo da análise. Linha preta: Efeito estimado; Linha Verde: Marco 0.....45
- Figura 7 – gráfico de *Cleveland* demonstrando a variação entre o tamanho estimado do efeito com a retirada de cada estudo da análise (Linha preta: Efeito estimado; Linha Verde: Marco 0)..... 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – dados básicos dos estudos incluídos	38
Tabela 2 – sumário das variáveis incluídas no estudo.	40
Tabela 3 – classificações do risco de viés dos estudos incluídos na revisão.	40
Tabela 4 – sumário dos efeitos e interpretação	43
Tabela 5 – artroplastia comparado a fusão para Degeneração Lombar em pacientes selecionados	47

LISTA DE ABREVIATURAS

AF –	Anel Fibroso
ALIF –	<i>Anterior Lumbar Interbody Fusion</i> (Fusão Lombar Anterior)
CI –	<i>Confidence Interval</i> (Intervalo de Confiança)
CI –	Intervalo de Confiança
DALD –	<i>Degeneration Adjacent Level Disease</i> (Doença de Degeneração do Nível Adjacente)
DALYs –	<i>Disability-Adjusted Life Years</i> (Anos de Vida Ajustados por Incapacidade)
DDI –	Degeneração do Disco Intervertebral
EVA –	Escala Visual Analógica de dor nas Costas
FGV –	Fundação Getulio Vargas
FUP –	<i>Follow-up</i> (Acompanhamento)
FUSÃO –	Fusão Lombar
GRADE –	<i>Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluation</i> (Avaliação da Qualidade das Evidências)
I ² –	Índice de Heterogeneidade
IESB –	Instituto de Educação Superior de Brasília
IL –	Interleucina
IL-17 –	Interleucina 17
IL-1 β –	Interleucina 1 Beta
IL-6 –	Interleucina 6
MD –	<i>Mean Difference</i> (Diferença de Médias)
MMPs –	Metaloproteinases de Matriz
MRI –	<i>Magnetic Resonance Imaging</i> (Ressonância Magnética)
NGF –	Fator de Crescimento Nervoso
NOS –	<i>Newcastle-Ottawa Scale</i> (Escala Newcastle-Ottawa)
NP –	Núcleo Pulposo
ODI –	<i>Oswestry Disability Index</i> (Índice de Incapacidade de Oswestry)
OR –	<i>Odds Ratio</i> (Razão de Chances)
p –	Valor p (significância estatística)
PCT –	Placas Cartilaginosas Terminais
PLF –	<i>Posterior Lumbar Fusion</i> (Fusão Lombar Posterior)
PLIF –	<i>Posterior Lumbar Interbody Fusion</i> (Fusão Lombar Posterior)

PRISMA –	Preferências e Recomendações para Relatar Revisões Sistemáticas e Metanálises (<i>Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses</i>)
QALY –	Anos de Vida Ajustados pela Qualidade (<i>Quality-Adjusted Life Years</i>)
RoB2 –	Risk of Bias 2 (Risco de Viés 2)
SUS –	Sistema Único de Saúde
TDR –	Artroplastia de Disco Total (<i>Total Disc Replacement</i>)
TNF- α –	Fator de Necrose Tumoral Alfa
VAS –	<i>Visual Analog Scale</i> (Escala Visual Analógica)
VAS Back –	Escala Visual Analógica para dor nas costas
VEGF –	Fator de Crescimento Derivado do Endotélio Vascular
YLDs –	Anos Vividos com Incapacidade (<i>Years Lived with Disability</i>)
z –	Estatística Z

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
1.1. Contextualização do problema	18
1.1.1 Custos e carga global da doença	19
1.1.2 Necessidade de intervenções eficazes.....	20
1.2 Fisiopatologia da dor lombar	21
1.2.1 Estrutura Anatômica da coluna vertebral.....	21
1.2.2 Estrutura e função do disco intervertebral.....	21
1.2.3 Mecanismos fisiopatológicos da degeneração discal	22
1.3 Tratamentos cirúrgicos	24
1.3.1 Técnicas cirúrgicas: fusão lombar	25
1.3.2 Técnica cirúrgica: artroplastia lombar	26
1.3.3 Comparação entre fusão e artroplastia: perspectivas científicas.....	27
1.3.4 Critérios clínicos e biomecânicos.....	28
1.4 Evidências científicas e lacunas na literatura.....	28
1.4.1 Preferência do paciente e contexto sociocultural.....	29
1.4.2 Desafios e perspectivas.....	29
1.5 Metanálise viva: uma necessidade no contexto da evolução científica.....	29
1.5.1 Relevância no tratamento cirúrgico da coluna lombar	30
1.5.2 Justificativa da metanálise viva	30
1.5.3 Implementação técnica e metodológica.....	31
1.5.4 Impactos e benefícios no contexto brasileiro.....	31
1.5.5 Perspectivas.....	32
2. OBJETIVOS.....	33
2.1 Objetivo geral	33
2.1.1 Objetivos específicos	33
3. MÉTODOS	34
3.1 Tipo do estudo	34
3.1.1 Definição de metanálise viva	34
3.2 Protocolo da metanálise.....	34
3.2.1 Estratégias de busca e frequência	34
3.2.2 Critérios de inclusão	34
3.2.3 Critérios de exclusão	35

3.2.4 Atualização das evidências	35
3.2.5 Coleta e extração dos dados	35
3.2.5.1 Triagem e extração de dados	35
3.2.5.2 Extração dos dados	35
3.3 Aspectos éticos e declaração de transparência.....	36
3.4 Análise de risco de viés e qualidade dos estudos.....	36
4. RESULTADOS	37
4.1 Estudos incluídos e dados básicos dos estudos	37
4.2 Análise da qualidade dos estudos incluídos.....	40
4.3 Análise dos desfechos	41
4.3.1 Complicações.....	41
4.3.2 <i>Oswestry disability index</i>	42
4.3.3 <i>VAS back</i>	42
4.3.4 Sumário dos efeitos e interpretação.....	43
4.4 Análises de Sensibilidade (<i>Leave-one-Out</i>).....	44
4.5 Avaliação da qualidade das evidências com a escala GRADE.....	46
5. DISCUSSÃO.....	49
5.1 Introdução geral aos resultados.....	49
5.2 Complicações	49
5.3 <i>Oswestry Disability Index (ODI)</i>	52
5.4 <i>VAS Back</i> (escala visual de dor)	53
5.5 Análise integrada dos resultados	55
5.6 Limitações do estudo	56
5.7 Implicações para o sistema de saúde brasileiro.....	58
6. CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS.....	63

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização do problema

As doenças degenerativas da coluna lombar, como a hérnia de disco, espondilolistese degenerativa e degeneração do disco, consistem nas causas principais de dor crônica, incapacidade funcional e absenteísmo no trabalho, impactando, significativamente, em âmbito global. No Brasil, essas condições afetam, principalmente, a população economicamente ativa, resultando em grandes custos socioeconômicos em um sistema de saúde já pressionado. Estudos indicam que cerca de 80% das pessoas globalmente sofrerão de dor lombar em algum momento da vida, com muitos casos decorrentes de problemas degenerativos. (Naghavi *et al.*, 2018; Ravindra *et al.*, 2018). A prevalência dessas condições no Brasil aumentou consideravelmente, em 26,83% entre 1990 e 2017, tornando a dor lombar uma das principais causas de anos de vida ajustados por incapacidade (DALYs) no país. Estudos revelam que a dor crônica nas costas reduz, drasticamente, a qualidade de vida e está relacionada a fatores como idade, obesidade, tabagismo e estresse mental. Esses dados enfatizam a necessidade crítica de intervenções terapêuticas efetivas para mitigar os sintomas e diminuir a incidência de complicações em longo prazo (De David *et al.*, 2020).

As opções terapêuticas para as doenças degenerativas da coluna lombar incluem tratamentos conservadores, como fisioterapia, uso de analgésicos e infiltrações, além de procedimentos cirúrgicos, para casos em que as abordagens conservadoras são insuficientes. As intervenções cirúrgicas, como a fusão lombar e a artroplastia de disco total, têm como objetivos estabilizar o segmento vertebral afetado e manter a mobilidade funcional da coluna, respectivamente. A escolha entre esses métodos depende de fatores como a condição específica do paciente, a presença de comorbidades e as preferências individuais, refletindo a complexidade do manejo da dor lombar (Wan *et al.*, 2022).

A fusão lombar, embora seja uma técnica bem estabelecida com resultados positivos na estabilização da coluna, pode causar uma rigidez indesejada, aumentando a pressão sobre os segmentos adjacentes e, potencialmente, acelerando processos degenerativos nessas áreas (Hashimoto *et al.*, 2019; LAU *et al.*, 2021). Em contrapartida, a artroplastia de disco visa manter a dinâmica da coluna, o que pode ser benéfico em relação à preservação das funções e à minimização do impacto nos segmentos adjacentes. Contudo, ambos os procedimentos apresentam desafios consideráveis, incluindo a necessidade de uma seleção criteriosa do

paciente e a possibilidade de complicações em longo prazo, como falhas do implante (Ding *et al.*, 2017; Radcliff *et al.*, 2018)

A literatura, ainda, discute, intensamente, os resultados em longo prazo dessas intervenções. Pesquisas revelam que, enquanto alguns pacientes relatam um alívio significativo da dor e melhoria na qualidade de vida, outros continuam a sofrer com sintomas ou desenvolvem novas complicações. Portanto, é fundamental que as decisões terapêuticas sejam baseadas em uma avaliação detalhada do paciente, considerando tanto os benefícios potenciais quanto os riscos associados a cada tipo de intervenção (Lang *et al.*, 2021; Mu *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2012).

1.1.1 Custos e carga global da doença

No Brasil, o impacto econômico das doenças degenerativas da coluna lombar é substancial e abrange várias dimensões, representando um desafio significativo tanto para o sistema de saúde quanto para a economia. Entre 2012 e 2016, realizaram-se mais de 886.000 exames de imagem para o diagnóstico dessas condições, dos quais 436.000 foram ressonâncias magnéticas, representando, aproximadamente, 49% do total. As despesas hospitalares vinculadas a essas doenças variam de acordo com idade e gênero, e homens jovens (entre 19 e 28 anos) tiveram custos de internação 2,5 vezes maiores do que mulheres na mesma faixa etária, enquanto mulheres entre 49 e 78 anos apresentaram custos ambulatoriais 1,5 vez maiores que os homens do mesmo grupo etário (Falavigna *et al.*, 2015)

Os custos indiretos, incluindo perda de produtividade e absenteísmo, agravam o impacto econômico. A dor lombar crônica constitui uma das principais razões para afastamento do trabalho no Brasil, contribuindo para um aumento nos custos previdenciários e nas aposentadorias por invalidez. Pacientes com doenças degenerativas da coluna, geralmente, necessitam de mais consultas médicas, exames de imagem, sessões de fisioterapia e intervenções cirúrgicas, o que resulta em uma série de custos acumulativos que pressionam tanto o sistema de saúde público quanto os empregadores (Carregaro *et al.*, 2020).

Estudos apontam para um aumento significativo na prevalência de dor lombar, indicando uma carga crescente dessa condição, principalmente devido ao aumento da população e ao envelhecimento. Essa tendência é confirmada pelo estudo do *Global Burden of Disease*, que identifica a dor lombar como uma das principais causas de anos vividos com incapacidade (YLDs) no Brasil, classificando-a como a terceira principal causa de DALYs (anos de vida ajustados por incapacidade), embora não contribua, diretamente, para a

mortalidade. Diante desses desafios, é fundamental focar na gestão eficaz dessas condições para atenuar seus impactos tanto na saúde individual quanto na sociedade (Defino; Lewandrowski, 2023; Marques *et al.*, 2024).

1.1.2 Necessidade de intervenções eficazes

Nesse contexto, é crucial uma avaliação detalhada e aprimoramento das estratégias terapêuticas para as doenças degenerativas da coluna lombar, com foco particular nas intervenções cirúrgicas. Apesar de haver vasta literatura internacional sobre a fusão lombar e a artroplastia de disco, os dados relativos à sua aplicabilidade e relação custo-benefício no Brasil, ainda, são limitados. Pesquisas conduzidas no país indicam que técnicas minimamente invasivas, como a endoscopia, podem diminuir o período de internação e os custos hospitalares, alcançando resultados clínicos semelhantes aos de métodos tradicionais, como a discectomia aberta (Assis *et al.*, 2021). Ademais, a análise da relação custo-efetividade de procedimentos como a discectomia aberta aponta para um impacto econômico significativo no sistema de saúde suplementar, com custos médios de tratamento estimados em R\$ 5.454,40, trazendo benefícios importantes em termos de qualidade de vida e anos de vida ajustados pela qualidade (QALY) (Falavigna *et al.*, 2016).

Estudos comparativos sugerem que a artroplastia de disco apresenta vantagens na preservação da mobilidade segmentar, sendo mais adequada em casos que requerem manutenção da funcionalidade, enquanto a fusão lombar é recomendada em situações de instabilidade severa, devido à sua eficácia na estabilização segmentar (Wang *et al.*, 2012; ZOT *et al.*, 2023). Entretanto, a seleção da técnica cirúrgica deve considerar as especificidades do sistema de saúde brasileiro, incluindo os custos envolvidos, as barreiras ao acesso a tecnologias avançadas e as características clínicas dos pacientes. Essa consideração é importante para o desenvolvimento de estratégias que conciliem eficácia clínica e viabilidade econômica, correspondendo às necessidades de um sistema de saúde com recursos restritos (Antonioli *et al.*, 2023; Teles *et al.*, 2016).

1.2 Fisiopatologia da dor lombar

1.2.1 Estrutura anatômica da coluna vertebral

A coluna vertebral é uma estrutura complexa e multifuncional, composta por 33 vértebras que se organizam em cinco regiões distintas: cervical, torácica, lombar, sacral e coccígea. Desempenha funções cruciais no suporte estrutural ao corpo, proteção da medula espinhal e dos nervos espinhais, além de possibilitar uma variedade de movimentos e a absorção de cargas mecânicas. As regiões cervical, torácica e lombar são móveis e permitem ampla gama de movimentos; enquanto as regiões sacral e coccígea são fundidas, formando a base estável da coluna (Oxland R, 2016).

As vértebras lombares são particularmente grandes e robustas, adaptadas para suportar cargas axiais substanciais. Cada vértebra lombar é composta por um corpo vertebral maciço, que consiste na principal estrutura de sustentação de peso, e um arco vertebral posterior, que protege a medula espinhal e atua como ponto de fixação para músculos e ligamentos. Os discos intervertebrais, localizados entre os corpos vertebrais adjacentes, são elementos fundamentais para a biomecânica da coluna, permitindo a sua flexibilidade e absorção de impactos (Zhang *et al.*, 2022).

1.2.2 Estrutura e função do disco intervertebral

O Disco Intervertebral (DIV) é uma estrutura fibrocartilaginosa essencial para a funcionalidade da coluna, composta por três elementos principais: o Núcleo Pulposo (NP), o Anel Fibroso (AF) e as placas cartilaginosas terminais (PCT). Cada um desses componentes desempenha funções importantes para a manutenção da estabilidade, mobilidade e distribuição de cargas ao longo da coluna vertebral (Humzah; Soames, 1988; Roberts *et al.*, 2006; Tomaszewski *et al.*, 2015).

1. **Núcleo Pulposo (NP):** situado no centro do disco, o NP é uma matriz gelatinosa enriquecida com proteoglicanos e água, funcionando, efetivamente, como um amortecedor hidráulico. Essa composição permite que o NP distribua as cargas compressivas de maneira uniforme, enquanto sua elevada concentração de proteoglicanos possibilita a retenção de água e o suporte de pressões mecânicas.

2. **Anel Fibroso (AF):** circundando o NP, o AF é formado por lamelas concêntricas de fibras colágenas, organizadas obliquamente e com a direção alternada entre as camadas. Essa estrutura

proporciona ao AF uma grande resistência à tensão e à torção, estabilizando o disco durante os movimentos da coluna.

3. Placas Cartilagosas Terminais (PCT): posicionadas nas interfaces superior e inferior do disco, as PCT ligam o disco aos corpos vertebrais adjacentes. Elas não somente atuam como barreiras mecânicas, mas também são fundamentais para a nutrição do disco, facilitando a difusão de nutrientes e a eliminação de metabólitos

1.2.3 Mecanismos fisiopatológicos da degeneração discal

A Degeneração do Disco Intervertebral (DDI) é um processo progressivo, multifatorial e dinâmico, que afeta, significativamente, a biomecânica da coluna vertebral e a qualidade de vida dos pacientes. Esse processo está intimamente ligado à dor lombar crônica e é influenciado por fatores genéticos, biomecânicos, metabólicos, inflamatórios e ambientais. A interação desses elementos desencadeia uma sequência de eventos que compromete a estrutura e função do disco intervertebral, afetando a estabilidade da coluna (Smith *et al.*, 2011).

Geneticamente, a predisposição para DDI tem sido vinculada a polimorfismos em genes que afetam a matriz extracelular, como os que regulam a produção de colágeno tipo II e proteoglicanos. Esses genes, também, modulam a produção de citocinas inflamatórias, como IL-1 e TNF- α , que são fundamentais para a progressão da degeneração. Essas alterações genéticas aumentam a vulnerabilidade do tecido discal ao estresse mecânico e a lesões, facilitando o início do processo degenerativo (Kirnaz *et al.*, 2022; Ravichandran; Pillai; Krishnamurthy, 2022).

No nível celular, o Núcleo Pulposo (NP), componente chave do disco intervertebral, é especialmente afetado. Naturalmente rico em proteoglicanos e colágeno tipo II, o NP é responsável por reter água, permitindo que o disco absorva e distribua cargas. No entanto, durante a degeneração, compromete-se a capacidade das células do NP de manter a homeostase da matriz extracelular. O envelhecimento celular, o estresse oxidativo e a apoptose reduzem a síntese de proteoglicanos, resultando na perda de hidratação e elasticidade. Essa diminuição da pressão osmótica compromete a função biomecânica do disco, exacerbando a carga sobre estruturas adjacentes (Ou-Yang; Kleck; Ackert-Bicknell, 2023; Ravichandran; Pillai; Krishnamurthy, 2022).

Simultaneamente, o Anel Fibroso (AF), que circunda e estabiliza o NP, sofre severas alterações estruturais. Fissuras no AF permitem a infiltração de vasos sanguíneos e

fibras nervosas em áreas que anteriormente eram aneurovasculares. Esse processo é exacerbado por mediadores inflamatórios como IL-1 β e TNF- α , que promovem a degradação da matriz extracelular por meio da ativação de Metaloproteinases de Matriz (MMPs) e outras enzimas catabólicas. A presença de fibras nervosas em áreas normalmente desprovidas de inervação está diretamente relacionada à dor discogênica, pois essas fibras se tornam sensibilizadas pelas alterações inflamatórias locais (Yang *et al.*, 2018).

As Placas Cartilaginosas Terminais (PCT), essenciais para a nutrição do disco, ao facilitarem a troca de nutrientes e a remoção de metabólitos, também são afetadas na DDI. Com o avanço da degeneração, as PCT se tornam escleróticas e calcificadas, reduzindo, significativamente, o fluxo de nutrientes para o NP e o AF. Essa restrição metabólica intensifica a apoptose celular e acelera a degradação da matriz extracelular. Além disso, microfraturas nas PCT liberam mediadores inflamatórios, contribuindo para a manutenção do ambiente pró-inflamatório e exacerbando a dor (Li *et al.*, 2024).

A inflamação desempenha um papel central para a progressão da DDI, estabelecendo um ciclo vicioso de degradação tecidual e sensibilização nervosa. Citocinas inflamatórias, como IL-6 e IL-17, frequentemente encontradas em elevados níveis no disco degenerado, ativam vias catabólicas e estimulam a produção de enzimas que degradam a matriz extracelular. Simultaneamente, fatores de crescimento como o Fator de Crescimento Nervoso (NGF) e o Fator de Crescimento Derivado do Endotélio Vascular (VEGF) promovem o crescimento de fibras nervosas sensoriais nas estruturas do disco, o que está associado ao aumento da dor discogênica, especialmente em estágios avançados da degeneração (Ou-Yang; Kleck; Ackert-Bicknell, 2023; Ravichandran; Pillai; Krishnamurthy, 2022).

No aspecto biomecânico, a degeneração do disco afeta a distribuição de cargas ao longo da coluna, gerando sobrecarga em segmentos adjacentes e aumentando o risco de condições secundárias como hérnias de disco e espondilolistese. A resultante instabilidade segmentar intensifica os sintomas clínicos e complica o manejo terapêutico (Kirnaz *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023).

O ambiente metabólico do disco degenerado também desempenha um papel significativo em sua disfunção. Condições de hipóxia e o acúmulo de metabólitos ácidos, como o lactato, geram um ambiente prejudicial à sobrevivência celular e à manutenção da matriz extracelular, acelerando a senescência e a apoptose celular, o que contribui para a perpetuação da progressão degenerativa (Costăchescu *et al.*, 2022).

Dada a complexidade e variabilidade na apresentação da DDI, sua progressão é difícil de prever e os sintomas variam amplamente entre os pacientes. Compreender os

mecanismos fisiopatológicos subjacentes é essencial para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas mais precisas e terapias direcionadas. Modular a inflamação, preservar a matriz extracelular e restaurar a função biomecânica são abordagens promissoras para mitigar os efeitos da DDI e melhorar os desfechos clínicos. Esse entendimento, também, proporciona uma base sólida para avanços na engenharia tecidual e terapias regenerativas, potencializando a transformação no manejo dessa condição debilitante (Kirnaz *et al.*, 2021, 2022).

1.3 Tratamentos cirúrgicos

A estabilização segmentar cirúrgica é uma abordagem terapêutica fundamental em casos que não respondem ao tratamento conservador, fundamentada na correção das alterações biomecânicas características da Degeneração do Disco Intervertebral (DDI). Essa degeneração compromete a integridade estrutural do segmento afetado, levando a uma instabilidade segmentar que desencadeia processos inflamatórios e neurológicos, perpetuando a dor (Xin *et al.*, 2022).

O processo degenerativo no disco intervertebral implica mudanças estruturais significativas no núcleo pulposo e no anel fibroso, incluindo a perda de altura e desidratação, bem como uma distribuição desigual das cargas axiais. Essas alterações resultam em uma sobrecarga nos tecidos adjacentes, particularmente nas articulações facetárias e nos músculos paravertebrais, levando a microtraumas que exacerbam a resposta inflamatória local. Essa instabilidade biomecânica, em que o segmento vertebral compromete a capacidade de sustentar cargas normais sem movimentos anormais entre os corpos vertebrais, facilita a sensibilização das fibras nervosas nos tecidos próximos ao disco degenerado, contribuindo para a perpetuação da dor lombar (Kirnaz *et al.*, 2021).

Os tratamentos cirúrgicos de estabilização segmentar, como a fusão lombar, padrão-ouro para casos de degeneração avançada ou instabilidade significativa, visam eliminar o movimento anormal entre os segmentos afetados. Utilizando enxertos ósseos e dispositivos de fixação, como parafusos pediculares, a fusão proporciona uma estabilização duradoura ao unir duas ou mais vértebras, reduzindo a transferência de forças anormais por meio do disco degenerado e aliviando a dor ao interromper o ciclo de microtrauma e inflamação. Essa técnica também permite realinhar a coluna vertebral, diminuindo as forças de cisalhamento e compressão nos segmentos adjacentes. No entanto, a eliminação do movimento segmentar pode resultar na doença do segmento adjacente, em que a sobrecarga mecânica em níveis próximos acelera sua degeneração (Evaniew *et al.*, 2022; ZOT *et al.*, 2023).

Por outro lado, a estabilização dinâmica oferece uma alternativa inovadora que visa preservar a mobilidade segmentar enquanto fornece suporte mecânico ao segmento comprometido. Ao contrário da fusão, que elimina completamente o movimento, a estabilização dinâmica utiliza dispositivos projetados para controlar os movimentos com base nos limites fisiológicos, minimizando os impactos de forças anormais nos segmentos adjacentes. Essa abordagem é particularmente vantajosa para pacientes jovens ou com degeneração discal moderada, em que a preservação da mobilidade segmentar pode beneficiar a biomecânica global da coluna (Zigler *et al.*, 2018).

Esses tratamentos de estabilização segmentar, seja a fusão lombar ou a estabilização dinâmica, são eficazes porque abordam, diretamente, os mecanismos biomecânicos e inflamatórios subjacentes à dor lombar associada à DDI. A fusão é ideal em situações de instabilidade segmentar severa que compromete a funcionalidade e causa dor intensa, enquanto a estabilização dinâmica constitui uma opção valiosa em cenários em que a preservação do movimento é desejável para reduzir o risco de complicações secundárias. Ambas as abordagens se baseiam em princípios biomecânicos sólidos e dependem de uma avaliação precisa da fisiopatologia subjacente e dos objetivos clínicos (Delamarter *et al.*, 2011; Zigler *et al.*, 2022).

O desenvolvimento dessas técnicas reflete a necessidade de integrar princípios mecânicos com novas tecnologias, como biomateriais avançados e dispositivos cirúrgicos adaptados às necessidades específicas do paciente. Além disso, o avanço em terapias regenerativas oferece novas abordagens para lidar não apenas com a instabilidade segmentar, mas também com os fatores biológicos e metabólicos que contribuem para a degeneração discal (McDonnell *et al.*, 2021). A combinação dessas estratégias pode oferecer soluções mais personalizadas e eficazes para o manejo da dor lombar, destacando a importância de uma abordagem integrada, baseada em evidências científicas robustas.

1.3.1 Técnicas cirúrgicas: fusão lombar

A fusão lombar constitui uma técnica cirúrgica amplamente utilizada, e projetada para promover a união de dois ou mais segmentos vertebrais, eliminando o movimento intersegmentar anômalo que é frequentemente associado à dor lombar crônica. Essa intervenção se assenta em três pilares fisiopatológicos principais: estabilização da unidade funcional vertebral, alívio da compressão neural e redistribuição das cargas mecânicas.

- **Estabilização da unidade funcional vertebral:** a fusão interrompe micromovimentos patológicos no segmento degenerado, prevenindo os estímulos nociceptivos originários do disco intervertebral ou das articulações facetárias (Pradeep; Pal, 2023).
- **Alívio da compressão neural:** frequentemente realizada em conjunto com técnicas de descompressão, a fusão lombar elimina fatores compressivos que impactam as raízes nervosas ou a medula espinhal, mitigando sintomas neurológicos relacionados (Pimenta *et al.*, 2018).
- **Redistribuição das cargas mecânicas:** ao estabilizar os segmentos envolvidos, a técnica diminui a carga que anteriormente incidia sobre o disco degenerado, facilitando uma distribuição mais equilibrada das forças mecânicas (Försth *et al.*, 2016)

Embora seja considerada o padrão-ouro para tratar condições como espondilolistese degenerativa e doença degenerativa do disco em estágios avançados, a fusão lombar apresenta limitações significativas. Um dos desafios mais marcantes é a degeneração acelerada dos níveis adjacentes, um fenômeno resultante da redistribuição de forças biomecânicas nos segmentos fixados, que pode intensificar o estresse sobre estruturas próximas e acelerar processos degenerativos (Harrop *et al.*, 2008; Rothenfluh *et al.*, 2015).

Além disso, a fusão lombar pode reduzir a mobilidade global da coluna, impactando, negativamente, a qualidade de vida, especialmente de pacientes mais jovens ou fisicamente ativos. Essas limitações ressaltam a necessidade de considerar alternativas terapêuticas, como a artroplastia lombar, que visa preservar a cinemática segmentar e minimizar os efeitos adversos relacionados à fixação rígida (Sköld; Tropp; Berg, 2013; Zigler *et al.*, 2022).

1.3.2 Técnica cirúrgica: artroplastia lombar

A artroplastia lombar emergiu como uma opção alternativa à fusão lombar, visando preservar a mobilidade intervertebral e evitar complicações associadas à imobilização segmentar. O procedimento consiste na substituição do disco intervertebral degenerado por uma prótese móvel, proporcionando várias vantagens biomecânicas e clínicas, como preservação da mobilidade segmentar, redução da sobrecarga nos níveis adjacentes e alívio da compressão neural (Lazennec, 2020).

- **Preservação da mobilidade segmentar:** mantendo a cinemática natural da coluna, a artroplastia reduz as alterações biomecânicas nos segmentos adjacentes (Abi-Hanna *et al.*, 2018).

- **Redução da sobrecarga nos níveis adjacentes:** a manutenção do movimento natural facilita uma distribuição mais homogênea das cargas, diminuindo o risco de degeneração acelerada nos segmentos próximos (Lazennec, 2020).
- **Alívio da compressão neural:** ao substituir componentes degenerativos, o procedimento alivia inflamações e compressões em estruturas neurais, melhorando os sintomas neurológicos associados (Salzmann *et al.*, 2017).

Do ponto de vista biomecânico, a principal vantagem da artroplastia é a manutenção da dinâmica funcional da coluna, o que favorece uma distribuição equilibrada de cargas. Evidências científicas indicam que pacientes submetidos a essa técnica apresentam taxas inferiores de degeneração dos níveis adjacentes comparativamente aos tratados com fusão lombar Radcliff *et al.*, 2018).

No entanto, a artroplastia lombar apresenta algumas limitações significativas como indicações restritas, longevidade da prótese e custo elevado (Salzmann *et al.*, 2017).

- **Indicações restritas:** a técnica é geralmente recomendada para pacientes com degeneração discal isolada, sem deformidades estruturais significativas, osteoporose ou instabilidade severa, o que restringe sua aplicabilidade clínica.
- **Longevidade da prótese:** a durabilidade do implante, ainda, é objeto de investigação, com preocupações sobre a possibilidade de revisões cirúrgicas em longo prazo.
- **Custo elevado:** o procedimento tem um custo inicial consideravelmente maior em comparação à fusão lombar, limitando sua viabilidade em sistemas de saúde com recursos restritos, como é o caso do brasileiro.

Esses aspectos revelam tanto o potencial da artroplastia como uma abordagem inovadora para o tratamento de doenças degenerativas da coluna quanto os desafios associados à sua implementação em contextos clínicos mais amplos (Blumenthal *et al.*, 2024).

1.3.3 Comparação entre fusão e artroplastia: perspectivas científicas

A decisão entre a fusão lombar e a artroplastia lombar é um processo complexo que requer uma avaliação minuciosa de critérios clínicos, biomecânicos e das preferências individuais do paciente. Ambos os procedimentos têm demonstrado eficácia na redução dos sintomas e na melhoria da funcionalidade em pacientes com doenças degenerativas da coluna vertebral. No entanto, suas indicações, resultados e taxas de complicações diferem significativamente, destacando a importância de uma abordagem personalizada e fundamentada em evidências (Lang *et al.*, 2021; Zigler *et al.*, 2022).

1.3.4 Critérios clínicos e biomecânicos

Do ponto de vista clínico, a fusão lombar é frequentemente recomendada para pacientes que apresentam instabilidade segmentar significativa, como ocorre em casos de espondilolistese degenerativa ou deformidades estruturais avançadas. Essa técnica estabiliza os segmentos afetados, mas com a desvantagem de perda de mobilidade segmentar, o que pode afetar, adversamente, a qualidade de vida de pacientes mais jovens e ativos. Em contraste, a artroplastia lombar é mais apropriada para pacientes com degeneração discal isolada, sem deformidades graves, osteoporose ou instabilidade pronunciada. A principal vantagem dessa técnica é a preservação da mobilidade intervertebral e a diminuição da sobrecarga biomecânica nos segmentos adjacentes, reduzindo, potencialmente, o risco de degeneração acelerada nesses níveis (Rao; Cao, 2014).

Biomecanicamente, enquanto a fusão lombar redistribui as cargas mecânicas para os segmentos adjacentes, aumentando o risco de degeneração precoce nesses segmentos, a artroplastia preserva a cinemática natural da coluna. Isso facilita uma distribuição mais equilibrada das forças por meio da coluna vertebral. Essa diferença fundamental entre as técnicas tem implicações diretas nos desfechos clínicos em longo prazo, incluindo a potencial necessidade de reoperações e a progressão de degenerações em níveis adjacentes (Ding *et al.*, 2017).

1.4 Evidências científicas e lacunas na literatura

A literatura atual, ainda, não alcançou um consenso sobre a superioridade de uma técnica cirúrgica sobre a outra, especialmente dada a diversidade de contextos clínicos e epidemiológicos. Estudos comparativos indicam que tanto a fusão lombar quanto a artroplastia podem proporcionar alívio eficaz da dor e melhoria funcional, embora os resultados variem de acordo com o perfil do paciente.

Por exemplo, a artroplastia tende a oferecer benefícios mais significativos para pacientes jovens e ativos, enquanto a fusão lombar é frequentemente a opção indicada em casos de instabilidade severa ou comprometimento estrutural complexo (Lang *et al.*, 2021)

No entanto, a aplicação desses estudos, no contexto brasileiro, é limitada por fatores como disponibilidade de tecnologia, custos associados e características epidemiológicas distintas. No Brasil, em que há uma elevada prevalência de casos avançados, frequentemente

associados a diagnósticos tardios, a fusão lombar pode ser mais acessível e economicamente viável (Fritzell *et al.*, 2011).

1.4.1 Preferência do paciente e contexto sociocultural

A preferência do paciente também desempenha um papel crucial para a escolha terapêutica. Considerações como tempo de recuperação, impacto funcional no dia a dia e expectativa de retorno às atividades físicas são essenciais. Pacientes mais jovens ou com estilos de vida ativos podem preferir a artroplastia pela preservação da mobilidade, enquanto pacientes mais velhos ou com condições de saúde associadas podem optar pela fusão lombar devido à estabilidade que proporciona (Gadjradj *et al.*, 2021; Smuck *et al.*, 2022).

1.4.2 Desafios e perspectivas

A escolha entre fusão lombar e artroplastia é particularmente desafiadora em sistemas de saúde com recursos limitados, como o do Brasil, em que o elevado custo da artroplastia e a necessidade de tecnologia especializada restringem sua aplicação em larga escala. No entanto, avanços tecnológicos e a introdução de materiais mais duráveis para próteses podem aumentar sua viabilidade no futuro.

A comparação entre essas técnicas enfatiza a necessidade de estudos contextuais que integrem fatores epidemiológicos, econômicos e clínicos específicos a cada população. Pesquisas locais, empregando metodologias dinâmicas como a metanálise viva, podem oferecer *insights* mais precisos para decisões informadas e otimização dos recursos de saúde.

A escolha entre fusão lombar e artroplastia deve considerar a individualidade do paciente, suas características clínicas e biomecânicas, bem como o contexto socioeconômico e epidemiológico em que o procedimento será realizado. Com a evolução das evidências e o desenvolvimento de novas tecnologias, espera-se que decisões cada vez mais personalizadas e baseadas em ciência possam maximizar os benefícios para os pacientes e minimizar as limitações de cada abordagem.

1.5 Metanálise viva: uma necessidade no contexto da evolução científica

A metanálise constitui uma ferramenta crucial na medicina baseada em evidências, consolidando dados de múltiplos estudos para orientar decisões clínicas. Contudo, as

metanálises tradicionais apresentam limitações significativas, especialmente em campos de rápido desenvolvimento, como o manejo de doenças degenerativas da coluna lombar. No entanto, a natureza estática dessas revisões não acompanha o ritmo contínuo de novas pesquisas, o que limita sua aplicabilidade prática (Garner *et al.*, 2016; Shojania *et al.*, 2007).

Nesse cenário, a metanálise viva emerge como uma solução inovadora. Esse modelo dinâmico atualiza, continuamente, as evidências à medida que novos estudos são publicados, utilizando tecnologias avançadas para integrar dados automaticamente. Tal abordagem possibilita análises em tempo real, aumentando a precisão e relevância para clínicos e formuladores de políticas públicas (Au, 2023; Elliott *et al.*, 2017).

1.5.1 Relevância no tratamento cirúrgico da coluna lombar

No contexto da fusão lombar e artroplastia, a metanálise viva apresenta vantagens significativas como comparação dinâmica de desfechos clínicos, *insights* atualizados para populações específicas, informação para políticas públicas.

- **Comparação dinâmica de desfechos clínicos:** inclui parâmetros como dor, funcionalidade, complicações, custo-efetividade e taxas de reoperações, adaptando-se, continuamente, às inovações tecnológicas.
- **Insights atualizados para populações específicas:** particularmente úteis para pacientes idosos, com múltiplas comorbidades ou características epidemiológicas específicas, como as observadas no Brasil.
- **Informação para políticas públicas:** fornece suporte para decisões estratégicas em saúde, favorecendo investimentos em tecnologias custo-efetivas e adequadas às necessidades locais.

A implementação dessa metodologia pode diminuir as incertezas na escolha entre fusão e artroplastia, melhorando a qualidade do cuidado baseado em evidências, especialmente em países como o Brasil, em que o acesso e a distribuição de tecnologias constituem desafios notáveis.

1.5.2 Justificativa da metanálise viva

Embora valiosas, as metanálises tradicionais sofrem de atualização infrequente, heterogeneidade dos desfechos, falta de priorização clínica.

1. **Atualização infrequente:** isso resulta em conclusões que rapidamente se tornam desatualizadas, especialmente em áreas de rápida evolução científica.

2. **Heterogeneidade dos desfechos:** a variabilidade nos métodos de mensuração complica comparações diretas.

3. **Falta de priorização clínica:** estudos emergentes ou populações específicas muitas vezes são negligenciados.

A metanálise viva supera essas limitações, integrando, continuamente, novas evidências e assegurando que as recomendações se mantenham atualizadas com o estado mais recente do conhecimento (Elliott *et al.*, 2014, 2017).

1.5.3 Implementação técnica e metodológica

De acordo com diretrizes internacionais, como as da Cochrane, a implementação de uma metanálise viva deve incluir periodicidade e escopo definidos, triagem e síntese ágeis, comunicação contínua do *status*.

1. **Periodicidade e escopo definidos:** buscas regulares, preferencialmente mensais, em bases de dados relevantes. Atualizações podem seguir cronogramas fixos ou serem desencadeadas por novos estudos significativos.

2. **Triagem e síntese ágeis:** ferramentas de mineração de texto e algoritmos de aprendizado de máquina são essenciais para identificar rapidamente estudos relevantes e minimizar vieses manuais.

3. **Comunicação contínua do *status*:** utilização de relatórios periódicos para manter profissionais de saúde e formuladores de políticas informados sobre as atualizações e seus impactos.

1.5.4 Impactos e benefícios no contexto brasileiro

A metanálise viva é especialmente relevante no Brasil, onde desigualdades no acesso a tecnologias avançadas e demandas específicas do SUS exigem soluções adaptadas. A metodologia pode incorporar dados locais negligenciados, promover intervenções custo-efetivas, apoiar decisões clínicas e políticas em tempo real.

- **Incorporar dados locais negligenciados:** garantia de que pesquisas brasileiras sejam consideradas, melhorando a relevância das conclusões para a realidade nacional.
- **Promover intervenções custo-efetivas:** auxílio na alocação eficiente de recursos, especialmente em regiões com acesso limitado a tecnologias de ponta.

- **Apoiar decisões clínicas e políticas em tempo real:** fornecimento de dados atualizados para profissionais e gestores de saúde.

1.5.5 Perspectivas

A metanálise viva representa uma evolução na síntese de evidências, atendendo às necessidades de uma medicina dinâmica e personalizada. Sua implementação nas áreas de fusão e artroplastia lombar não apenas facilita a atualização contínua do conhecimento, mas também fundamenta decisões clínicas e políticas de saúde mais robustas. Ao adotá-la, o Brasil pode alinhar-se às melhores práticas internacionais enquanto atende às suas peculiaridades locais, melhorando os desfechos clínicos e otimizando recursos numa prática de saúde pública mais equitativa e baseada em evidências atualizadas (Elliott *et al.*, 2014, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar a eficácia, a segurança e os desfechos clínicos da **fusão lombar** e da **artroplastia lombar** no manejo das doenças degenerativas da coluna lombar, por meio de uma **metanálise viva** .

2.1.1 Objetivos específicos

1. Avaliar a eficácia funcional das técnicas, considerando:
 - melhoras nos escores do Índice de Incapacidade de Oswestry (ODI) e da Escala Visual Analógica (VAS) para dor.
2. Comparar as taxas de complicações pós-operatórias, incluindo:
 - infecção;
 - lesão neurológica;
 - pseudartrose (no caso da fusão).
3. Analisar os desfechos relacionados à preservação do movimento segmentar e à progressão da degeneração adjacente.

3. MÉTODOS

3.1 Tipo do estudo

Este estudo consiste em uma **revisão sistemática e metanálise viva** da literatura comparando a artroplastia de disco lombar e a fusão lombar como intervenções cirúrgicas para o tratamento da dor lombar secundária à doença degenerativa.

Elencou-se a metanálise viva devido à evolução contínua das evidências na área e ao impacto potencial dessas técnicas para o manejo clínico e as decisões de políticas públicas.

3.1.1 Definição de metanálise viva

A metanálise viva é definida como uma revisão sistemática continuamente atualizada, integrando evidências relevantes à medida que se tornam disponíveis (Elliott *et al.*, 2017). Esse método foi planejado e executado seguindo as diretrizes estabelecidas pela *Cochrane* para revisões sistemáticas vivas, conforme detalhado no documento *Cochrane Living Systematic Reviews Guidance* (AKL *et al.*, 2017).

3.2 Protocolo da metanálise

3.2.1 Estratégias de busca e frequência

Realização de buscas mensais em bases de dados nucleares, incluindo PubMed, Embase, *Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL)* e registros de ensaios clínicos (ClinicalTrials.gov e *WHO ICTRP*).

3.2.2 Critérios de inclusão

(i) Estudos comparando diretamente artroplastia e fusão lombar em pacientes com dor lombar crônica devido à doença degenerativa lombar, (ii) com dados sobre eficácia clínica (ODI, VAS) ou complicações.

3.2.3 Critérios de exclusão

(i) Estudos não comparativos; (ii) estudos biomecânicos ou de simulação; (iii) estudos em línguas diferentes de inglês ou português; (iv) estudos que não possam ser acessados na íntegra; (v) revisões da literatura e Relatos de Caso.

3.2.4 Atualização das evidências

Período reanálise da literatura: a literatura será revisada de acordo com o mecanismo de busca proposto a cada três meses. Sendo incluídos os artigos que passarem nos critérios de inclusão e exclusão. Ademais, estudos incluídos que, eventualmente, venham a ser retratados serão excluídos da metanálise.

3.2.5 Coleta e extração dos dados

3.2.5.1 Triagem e extração de dados

- Triagem realizada por dois revisores independentes para identificar estudos elegíveis, com resolução de discordâncias por um terceiro revisor.
- Extração estruturada de dados utilizando o *software* CADMA para facilitar a colaboração e a gestão dos dados.
- A triagem será realizada em duas etapas: A primeira consiste na análise de título e resumo. Os artigos que passarem na primeira etapa serão avaliados na segunda etapa de análise do texto completo.

3.2.5.2 Extração dos dados

- Serão extraídos os seguintes dados dos artigos incluídos nos estudos: número de participantes, tipo de prótese, tipo de fusão, idade média dos participantes, patologias incluídas, VAS pré-operatório, VAS último acompanhamento, ODI pré-operatório, ODI último acompanhamento, complicações.
- Os artigos serão identificados por seu título, primeiro autor e ano de publicação.

- Caso um artigo possua duas populações ou grupos de interesse independentes da análise (Ex: 1 nível ou 2 níveis), o artigo será identificado por um hífen após o ID (Ex: “13-1”; “13-2”).
- Caso um artigo possua duas populações diferentes comparadas a uma população única (Ex: Charite vs ALIF, Prodisc-L vs. ALIF), serão utilizadas populações específicas para lidar com dados repetidos nas metanálises.

3.3 Aspectos éticos e declaração de transparência

O protocolo foi registrado no PROSPERO. Dados e métodos são relatados de forma transparente para garantir reprodutibilidade e minimizar vieses.

3.4 Análise de risco de viés e qualidade dos estudos

Para avaliar a qualidade dos artigos incluídos, duas ferramentas foram utilizadas: para Ensaio Clínico Randomizado, a ferramenta RoB-Risk2 da Fundação Cochrane, e a escala Newcastle Ottawa (NOS) para estudos de coorte prospectivos e retrospectivos.

3.5 Análise estatística

Planilharam-se dados com auxílio do programa Excel e analisados no *software* R (versão 4.2) com o pacote meta. Os resultados para variáveis contínuas serão apresentados como Diferenças Médias (MD) e para variáveis categóricas como Taxa de Risco (*Odds Ratio*).

A presença de viés nas análises será avaliada por meio de regressão de Eggers, em caso presença de viés significativo, será utilizado o método de “trim-fill” para ajustar o viés ao gerar resultados sintéticos para equilibrar a metanálise.

Todas as análises serão seguidas por teste de sensibilidade, *leave-one-out*, para avaliar o impacto de cada estudo individual sobre o tamanho do efeito da metanálise. Os resultados da análise de sensibilidade serão apresentados como um gráfico de pontos de *Cleveland*.

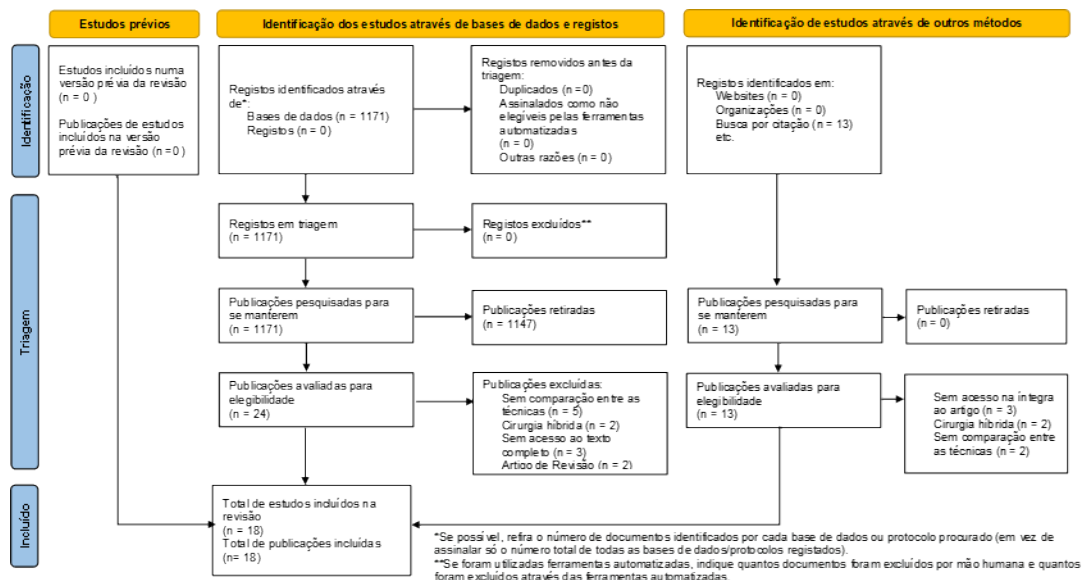
A heterogeneidade entre os estudos será avaliada por meio do teste estatístico Q de Cochran, e a heterogeneidade entre os estudos incluídos será avaliada por meio do teste qui-quadrado, com $p < 0,05$ indicando heterogeneidade. Na presença de heterogeneidade, o modelo de efeitos aleatórios será empregado, e, em outros casos, o modelo de efeitos fixos. Valores de p menores que 0,05 serão considerados significativos.

4. RESULTADOS

4.1 Estudos incluídos e dados básicos dos estudos

1184 estudos foram encontrados por meio do mecanismo de busca, e destes 37 (3%) passaram para a etapa de revisão de texto completa. Por fim, após a revisão dos textos completos, 18 (48%) artigos foram incluídos na revisão sistemática e metanálise (figura 1).

Figura 1 – fluxograma de inclusão de estudos, de acordo com a última versão do PRISMA



Traduzido por: Verónica Abreu*, Sónia Gonçalves-Lopes*, José Luís Sousa* e Verónica Oliveira / *ESS Jean Piaget - Vila Nova de Gaia - Portugal de: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

Fonte: Liberati *et al.*, 2009.

Nos casos de estudos envolvendo a mesma população e com o mesmo desfecho analisado (Ex: ODI), elencou-se o estudo com o tempo de acompanhamento mais longo, fato relativo, apenas, aos estudos identificados como A, na tabela 1, em que o estudo de 2007 foi preterido em lugar do estudo de 2012. Já nos estudos identificados como B, o estudo de 2011 foi preterido no cálculo de complicações. No estudo marcado como C, não houve necessidade de exclusão de nenhum estudo.

Na tabela 1, apresentam-se dados básicos de cada estudo incluído na metanálise (tabela 1).

Tabela 1 – dados básicos dos estudos incluídos

Amostra	Autor [Ano]	Patologias	TDR	Fusão	N TDR	N Fusão	Último FUP (Meses)
A	Zigler, Jack [2007](ZIGLER <i>et al.</i> , 2007)	Misto	Prodisc-L	ALIF	161	75	24
A	Zigler, Jack E [2012](ZIGLER; DELAMARTER, 2012)	Misto	Prodisc-L	ALIF	123	43	60
A	Zigler, Jack E [2012](ZIGLER; DELAMARTER, 2012)	Misto	Prodisc-L	ALIF	123	43	60
	Stubig, Timo [2018](STUBIG <i>et al.</i> , 2018)	Misto	Misto	ALIF	37	38	24
	Song, Junho [2022](SONG <i>et al.</i> , 2022)	Misto	Misto	ALIF	591	502	1
	Sköld, Caroline [2013](SKÖLD; TROPP; BERG, 2013)	Misto	Misto	Misto	80	72	60
	Shultz, Blake N [2018](SHULTZ <i>et al.</i> , 2018)	Misto	Misto	ALIF	1,801	255	1
	Rischke, Burkhard [2015](RISCH	Misto	Misto Viscoelástico	ALIF	48	131	15

Amostra	Autor [Ano]	Patologias	TDR	Fusão	N TDR	N Fusão	Último FUP (Meses)
	KE <i>et al.</i> , 2015)						
	Radcliff, Kris [2018](RADCLIFF <i>et al.</i> , 2018)	Misto	Misto	Misto	161	68	60
	Mattei, Tobias A [2017](MATTEI <i>et al.</i> , 2017)	DDD	Activ-L	ALIF	30	30	12
	Lee, Wei Ting [2015](LEE <i>et al.</i> ,)	DDD	Misto	TLIF	54	20	24
	Khalid, Syed I [2023](KHALID <i>et al.</i> , 2023)	DDD	Misto	ALIF	423	423	1
	Holt, Richard T [2007](HOLT <i>et al.</i> ,)	DDD	Charité	ALIF	205	99	24
B	Gornet, Matthew F [2019](GORN ET <i>et al.</i> , 2011)	DDD	Maveric k	ALIF	304	119	60
B	Gornet, Matthew F [2011](FRITZ ELL <i>et al.</i> , 2011)	DDD	Maveric k	ALIF	405	172	24
C	Fritzell, Peter [2011](FRITZ ELL <i>et al.</i> , 2011)	Misto	Misto	PLIF/P LF	80	72	24

Amostra	Autor [Ano]	Patologias	TDR	Fusão	N TDR	N Fusão	Último FUP (Meses)
	Eliasberg, Claire D [2016](ELIASBERG <i>et al.</i> , 2016)	DDD	Misto	Misto	2,415	50,462	60
C	Berg, Svante [2009](BERG <i>et al.</i> , 2009)	Misto	Misto	PLIF/PLF	80	72	24

Estudos com a mesma letra na coluna Amostra denotam estudos utilizando a mesma população. FUP = Período de Acompanhamento; N = Número de pacientes; TDR: Grupo de artroplastia.

Tabela 2 – sumário das variáveis incluídas no estudo

Variável	N TDR	N ALIF	Total
Complicações	6274	52173	58477
ODI	916	502	1418
VAS costas	398	386	784

4.2 Análise da qualidade dos estudos incluídos

A maioria dos estudos incluídos apresentou risco baixo a moderado de viés pela escala de ROB2. Já os estudos avaliados pela escala de Newcastle-Ottawa apresentaram uma mediana de 6 pontos, com resultados variando entre 3 e 7 (tabela 3).

Tabela 3 – classificações do risco de viés dos estudos incluídos na revisão. NOS: Escore Newcastle-Ottawa. RoB2: Risk of Bias 2

Autor [Ano]	NOS	RoB2
Zigler, Jack [2007]		Risco de Viés Moderado
Zigler, Jack E [2012]		Risco de Viés Moderado
Zigler, Jack E [2012]		Risco de Viés Moderado
Stubig, Timo [2018]	4	
Song, Junho [2022]	6	
Sköld, Caroline [2013]		Risco de Viés Moderado

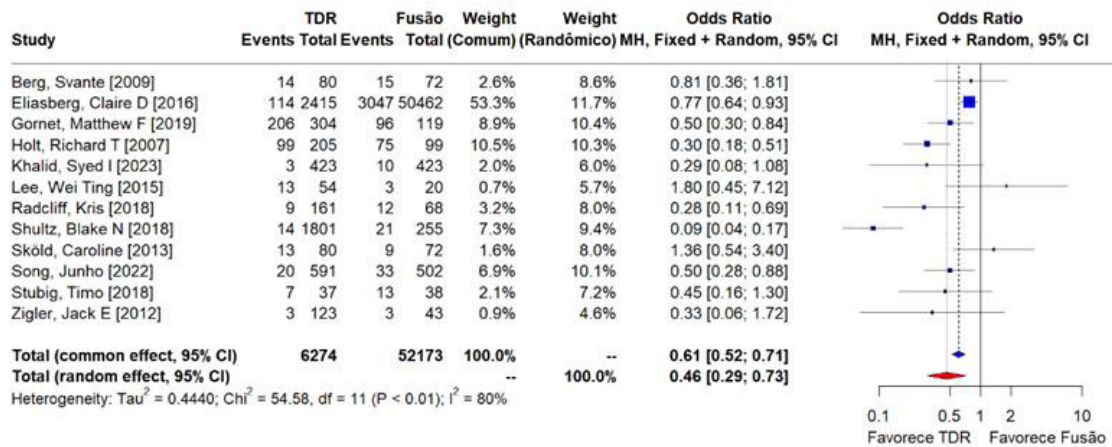
Autor [Ano]	NOS	RoB2
Shultz, Blake N [2018]	4	
Rischke, Burkhard [2015]	5	
Radcliff, Kris [2018]		
Mattei, Tobias A [2017]	5	
Lee, Wei Ting [2015]	4	
Khalid, Syed I [2023]	5	
Holt, Richard T [2007]		Risco de Viés Moderado
Gornet, Matthew F [2019]		Risco de Viés Moderado
Gornet, Matthew F [2011]		Risco de Viés Moderado
Fritzell, Peter [2011]		Pequeno Risco de Viés
Eliasberg, Claire D [2016]	3	
Berg, Svante [2009]		Pequeno Risco de Viés

4.3 Análise dos desfechos

4.3.1 Complicações

Quanto à ocorrência de complicações, 58447 pacientes foram incluídos, sendo 6274 no grupo TDR e 52173 no grupo fusão. Houve 3852 complicações com 515 complicações no grupo TDR e 3337 no grupo fusão. Não foi detectado viés significativo entre os estudos ($p = 0.12$), porém observou-se heterogeneidade significativa entre os estudos ($I^2 = 80\%$, $p = < 0.0001$), optando-se, assim, pelo modelo de efeitos randômicos. O efeito estimado foi de $OR = 0.46$ (95% CI = 0,29; 0,72, $z = -3.34$, $p = 0.0008$ (figura 2).

Figura 2 – *forest-plot* analisando a ocorrência de complicações entre a utilização de artroplastias (TDR) e fusão (TDR = Artroplastia)

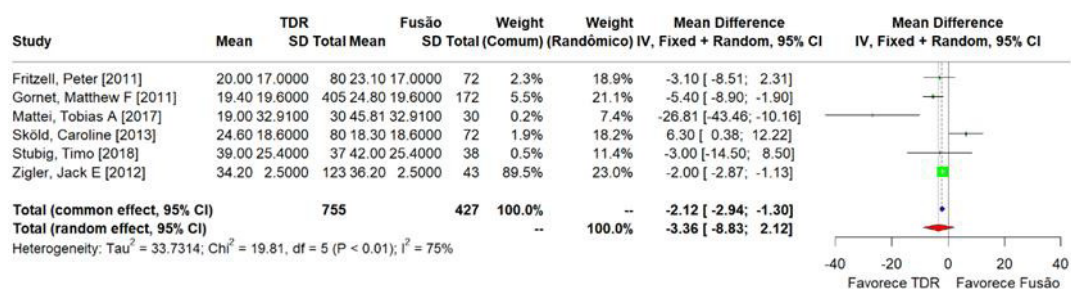


Fonte: Liberati *et al.*, 2009.

4.3.2 Oswestry disability index

Quanto ao escore de *Oswestry*, no último ponto de acompanhamento, incluíram-se 7 estudos, totalizando 1182 observações. Não foi detectado viés significativo entre os estudos ($p = 0.61$). No entanto, identificou-se heterogeneidade significativa entre os estudos ($I^2 = 74\%$, $p = 0.0014$), optando-se, assim, pelo modelo de efeitos randômicos. O efeito estimado foi de MD = -3,33 (95%CI = -8,83; 2,11, $z = -1,20$, $p = 0.22$) (figura 3).

Figura 3 – *forest-plot* analisando diferença de médias nos escores de ODI no último acompanhamento entre a utilização de artroplastias (TDR) e fusão (TDR = Artroplastia)



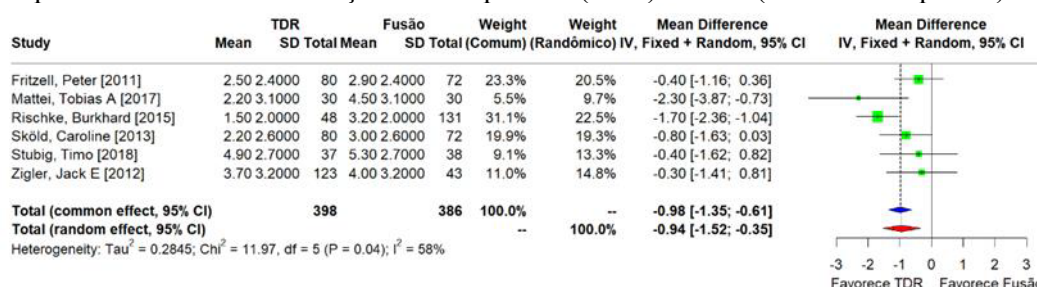
Fonte: Liberati *et al.*, 2009.

4.3.3 VAS back

Quanto ao escore de VAS costas no último ponto de acompanhamento, incluíram-se 6 estudos, totalizando 784 observações. Não foi detectado viés significativo entre os estudos

($p = 0.84$). No entanto, identificou-se heterogeneidade significativa entre os estudos ($I^2 = 58\%$, $p = 0,03$), optando-se, assim, pelo modelo de efeitos comuns. O efeito estimado foi de MD = -0,93 (95% CI = -1.52; -0.35, $z = -3.14$, $p = 0.0017$) (figura 4).

Figura 4 – *forest-plot* analisando diferença de médias nos escores de EVA costas no último acompanhamento entre a utilização de artroplastias (TDR) e fusão (TDR = Artroplastia)



Fonte: Liberati *et al.*, 2009.

4.3.4 Sumário dos efeitos e interpretação

Na tabela 3, apresenta-se o sumário e interpretação dos efeitos obtidos após a realização das análises (tabela 4).

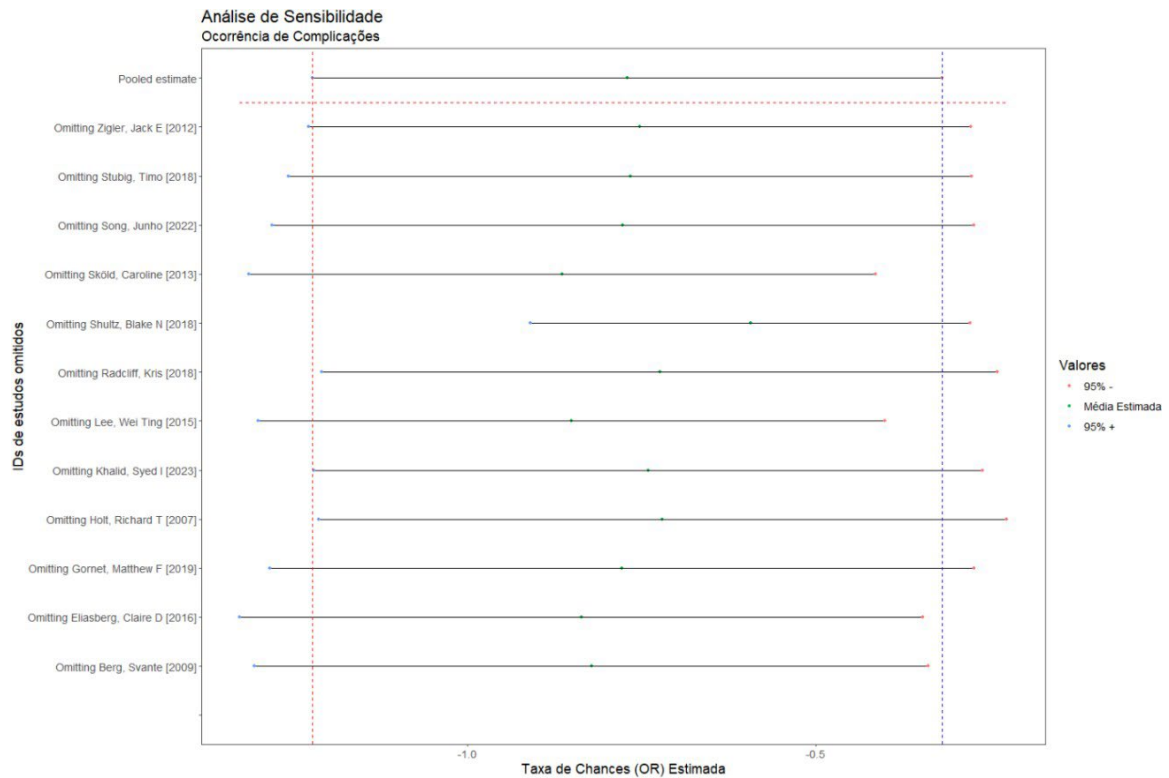
Tabela 4 – sumário dos efeitos e interpretação

Variável	Medida	Tamanho do Efeito	95% CI	p	Interpretação
Complicações	OR	0,46	0,29; 0,72	0,0008	Diferença significativa. Redução da ocorrência de complicações com uso de artroplastia
ODI	MD	-3,3	-8,83 ; 2,11	0,22	Sem diferença significativa entre as técnicas.
EVA Costas	MD	-0,9	-1,52 ; -0,35	0,00017	Diferença significativa. TDR apresenta redução de aproximadamente 1 ponto (0,93) em relação à fusão no último ponto de acompanhamento.

4.4 Análises de Sensibilidade (*Leave-one-Out*)

Ao realizar a análise de sensibilidade quanto ao desfecho de complicações, nota-se que há certo grau de variação do tamanho do efeito estimado, com valores variando entre -24% a 11% do valor original obtido. No entanto, mesmo nos cenários em que há mais variações, o tamanho do efeito não deixou de ser significativo (nenhum valor do intervalo de confiança superior ultrapassou a margem de 0) (figura 5).

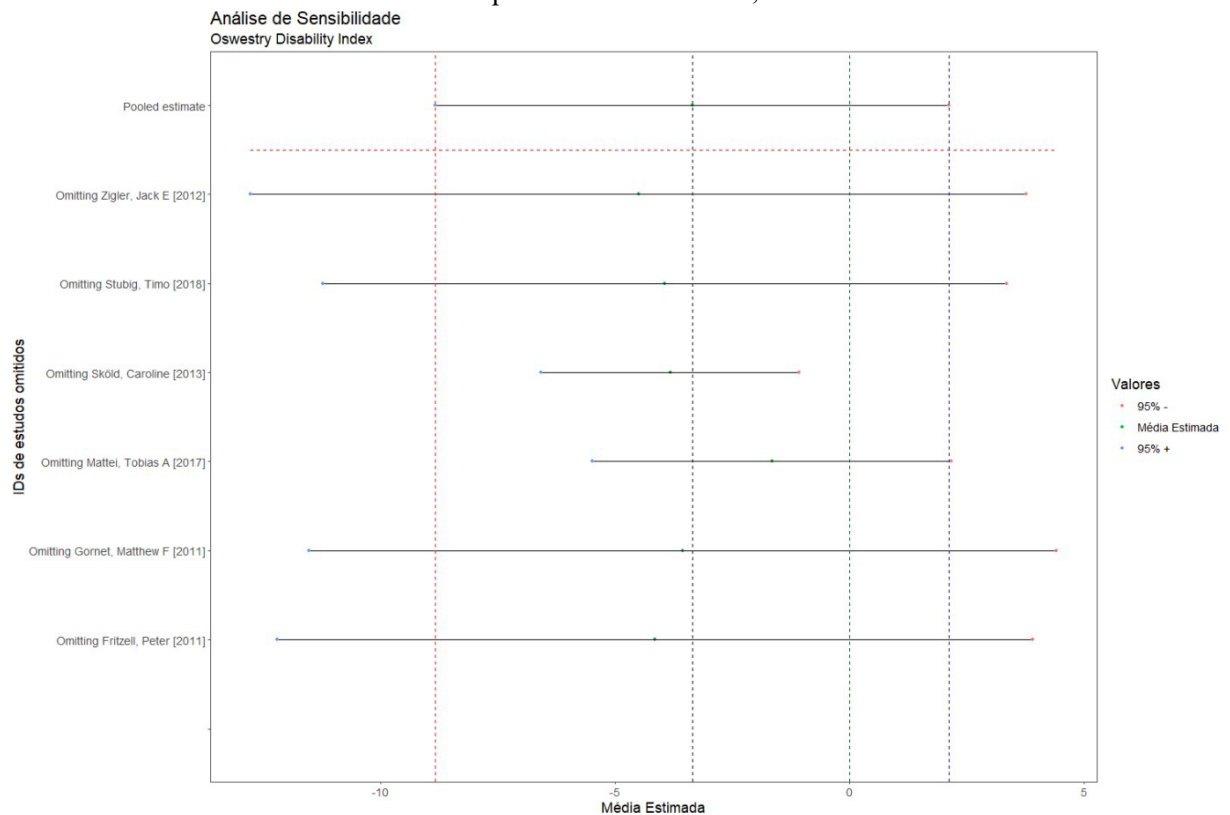
Figura 5 – gráfico de Cleveland demonstrando a variação entre o tamanho estimado do efeito com a retirada de cada estudo da análise



Fonte: Liberati *et al.*, 2009.

Quanto à análise do desfecho do ODI, os tamanhos de efeitos estimados ao se realizar a análise de *leave-one-out* apresentaram grande variação de -60% a 55%. No entanto, mesmo com esse elevado grau de variação, apenas no cenário de remoção do estudo de Sköld *et al.* (2013)(Sköld; Tropp; Berg, 2013), os valores de efeitos estimados apresentaram diferença estatisticamente significativa. Nos outros cenários, não houve diferença na interpretação dos resultados (figura 6).

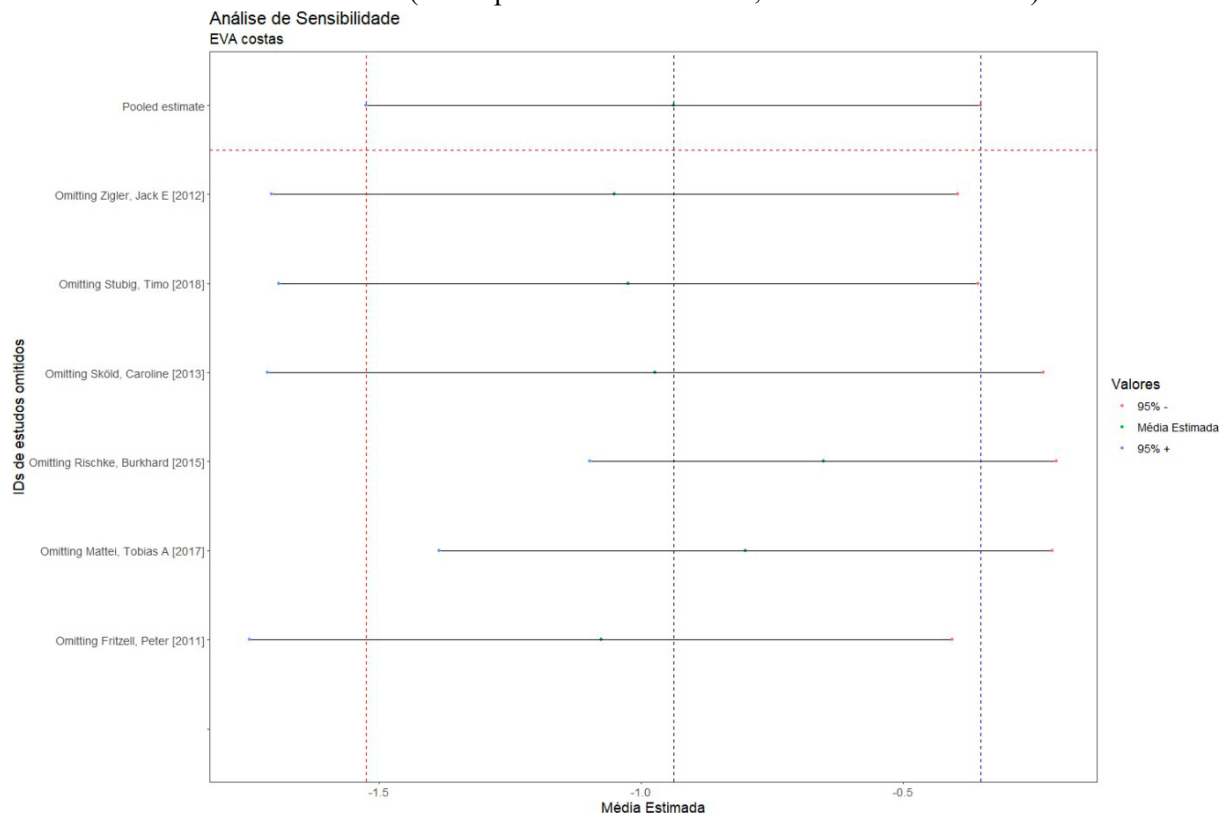
Figura 6 – gráfico de *Cleveland* demonstrando a variação entre o tamanho estimado do efeito com a retirada de cada estudo da análise. Linha preta: Efeito estimado; Linha Verde: Marco 0



Fonte: Liberati *et al.*, 2009.

Por fim, a análise dos escores de EVA costas. Mostraram variação similar a das complicações com variância no tamanho dos efeitos estimados entre -30% a 11%. De maneira similar, ao desfecho de complicações, não houve modificação na interpretação dos resultados em nenhum dos cenários (figura 7).

Figura 7 – gráfico de *Cleveland* demonstrando a variação entre o tamanho estimado do efeito com a retirada de cada estudo da análise (Linha preta: Efeito estimado; Linha Verde: Marco 0)



Fonte: Liberati *et al.*, 2009.

4.5 Avaliação da qualidade das evidências com a escala GRADE

Quanto a avaliação da qualidade das evidências sintetizadas para cada desfecho, foi utilizado o sistema GRADE, demonstrando-se que a qualidade da evidencia de todos os desfechos analisados foi considerada muito baixa.

Tabela 5 – artroplastia comparado a fusão para Degeneração Lombar em pacientes selecionados

Sumário de Resultados:

Artroplastia comparado a Fusão para Degeneração Lombar Em Pacientes Selecionados**paciente ou população:** Pacientes com degeneração lombar candidatos a receberem artroplastia ou fusão**Contexto:** Artroplastias lombares levam a menores riscos de complicação e a melhores desfechos clínicos?**Intervenção:** Artroplastia**Comparação:** Fusão

Desfecho Nº de participantes (estudos)	Efeito relativo (95% CI)	Efeitos absolutos potenciais (95% CI)			Certeza	O que acontece
		Fusão	Artroplastia	Diferença		
Complicações (Complicações) avaliado com: Taxa de Chances (OR) seguimento: OR 0.46 variação 1 meses (0.29 para 0.72) para 60 meses Nº de participantes: 58447 (12 estudos observacionais)		6.4%	3.0% (1.9 para 4.7)	3.3% menos (4,5 menos para 1,7 menos)	⊕○○○	Muito baixa ^a
Oswestry Disability Index (ODI) avaliado com: MD seguimento: variação 12 meses para 60 meses para 60 meses Nº de participantes: 1182 (6 estudos observacionais)			-	MD 3.3 pontos menor (8.8 menor para 2.1 mais alto)	⊕○○○	Muito baixa ^a

Sumário de Resultados:

Artroplastia comparado a Fusão para Degeneração Lombar Em Pacientes Seleccionados

paciente ou população: Pacientes com degeneração lombar candidatos a receberem artroplastia ou fusão

Contexto: Artroplastias lombares levam a menores riscos de complicação e a melhores desfechos clínicos?

Intervenção: Artroplastia

Comparação: Fusão

Desfecho Nº de participantes (estudos)	Efeito relativo (95% CI)	Efeitos absolutos potenciais (95% CI)			Certeza	O que acontece
		Fusão	Artroplastia	Diferença		
Escala Visual Analógica de dor nas Costas (EVA costas) avaliado com: MD seguimento: variação 12 - meses para 60 meses Nº de participantes: 784 (6 estudos observacionais)				MD 0.93 pontos menor (1.52 menor para 0.3 menor)	⊕○○○ Muito baixa ^a	

* **O risco no grupo de intervenção** (e seu intervalo de confiança de 95%) é baseado no risco assumido do grupo comparador e o **efeito relativo** da intervenção (e seu IC 95%).

CI: Intervalo de Confiança; **MD:** Diferença de Médias; **OR:** Taxa de Chances

a. Diversos estudos apresentam moderado risco de viés, quando estudos randomizados, e múltiplos estudos não randomizados apresentam baixos escores na escala NOS

5. DISCUSSÃO

5.1 Introdução geral aos resultados

A degeneração do disco lombar representa uma das principais causas de incapacidade funcional, sendo frequentemente tratada por meio de intervenções cirúrgicas como a fusão lombar e a Substituição Total de Disco (TDR)(Mobbs *et al.*, 2015; Zigler *et al.*, 2018a). A presente metanálise examinou, criticamente, as evidências disponíveis, comparando essas duas abordagens cirúrgicas com base em desfechos clínicos (Odi e Vas Back) e taxas de complicações. Os resultados apresentados contribuem para o debate contínuo sobre a eficácia e a segurança dessas intervenções, fornecendo dados valiosos para informar a prática clínica e a formulação de políticas de saúde.

5.2 Complicações

A análise das complicações incluiu um total de 6.016 pacientes, distribuídos igualmente entre os grupos de artroplastia Total de Disco (TDR) e fusão lombar, permitindo uma comparação robusta entre as duas técnicas. O cálculo do Odds Ratio (OR) indicou um valor de $OR = 0.46$ (95% CI = 0,29; 0,72, $z = -3.34$, $p = 0.0008$). No entanto, a análise apresentou grande heterogeneidade, sugerindo que outros fatores, como características demográficas ou características cirúrgicas, podem estar influenciando os resultados.

A variabilidade nos resultados entre os estudos ao longo do tempo reflete influências importantes, como a curva de aprendizado cirúrgico, a evolução dos materiais implantáveis e o aperfeiçoamento dos critérios de seleção dos pacientes. Estudos realizados nos primeiros anos de adoção dessas técnicas, entre 2007 e 2014, não apresentaram diferença na taxa de complicações entre os grupos indicando uma maior incerteza e variação nos resultados iniciais.(Rao; Cao, 2014; Wei *et al.*, 2013) Por outro lado, os estudos mais recentes, como os realizados em 2018 e 2022, revelam maior consistência nos desfechos. Os estudos apresentam dados favorecendo, ligeiramente, a TDR, sugerindo que o avanço técnico e a maior experiência clínica podem ter contribuído para melhores resultados dessa técnica ao longo do tempo (Lang *et al.*, 2021; Mu *et al.*, 2018).

A tendência observada nos resultados de estudos sobre técnicas cirúrgicas de tratamento para doenças da coluna vertebral ao longo dos anos pode ser atribuída a diversos fatores críticos, que incluem a curva de aprendizado dos cirurgiões, a evolução dos materiais

utilizados em implantes e o refinamento nos critérios para seleção de pacientes. Esses elementos são interdependentes e cada um contribui significativamente para a redução das taxas de complicações e melhoria dos resultados clínicos (Garcia *et al.*, 2022; Guyer *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2019).

A técnica cirúrgica para a implantação de dispositivos como próteses de disco tem evoluído substancialmente. Inicialmente, a curva de aprendizado era uma variável crítica, com cirurgiões no início de sua experiência enfrentando desafios significativos relacionados à complexidade dos procedimentos. Com o tempo, o desenvolvimento de programas de treinamento especializado e o aumento no número de procedimentos realizados contribuíram para uma maior habilidade e precisão cirúrgica (Echevarria *et al.*, 2024; Foreman *et al.*, 2024). Estudos mostram que a experiência do cirurgião está diretamente correlacionada com a redução de complicações intra e pós-operatórias, como infecções, mal posicionamento de implantes e danos a estruturas nervosas adjacentes (Wu *et al.*, 2024).

Paralelamente à habilidade cirúrgica, a evolução dos materiais utilizados nos implantes desempenha um papel crucial. Os materiais modernos, como ligas de titânio e polímeros de alta performance, oferecem maior biocompatibilidade e durabilidade, reduzindo o risco de rejeição e falha mecânica. A integração de tecnologias como revestimentos bioativos e designs personalizados, que se adaptam melhor à anatomia individual do paciente, também ajudam a minimizar o desgaste e a degradação ao longo do tempo. Esses avanços materiais resultam em menor incidência de complicações relacionadas ao desgaste do implante, inflamação local e subsequente necessidade de revisões cirúrgicas (Mamdouhi *et al.*, 2024; Song *et al.*, 2023).

Além das habilidades técnicas e dos avanços nos materiais, a seleção adequada de pacientes é fundamental para o sucesso de procedimentos cirúrgicos. A identificação precisa das condições que melhor respondem a tratamentos específicos como a artroplastia discal versus fusão lombar impacta diretamente nos resultados. A seleção criteriosa de pacientes, que considera fatores como idade, nível de atividade, saúde óssea e condições pré-existentes, é crucial. Estudos demonstram que pacientes corretamente selecionados para artroplastia tendem a apresentar melhores resultados funcionais e menores taxas de complicações. Isso se deve ao fato de que as características biomecânicas individuais e as expectativas de recuperação são mais bem alinhadas às capacidades oferecidas pelo procedimento (Pimenta *et al.*, 2018; Zigler *et al.*, 2022).

Os resultados ressaltam um contraste biomecânico relevante entre as técnicas. A fusão lombar, ao eliminar a mobilidade intersegmentar, redistribui forças biomecânicas para os

segmentos adjacentes, frequentemente resultando na degeneração acelerada desses níveis, conhecida como DALD (Degeneration Adjacent Level Disease). Essa complicação é bem documentada na literatura, como relatado por Zigler *et al.* (2012), que demonstrou que a fusão pode amplificar tensões mecânicas, gerando complicações a médio e longo prazo. Por outro lado, a TDR preserva a mobilidade segmentar, reduzindo a sobrecarga mecânica nos níveis adjacentes e mitigando o risco de degeneração secundária. O estudo de 2022, que apresentou resultados mais favoráveis para a TDR, reflete essa possível vantagem em termos biomecânicos (Zigler; Delamarter, 2012).

Estudos como o de sugerem que a TDR pode estar associada a menores taxas de reoperação em comparação à fusão lombar. As reoperações na fusão frequentemente decorrem de complicações mecânicas, como pseudartrose, desalinhamentos ou progressão da doença nos segmentos adjacentes, exigindo intervenções adicionais (Lang *et al.*, 2021). Em contrapartida, os principais motivos de reoperação na TDR estão relacionados ao desgaste ou falhas dos implantes, o que representa um desafio em termos de durabilidade da prótese. Essa diferença no perfil das complicações destaca a importância de uma seleção criteriosa do procedimento com base nas características específicas do paciente e nas expectativas de longo prazo (Eliasberg *et al.*, 2016).

Os resultados mais recentes, que favorecem ligeiramente a TDR, refletem avanços significativos nas tecnologias de implantes, como materiais mais duráveis e menos suscetíveis a desgaste, bem como maior refinamento na seleção dos pacientes. Esses avanços têm beneficiado, principalmente, indivíduos mais jovens, com degeneração discal isolada e sem instabilidades estruturais significativas. Ainda assim, a fusão lombar permanece indispensável para pacientes com deformidades avançadas ou instabilidades graves, em que a estabilização rígida é necessária.

Os achados deste estudo corroboram as evidências de Zigler *et al.* (2012), que documentaram uma maior propensão à degeneração adjacente em pacientes submetidos à fusão lombar, enquanto a TDR preservou melhor a biomecânica global da coluna (Zigler; Delamarter, 2012). Radcliff *et al.* (2018) confirmaram que ambas as técnicas apresentam taxas de complicações gerais semelhantes, mas destacaram a TDR como vantajosa na redução da progressão de degeneração adjacente (Radcliff *et al.*, 2018). De forma semelhante, Forsth *et al.* (2016) enfatizaram que a fusão é uma escolha eficaz para estabilização em casos de deformidades ou instabilidades graves, mas que a TDR oferece benefícios claros em pacientes selecionados com demandas biomecânicas específicas (Försth *et al.*, 2016).

O progresso técnico e o aprimoramento clínico têm consolidado a TDR como uma opção viável e promissora para subgrupos específicos de pacientes, especialmente aqueles que priorizam a preservação da mobilidade segmentar e menor sobrecarga biomecânica em níveis adjacentes. Esses resultados reforçam a importância de estudos futuros para explorar melhor os benefícios e limitações de ambas as abordagens em diferentes contextos clínicos, bem como a necessidade de maior padronização metodológica e inclusão de métricas mais abrangentes de avaliação.

5.3 Oswestry Disability Index (ODI)

A análise do **Índice de Incapacidade de Oswestry (ODI)** incluiu um total de 759 observações provenientes de cinco estudos, abrangendo grupos tratados com Artroplastia Total de Disco (TDR) e fusão lombar. A Diferença Média (*Mean Difference, MD*) entre os dois grupos foi de MD = -3,33 (95%CI = -8,83; 2,11, z = -1,20, p = 0.22) no modelo de efeitos randômicos. Ademais, evidenciou-se grande heterogeneidade entre os estudos, tornando complexa a real identificação de um efeito comum para os resultados.

Embora o Índice de Incapacidade de Oswestry (ODI) seja extensivamente empregado para avaliar a incapacidade funcional em pacientes submetidos a procedimentos ortopédicos, suas limitações em capturar nuances funcionais específicas tornam-se evidentes, especialmente em contextos em que a preservação da mobilidade e a qualidade do movimento são cruciais. Enquanto o ODI é eficaz na quantificação do grau de incapacidade e restrição nas atividades diárias causadas por condições lombares, ele não possui a sensibilidade requerida para discernir as melhorias qualitativas na biomecânica que procedimentos como a Artroplastia Total de Disco (TDR) podem proporcionar (Balain *et al.*, 2013; Fairbank; Pynsent, 2000).

Essa lacuna na capacidade de avaliação do ODI se destaca, particularmente, em pacientes jovens ou altamente ativos, para quem a mobilidade e a qualidade do movimento são componentes essenciais de um estilo de vida saudável e produtivo. Nesses indivíduos, a manutenção da dinâmica espinhal não é apenas uma preferência clínica, mas uma exigência para o pleno desempenho em suas atividades cotidianas e profissionais. A TDR, ao preservar a função biomecânica da coluna vertebral, oferece benefícios que, embora significativos, podem não ser completamente refletidos através dos scores tradicionais do ODI. Portanto, a eficácia dessas intervenções, quando medida, exclusivamente, por essa métrica, pode subestimar os verdadeiros benefícios percebidos pelos pacientes em termos de agilidade e conforto durante o movimento (Smeets *et al.*, 2011).

A heterogeneidade substancial observada na metanálise sugere que variáveis metodológicas e contextuais desempenham um papel crucial para a interpretação dos resultados. Diferenças nos tempos de seguimento entre os estudos analisados podem explicar parte dessa variabilidade, uma vez que a recuperação funcional após cirurgia da coluna pode ocorrer em ritmos diferentes, dependendo de fatores como a técnica utilizada, o perfil do paciente e a gravidade da condição inicial. Além disso, características dos pacientes, como idade, comorbidades e nível de atividade física, podem influenciar os escores de ODI e contribuir para as inconsistências observadas entre os estudos. Da mesma forma, as variações nos implantes utilizados, bem como nas técnicas cirúrgicas e na experiência dos cirurgiões, podem impactar os desfechos funcionais. Por exemplo, implantes de TDR mais recentes, com maior durabilidade e menor risco de desgaste, podem estar associados a melhores resultados funcionais, o que, por sua vez, pode explicar a maior neutralidade nos efeitos observados em estudos mais recentes.

No contexto da literatura existente, os achados dessa análise estão alinhados com os de Forsth *et al.* (2016), que documentaram resultados funcionais semelhantes entre TDR e fusão lombar, mas destacaram a TDR como uma opção preferencial para pacientes jovens e sem deformidades estruturais significativas (Försth *et al.*, 2016).

5.4 VAS Back (escala visual de dor)

A análise do escore **VAS Back** revelou uma diferença média de MD = -0,93 (95% CI = -1.52; -0.35, $z = -3.14$, $p = 0.0017$). Esses resultados indicam que a TDR proporciona uma redução estatisticamente significativa da dor lombar em relação à fusão lombar, com impacto clínico relevante para pacientes que priorizam o alívio da dor. Ademais, notou-se moderada variabilidade entre os estudos ($I^2 = 58\%$). Essa moderada variabilidade sugere permite uma maior confiança nos efeitos obtidos no presente estudo, apesar de ser necessário uma investigação mais profunda das possíveis razões dessas variações.

Do ponto de vista biomecânico, a superioridade da TDR em reduzir a dor pode ser atribuída à preservação da mobilidade no segmento tratado, o que minimiza a redistribuição de cargas para níveis adjacentes. Em contraste, a fusão lombar, ao eliminar o movimento intersegmentar, gera alterações biomecânicas que frequentemente resultam em tensões compensatórias nos níveis adjacentes, predispondo-os à degeneração acelerada e potencialmente agravando a dor lombar a médio e longo prazo. Essa dinâmica já foi bem documentada na literatura, como nos estudos de Zigler *et al.* (2012) e Radcliff *et al.* (2018),

que associaram a fusão lombar a elevadas taxas de degeneração dos segmentos adjacentes, complicação que pode intensificar a dor e comprometer os resultados clínicos (Försth *et al.*, 2016; Radcliff *et al.*, 2018).

A relevância clínica dessa redução na dor também se estende ao impacto no manejo farmacológico de longo prazo. A TDR, ao oferecer um alívio mais efetivo da dor, pode contribuir para a redução do uso prolongado de analgésicos, incluindo opioides. Isso é especialmente significativo no contexto atual, em que o abuso de opioides representa uma crise de saúde pública em diversas regiões do mundo. Estudos prévios sugerem que pacientes submetidos à TDR apresentam menor necessidade de analgesia contínua em comparação àqueles tratados com fusão lombar, o que não apenas melhora a qualidade de vida, mas também reduz os riscos associados ao uso prolongado de opioides, como dependência, eventos adversos e impacto socioeconômico (Braxton *et al.*, 2019; Gornet *et al.*, 2017).

Além disso, a diferença observada no VAS Back, embora moderada em magnitude, é estatisticamente e clinicamente significativa, sobretudo para pacientes cujo principal objetivo é o alívio da dor como forma de restaurar a funcionalidade e melhorar a qualidade de vida. No entanto, é preciso notar que essa diferença não é tida como clinicamente significativa segundo a literatura, que sugere ao menos uma mudança de 2 pontos para que seja considerada significância clínica (Ostelo; De Vet, 2005).

No entanto, essa pequena diferença pode ainda ser perceptível para pacientes. Esse fenômeno pode ser explicado pela natureza cumulativa das pequenas vantagens no manejo da dor e da mobilidade, que frequentemente contribuem para melhorias progressivas e significativas na qualidade de vida dos indivíduos afetados, tendo em vista que esses indivíduos tendem a apresentar mais rápida mobilização e retorno a atividades do dia a dia (Bansal; Sharan; Garg, 2022; Epstein, 2014; McGregor *et al.*, 2010).

Além disso, do ponto de vista clínico, tais avanços, embora modestos numericamente, podem indicar a eficácia de uma intervenção específica, sugerindo que a abordagem terapêutica adotada está alinhada com as necessidades biomecânicas e fisiológicas do paciente. Esta é uma consideração crucial em tratamentos que visam não apenas aliviar a dor, mas também restaurar e preservar a função, aspectos que são vitais para a autonomia e a qualidade de vida de indivíduos com condições crônicas de saúde. Portanto, é essencial que os resultados de intervenções médicas em contextos crônicos sejam interpretados com uma compreensão profunda de seu impacto potencial na vida diária dos pacientes. Assim, uma redução aparentemente modesta nos indicadores de avaliação pode, de fato, representar uma

melhoria significativa na capacidade funcional e na gestão global da condição crônica, ressaltando a importância de uma análise holística dos desfechos clínicos.

Esses resultados reforçam a importância da escolha criteriosa entre TDR e fusão lombar, considerando não apenas a eficácia global de cada técnica, mas também as necessidades e prioridades individuais dos pacientes. A TDR, ao oferecer vantagens no alívio da dor e na preservação biomecânica, pode ser considerada uma alternativa clinicamente relevante para pacientes em busca de uma solução que minimize o impacto funcional da dor crônica e reduza a dependência farmacológica de longo prazo (Gornet *et al.*, 2017; Zigler *et al.*, 2022).

5.5 Análise integrada dos resultados

A análise integrada desses três aspectos revela um padrão interessante: enquanto as complicações são equivalentes em termos gerais e a funcionalidade não apresenta diferenças estatisticamente significativas, a TDR mostra uma vantagem clara no alívio da dor, destacando-se como uma opção mais alinhada às necessidades de pacientes que priorizam redução da dor e preservação da mobilidade. Essa vantagem é particularmente relevante em pacientes jovens ou com degeneração discal isolada, em que a capacidade de preservar a dinâmica funcional da coluna pode evitar complicações de longo prazo e reduzir a dependência de analgésicos, especialmente opioides, cujos riscos são amplamente documentados.

Os resultados também levantam questões importantes sobre as limitações metodológicas dos estudos incluídos. A elevada heterogeneidade nos resultados do ODI aponta para a necessidade de maior padronização nos critérios de inclusão, tempos de seguimento e métodos de avaliação funcional. Além disso, o impacto desproporcional de estudos individuais, como o de 2012 no ODI, ressalta a importância de metodologias mais equilibradas em metanálises futuras.

Essa análise integrada reflete a complexidade inerente à comparação entre TDR e fusão lombar, evidenciando que as escolhas terapêuticas devem ser individualizadas com base nas necessidades específicas dos pacientes. Enquanto ambas as técnicas são comparáveis em segurança e funcionalidade global, a TDR demonstra um perfil favorável em termos de dor e preservação biomecânica, destacando seu potencial como uma alternativa mais moderna e eficaz para subgrupos específicos de pacientes. Esses achados reforçam a necessidade de estudos futuros que avaliem desfechos em longo prazo, com métricas mais abrangentes e centradas no paciente, permitindo uma compreensão mais precisa das implicações clínicas e biomecânicas de cada técnica.

5.6 Limitações do Estudo

Apesar da robustez metodológica empregada nesta pesquisa, algumas limitações devem ser reconhecidas e contextualizadas, especialmente no que se refere à heterogeneidade dos estudos incluídos, à aplicabilidade dos achados na realidade brasileira e às limitações inerentes à metodologia de metanálise viva. Essas restrições não invalidam os achados, mas devem ser consideradas na interpretação dos resultados e na extrapolação para a prática clínica.

5.6.1. Heterogeneidade metodológica e clínica dos estudos incluídos

Uma das principais limitações desta pesquisa está na significativa heterogeneidade dos estudos analisados. Embora a metanálise viva tenha permitido a incorporação contínua de novos dados, os estudos primários incluídos variaram amplamente em aspectos metodológicos cruciais, como critérios de inclusão dos pacientes, técnicas cirúrgicas empregadas, tempo de seguimento e desfechos avaliados. A fusão lombar pode ser realizada por diferentes abordagens (ALIF, PLIF, TLIF, entre outras), cada uma com implicações biomecânicas distintas. Da mesma forma, a artroplastia de disco utiliza diversos modelos de próteses, com variações no design, material e biomecânica, o que pode influenciar os resultados clínicos. Essa diversidade metodológica limita a capacidade de estabelecer comparações diretas entre os procedimentos e pode introduzir vieses que dificultam a generalização dos achados. Para mitigar essa limitação, foram aplicadas técnicas estatísticas, como modelos de efeitos aleatórios, análises de sensibilidade e avaliação de vieses de publicação. No entanto, a heterogeneidade clínica persiste como um fator a ser considerado na interpretação dos resultados, especialmente no que se refere à aplicabilidade para diferentes perfis de pacientes.

5.6.2. Restrição na disponibilidade de dados de longo prazo

Embora a metanálise tenha incluído estudos com tempos de seguimento variados, a disponibilidade de dados sobre desfechos em longo prazo, ainda, é limitada, especialmente para a artroplastia de disco. A fusão lombar tem sido amplamente estudada por décadas, com um volume significativo de pesquisas sobre sua durabilidade e complicações tardias, como a degeneração do segmento adjacente. Em contrapartida, a artroplastia de disco, apesar de promissora, ainda carece de um número substancial de estudos com seguimentos superiores a

10 ou 15 anos, o que restringe a capacidade de avaliar a durabilidade das próteses e a necessidade de reoperações ao longo da vida do paciente.

A longevidade dos implantes é um fator crítico na tomada de decisão clínica. Estudos biomecânicos sugerem que o desgaste da prótese e o potencial para falhas mecânicas, como lise óssea e soltura do implante, podem se tornar preocupações relevantes em períodos prolongados. Assim, apesar dos benefícios observados da artroplastia na preservação da mobilidade e na redução da degeneração adjacente, a incerteza quanto à sua durabilidade deve ser considerada, especialmente para pacientes jovens, que podem necessitar de revisões futuras.

5.6.3. Aplicabilidade no contexto brasileiro

Outro aspecto a ser destacado é a aplicabilidade dos achados ao contexto brasileiro. A maioria dos estudos incluídos na metanálise foi conduzida em países desenvolvidos, onde o acesso a tecnologias avançadas, infraestrutura hospitalar e capacitação cirúrgica são mais disseminados. No Brasil, barreiras como custos elevados da artroplastia, restrições na incorporação de novas tecnologias ao Sistema Único de Saúde (SUS) e a disponibilidade limitada de treinamento especializado para a realização do procedimento dificultam a adoção generalizada da técnica. A análise de custo-efetividade da artroplastia em comparação à fusão lombar ainda é incipiente em países de média e baixa renda. Embora a artroplastia possa apresentar menor necessidade de reoperações e redução do impacto econômico relacionado à incapacidade laboral, seus custos iniciais mais elevados e a falta de uma estrutura ampla para reabilitação pós-operatória podem limitar sua implementação no Brasil. Dessa forma, estudos futuros devem considerar a análise econômica específica para o país, considerando não apenas os custos diretos do procedimento, mas também o impacto econômico em longo prazo.

5.6.4. Limitações inerentes à metodologia de metanálise viva

Embora a metanálise viva represente um avanço metodológico significativo, sua aplicação também apresenta desafios e limitações. A principal vantagem dessa abordagem é a capacidade de atualização contínua das evidências, permitindo que novas pesquisas sejam incorporadas em tempo real. No entanto, a integração dinâmica de novos estudos pode introduzir variabilidades nos resultados ao longo do tempo, exigindo ajustes constantes na interpretação dos achados.

Além disso, a necessidade de revisões frequentes dos bancos de dados e a triagem contínua dos estudos demandam um rigor metodológico elevado, que pode ser desafiador na prática. O risco de inclusão de estudos com viés metodológico também é maior, especialmente quando novas publicações ainda não passaram por um período suficiente de escrutínio acadêmico. Para minimizar esse impacto, foram utilizadas ferramentas robustas de avaliação da qualidade dos estudos, como a escala GRADE e a ferramenta RoB 2 da Cochrane, mas a necessidade de refinamento contínuo dessa metodologia deve ser reconhecida.

5.6.5. Variabilidade na definição de desfechos clínicos

Por fim, a variabilidade na definição e na mensuração dos desfechos clínicos entre os estudos analisados representa um fator limitante. Apesar do uso de métricas padronizadas, como o Oswestry Disability Index (ODI) e a Escala Visual Analógica (VAS), diferentes estudos aplicaram esses instrumentos em momentos distintos do seguimento, com critérios de avaliação heterogêneos. Além disso, poucos estudos incluíram desfechos centrados no paciente, como qualidade de vida e retorno às atividades diárias, que são aspectos essenciais na escolha entre os procedimentos. A padronização dos desfechos clínicos e a inclusão de métricas mais abrangentes, como índices de custo-efetividade e satisfação dos pacientes, são essenciais para aprimorar futuras investigações. O desenvolvimento de diretrizes metodológicas mais rigorosas para a condução de ensaios clínicos na área da cirurgia de coluna vertebral pode contribuir para uma maior uniformização dos dados e para uma melhor aplicabilidade dos resultados na prática clínica.

5.7 Implicações para o sistema de saúde brasileiro

O impacto socioeconômico da dor lombar no Brasil é inegável, consolidando-se como a principal causa de Anos Vividos com Incapacidade (YLDs) no país, refletindo não apenas na saúde individual, mas também em perdas significativas para o sistema de saúde e para a produtividade econômica nacional (De David *et al.*, 2020; Defino; Lewandrowski, 2023). Embora intervenções cirúrgicas, como a Artroplastia Total de Disco (TDR), representem avanços promissores no manejo dessa condição, a implementação dessa tecnologia enfrenta barreiras estruturais e financeiras consideráveis. O custo inicial da TDR, significativamente superior ao da fusão lombar, limita sua adoção no cenário público e privado. Contudo, análises econômicas mais abrangentes sugerem que os custos indiretos associados à TDR, como menor

tempo de reabilitação, redução da necessidade de reoperações e menor dependência de tratamentos paliativos em longo prazo, podem não apenas equilibrar o investimento inicial, mas, inclusive, resultar em economia significativa ao longo do tempo. Esse benefício econômico em perspectiva longitudinal destaca a importância de considerar não apenas o custo imediato, mas também o impacto em médio e em longo prazo para a qualidade de vida do paciente, e a sustentabilidade dos sistemas de saúde (Bansal; Sharan; Garg, 2022; Stubig *et al.*, 2018).

Além da questão financeira, desafios relacionados à infraestrutura e à capacitação técnica dos profissionais são críticos para a expansão do uso da TDR no Brasil. A realização dessa técnica exige não apenas materiais e dispositivos de alta tecnologia, mas também treinamento especializado dos cirurgiões e equipes multidisciplinares. Muitas regiões brasileiras, ainda, carecem de recursos básicos para procedimentos avançados, e a disparidade no acesso a cuidados especializados aprofunda as desigualdades no tratamento da dor lombar.

Essa limitação estrutural restringe a TDR a centros de excelência, deixando grande parte da população dependente de técnicas mais convencionais, como a fusão lombar, mesmo em casos em que a TDR seria uma opção clinicamente superior (Guimarães, 2014; Pimentel *et al.*, 2023).

Portanto, para expandir o acesso à TDR no Brasil, são necessárias estratégias de saúde pública que integrem esforços econômicos e educacionais. A criação de programas nacionais de capacitação cirúrgica em TDR, associados a investimentos em infraestrutura hospitalar e políticas de subsídio ou financiamento para aquisição de dispositivos, pode ser um caminho viável para mitigar as barreiras atuais. Além disso, estudos locais que avaliem a custo-efetividade da TDR em contextos brasileiros são essenciais para fundamentar decisões políticas e otimizar a alocação de recursos. A integração da TDR em protocolos nacionais de manejo da dor lombar, sustentada por políticas públicas robustas, pode não apenas reduzir o impacto socioeconômico dessa condição, mas também melhorar, significativamente, os desfechos clínicos e a qualidade de vida dos pacientes brasileiros.

6. CONCLUSÃO

A presente tese proporcionou uma análise aprofundada e inovadora sobre a eficácia comparativa da Artroplastia Total de Disco (TDR) e da fusão lombar no tratamento da degeneração do disco lombar, uma das principais causas de dor crônica e incapacidade funcional no Brasil e no mundo. Por meio de uma metanálise viva, abordagem metodológica dinâmica e sem precedentes no estudo dessas intervenções, foi possível acompanhar a evolução das evidências científicas de maneira contínua, reduzindo o impacto das limitações das revisões sistemáticas tradicionais, que frequentemente se tornam obsoletas devido à rápida produção de novos estudos. Esse diferencial metodológico confere maior precisão aos achados, aumentando a aplicabilidade dos resultados tanto para a prática clínica quanto para a formulação de políticas de saúde.

Os resultados desta pesquisa demonstraram que, enquanto ambas as técnicas apresentam eficácia na redução da dor e na melhoria funcional dos pacientes, a TDR se destacou por preservar a mobilidade segmentar e reduzir a sobrecarga em níveis adjacentes. Essa preservação biomecânica pode representar um fator decisivo na prevenção da degeneração acelerada de segmentos próximos, um dos desafios clínicos mais relevantes para pacientes submetidos à fusão lombar. No entanto, a fusão continua sendo a técnica de escolha em casos de instabilidade vertebral severa ou deformidades estruturais complexas, em que a necessidade de estabilização supera os benefícios da manutenção do movimento.

Do ponto de vista metodológico, o uso da metanálise viva não apenas permitiu a integração dinâmica de novas evidências ao longo do tempo, mas também revelou nuances na evolução das técnicas cirúrgicas, na curva de aprendizado dos cirurgiões e na sofisticação dos materiais implantáveis. O acompanhamento contínuo dos estudos demonstrou que a experiência acumulada pelos cirurgiões e o aperfeiçoamento das próteses influenciam, diretamente, os desfechos clínicos, o que reforça a importância de abordagens adaptativas na avaliação de novas tecnologias cirúrgicas. Além disso, a identificação de uma redução progressiva nas complicações da TDR ao longo dos anos sugere que essa técnica pode se tornar uma alternativa cada vez mais viável, especialmente para populações jovens e ativas, que se beneficiam da manutenção da mobilidade lombar.

Os achados desta tese possuem implicações diretas na tomada de decisão clínica, sugerindo que a escolha entre fusão lombar e TDR deve ser personalizada, levando em conta não apenas os achados radiológicos e biomecânicos, mas também as necessidades individuais dos pacientes. A possibilidade de manter a mobilidade vertebral e reduzir a degeneração de

segmentos adjacentes faz da TDR uma alternativa atrativa para pacientes com estilos de vida ativos, enquanto a fusão lombar continua sendo a melhor opção para quadros de instabilidade estrutural significativa.

Além disso, do ponto de vista econômico, os custos iniciais mais elevados da TDR são frequentemente citados como uma barreira à sua adoção em larga escala. Entretanto, análises de custo-efetividade devem considerar o impacto de longo prazo da fusão lombar, incluindo taxas mais elevadas de reoperações, uso contínuo de analgésicos e impacto na qualidade de vida dos pacientes. No Brasil, onde os recursos em saúde são limitados e a demanda por cirurgias de coluna é crescente, uma avaliação criteriosa das vantagens e desafios da TDR é essencial para guiar decisões sobre investimentos na incorporação de novas tecnologias.

O principal diferencial desta pesquisa foi a utilização da metanálise viva como ferramenta de síntese do conhecimento em um campo de rápida evolução. Essa abordagem não apenas oferece um panorama atualizado e dinâmico das evidências disponíveis, mas também estabelece um novo paradigma metodológico para revisões sistemáticas na área da cirurgia de coluna. O uso de técnicas estatísticas avançadas para integrar continuamente novos estudos fortalece a validade dos achados e permite que clínicos e formuladores de políticas públicas tomem decisões baseadas nos dados mais recentes.

Além disso, esta tese preenche uma lacuna crítica na literatura ao fornecer uma visão abrangente e metodologicamente rigorosa sobre a comparação entre fusão lombar e TDR, contribuindo para o aprimoramento das diretrizes clínicas e para a otimização das práticas cirúrgicas. O impacto dessa pesquisa transcende o ambiente acadêmico, oferecendo subsídios valiosos para a formulação de políticas de saúde e para a adoção de estratégias terapêuticas mais eficazes e economicamente sustentáveis.

Diante das evidências apresentadas, conclui-se que ambas as técnicas cirúrgicas possuem indicações específicas e devem ser escolhidas de forma individualizada, considerando fatores clínicos, biomecânicos e socioeconômicos. A artroplastia de disco representa uma alternativa promissora à fusão lombar, especialmente para pacientes que se beneficiam da preservação da mobilidade segmentar e da redução da degeneração adjacente. No entanto, sua adoção em larga escala exige um debate aprofundado sobre custo-efetividade e acesso equitativo a tecnologias de ponta.

A introdução da metanálise viva neste campo representa um avanço metodológico significativo, permitindo que novas evidências sejam continuamente incorporadas à tomada de decisão clínica. À medida que mais estudos de longo prazo se tornam disponíveis e a tecnologia

cirúrgica avança, espera-se que a TDR continue a se consolidar como uma alternativa viável à fusão lombar. Dessa forma, esta tese não apenas amplia o conhecimento sobre o tema, mas também estabelece as bases para futuras investigações que possam refinar ainda mais as indicações e os benefícios dessas abordagens cirúrgicas.

REFERÊNCIAS

ABI-HANNA, D.; KERFERD, J.; PHAN, K.; RAO, P.; MOBBS, R. Lumbar Disk Arthroplasty for Degenerative Disk Disease: Literature Review. **World Neurosurgery**, v. 109, p. 188–196, 1 jan. 2018. Acesso em: 17 fev. 2025.

AKL, E. A.; MEERPOHL, J. J.; ELLIOTT, J.; KAHALE, L. A.; SCHÜNEMANN, H. J.; AGORITSAS, T.; HILTON, J.; PERRON, C.; HODDER, R.; PESTRIDGE, C.; ALBRECHT, L.; HORSLEY, T.; PLATT, J.; ARMSTRONG, R.; NGUYEN, P. H.; PLOVNICK, R.; ARNO, A.; IVERS, N.; QUINN, G.; AU, A.; JOHNSTON, R.; RADA, G.; BAGG, M.; JONES, A.; RAVAUD, P.; BODEN, C.; RICHTER, B.; BOISVERT, I.; KESHAVARZ, H.; RYAN, R.; BRANDT, L.; KOLAKOWSKY-HAYNER, S. A.; SALAMA, D.; BRAZINOVA, A.; NAGRAJ, S. K.; SALANTI, G.; BUCHBINDER, R.; LASSERSON, T.; SANTAGUIDA, L.; CHAMPION, C.; LAWRENCE, R.; SANTESSO, N.; CHANDLER, J.; LES, Z.; CHARIDIMOU, A.; LEUCHT, S.; SHEMILT, I.; CHOU, R.; LOW, N.; SHERIFALI, D.; CHURCHILL, R.; MAAS, A.; SIEMIENIUK, R.; CNOSSEN, M. C.; MACLEHOSE, H.; SIMMONDS, M.; COSSI, M. J.; MACLEOD, M.; SKOETZ, N.; COUNOTTE, M.; MARSHALL, I.; SOARES-WEISER, K.; CRAIGIE, S.; MARSHALL, R.; SRIKANTH, V.; DAHM, P.; MARTIN, N.; SULLIVAN, K.; DANILKEWICH, A.; GARCÍA, L. M.; SYNNOT, A.; DANKO, K.; MAVERGAMES, C.; TAYLOR, M.; DONOGHUE, E.; MAXWELL, L. J.; THAYER, K.; DRESSLER, C.; MCAULEY, J.; THOMAS, J.; EGAN, C.; MCDONALD, S.; TRITTON, R.; MCKENZIE, J.; TSAFNAT, G.; ELLIOTT, S. A.; TUGWELL, P.; ETXEANDIA, I.; MERNER, B.; TURGEON, A.; FEATHERSTONE, R.; MONDELLO, S.; TURNER, T.; FOXLEE, R.; MORLEY, R.; VAN VALKENHOEF, G.; GARNER, P.; MUNAFO, M.; VANDVIK, P.; GERRITY, M.; MUNN, Z.; WALLACE, B.; GLASZIOU, P.; MURANO, M.; WALLACE, S. A.; GREEN, S.; NEWMAN, K.; WATTS, C.; GRIMSHAW, J.; NIEUWLAAT, R.; WEEKS, L.; GURUSAMY, K.; NIKOLAKOPOULOU, A.; WEIGL, A.; HADDAWAY, N.; NOEL-STORR, A.; WELLS, G.; HARTLING, L.; O'CONNOR, A.; WIERCIOCH, W.; HAYDEN, J.; PAGE, M.; WOLFENDEN, L.; HELFAND, M.; PAHWA, M.; YEPES NUÑEZ, J. J.; HIGGINS, J.; PARDO, J. P.; YOST, J.; HILL, S.; PEARSON, L. Living systematic reviews: 4. Living guideline recommendations. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 91, p. 47–53, 1 nov. 2017. Acesso em: 17 fev. 2025.

ANTONIOLI, E.; TAVARES MALHEIRO, D.; DAMAZIO TEICH, V.; DIAS PAIÃO, I.; CENDOROGLO NETO, M.; LENZA, M. Cost-effectiveness of a second opinion program on spine surgeries: an economic analysis. **BMC Health Services Research**, v. 23, n. 1, p. 1–14, 1 dez. 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/articles/10.1186/s12913-023-10405-x>. Acesso em: 17 fev. 2025.

AU, S. C. L. Importance of well-designed meta-analyses in assessing medical and surgical treatments. **World Journal of Meta-Analysis**, v. 11, n. 7, p. 313–316, 2023. Disponível em: <https://www.wjgnet.com/2308-3840/full/v11/i7/313.htm>. Acesso em: 8 dez. 2024.

BALAIN, B.; JAISWAL, A.; TRIVEDI, J. M.; EISENSTEIN, S. M.; KUIPER, J. H.; JAFFRAY, D. C. The Oswestry Risk Index: An Aid in the Treatment of Metastatic Disease of the Spine. **The bone & joint journal**, v. 95-B, n. 2, p. 210–216, fev. 2013.

BANSAL, T.; SHARAN, A. D.; GARG, B. Enhanced recovery after surgery (ERAS) protocol in spine surgery. **Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma**, v. 31, p. 101944, 1 ago. 2022. Acesso em: 17 fev. 2025.

BERG, S.; TULLBERG, T.; BRANTH, B.; OLERUD, C.; TROPP, H. Total disc replacement compared to lumbar fusion: A randomised controlled trial with 2-year follow-up. **European Spine Journal**, v. 18, n. 10, p. 1512–1519, 2009. Acesso em: 8 dez. 2024.

BLUMENTHAL, S.; JOURNAL, D. O.-I. S.; 2024, undefined. The Scientific Evidence for Lumbar Total Disk Replacement Surgery. **journals.lww.com**, 2024. Disponível em: https://journals.lww.com/isoj/fulltext/2024/07020/the_scientific_evidence_for_lumbar_total_disk.4.aspx. Acesso em: 8 dez. 2024.

BRAXTON, E.; WOHLFELD, B. J.; BLUMENTHAL, S.; BOZZIO, A.; BUTTERMANN, G.; GUYER, R.; IDEMA, J.; LAICH, D.; MORREALE, J.; NIKOLAKIS, M.; PATEL, A.; PRICE, J. S.; WITT, J. P.; ZIGLER, J.; MARTIN, M. Postoperative Care Pathways following Lumbar Total Disc Replacement: Results of a Modified Delphi Approach. **Spine**, v. 44, p. S1–S12, 15 dez. 2019. Disponível em: https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2019/12151/postoperative_care_pathways_following_lumbar_total.1.aspx. Acesso em: 17 fev. 2025.

CARREGARO, R. L.; TOTTOLI, C. R.; DA SILVA RODRIGUES, D.; BOSMANS, J. E.; DA SILVA, E. N.; VAN TULDER, M. Low back pain should be considered a health and research priority in Brazil: Lost productivity and healthcare costs between 2012 to 2016. **PLoS ONE**, v. 15, n. 4, 2020. Acesso em: 8 dez. 2024.

COSTĂCHESCU, B.; NICULESCU, A.; ... R. T.-I. journal of; 2022, undefined. Recent advances in managing spinal intervertebral discs degeneration. **mdpi.comB Costăchescu, AG Niculescu, RI Teleanu, BF Iliescu, M Rădulescu, AM GrumezescuInternational journal of molecular sciences, 2022•mdpi.com**, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/12/6460>. Acesso em: 8 dez. 2024.

DE DAVID, C. N.; DELIGNE, L. D. M. C.; DA SILVA, R. S.; MALTA, D. C.; DUNCAN, B. B.; PASSOS, V. M. D. A.; COUSIN, E. The burden of low back pain in Brazil: Estimates from the Global Burden of Disease 2017 Study. **Population Health Metrics**, v. 18, 30 set. 2020. Acesso em: 8 dez. 2024.

DEFINO, H. L. A.; LEWANDROWSKI, K. U. Spinal Disease Burden and Priorities of Community Spine Care in the Brazilian Public Health System vs the United States. **International Journal of Spine Surgery**, v. 17, n. 3, p. 477, 1 jun. 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10312196/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

DELAMARTER, R.; ZIGLER, J.; BALDERSTON, R.; JBJS, F. C.-; 2011, undefined. Prospective, randomized, multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of the ProDisc-L total disc replacement compared with. **journals.lww.comR Delamarter, JE Zigler, RA Balderston, FP Cammisa, JA Goldstein, JM SpivakJBJS, 2011•journals.lww.com**, 2011. Disponível em: https://journals.lww.com/jbjsjournal/fulltext/2011/04200/Prospective,_Randomized,_Multicenter_Food_and_Drug.1.aspx. Acesso em: 8 dez. 2024.

DING, F.; JIA, Z.; ZHAO, Z.; XIE, L.; GAO, X.; MA, D.; LIU, M. Total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease: a systematic review of overlapping meta-analyses. **European Spine Journal**, v. 26, n. 3, p. 806–815, 1 mar. 2017. Acesso em: 8 dez. 2024.

ECHEVARRIA, A. C.; CARRIER, R. E.; ABBAS, A. M.; JUNG, B.; REED, T.; VERMA, R. B. Lumbar Disc Arthroplasty: History and Analysis. **J Orthopedics & Orthopedic Surg**, v. 5, n. 1, p. 1–10, 2024. Acesso em: 17 fev. 2025.

ELIASBERG, C. D.; KELLY, M. P.; AJIBOYE, R. M.; SOOHOO, N. F. Complications and rates of subsequent lumbar surgery following lumbar total disc arthroplasty and lumbar fusion. **Spine**, v. 41, n. 2, p. 173–181, 2016. Acesso em: 8 dez. 2024.

ELLIOTT, J. H.; SYNNOT, A.; TURNER, T.; SIMMONDS, M.; AKL, E. A.; MCDONALD, S.; SALANTI, G.; MEERPOHL, J.; MACLEHOSE, H.; HILTON, J.; TOVEY, D.; SHEMILT, I.; THOMAS, J.; AGORITSAS, T.; PERRON, C.; HODDER, R.; PESTRIDGE, C.; ALBRECHT, L.; HORSLEY, T.; PLATT, J.; ARMSTRONG, R.; NGUYEN, P. H.; PLOVNICK, R.; ARNO, A.; IVERS, N.; QUINN, G.; AU, A.; JOHNSTON, R.; RADA, G.; BAGG, M.; JONES, A.; RAVAUD, P.; BODEN, C.; KAHALE, L.; RICHTER, B.; BOISVERT, I.; KESHAVARZ, H.; RYAN, R.; BRANDT, L.; KOLAKOWSKY-HAYNER, S. A.; SALAMA, D.; BRAZINOVA, A.; NAGRAJ, S. K.; BUCHBINDER, R.; LASSERSON, T.; SANTAGUIDA, L.; CHAMPION, C.; LAWRENCE, R.; SANTESSO, N.; CHANDLER, J.; LES, Z.; SCHÜNEMANN, H. J.; CHARIDIMOU, A.; LEUCHT, S.; CHOU, R.; LOW, N.; SHERIFALI, D.; CHURCHILL, R.; MAAS, A.; SIEMIENIUK, R.; CNOSSEN, M. C.; COSSI, M. J.; MACLEOD, M.; SKOETZ, N.; COUNOTTE, M.; MARSHALL, I.; SOARES-WEISER, K.; CRAIGIE, S.; MARSHALL, R.; SRIKANTH, V.; DAHM, P.; MARTIN, N.; SULLIVAN, K.; DANILKEWICH, A.; GARCÍA, L. M.; DANKO, K.; MAVERGAMES, C.; TAYLOR, M.; DONOGHUE, E.; MAXWELL, L. J.; THAYER, K.; DRESSLER, C.; MCAULEY, J.; EGAN, C.; TRITTON, R.; MCKENZIE, J.; TSAFNAT, G.; ELLIOTT, S. A.; TUGWELL, P.; ETXEANDIA, I.; MERNER, B.; TURGEON, A.; FEATHERSTONE, R.; MONDELLO, S.; FOXLEE, R.; MORLEY, R.; VAN VALKENHOEF, G.; GARNER, P.; MUNAFO, M.; VANDVIK, P.; GERRITY, M.; MUNN, Z.; WALLACE, B.; GLASZIOU, P.; MURANO, M.; WALLACE, S. A.; GREEN, S.; NEWMAN, K.; WATTS, C.; GRIMSHAW, J.; NIEUWLAAT, R.; WEEKS, L.; GURUSAMY, K.; NIKOLAKOPOULOU, A.; WEIGL, A.; HADDAWAY, N.; NOELSTORR, A.; WELLS, G.; HARTLING, L.; O'CONNOR, A.; WIERCIOCH, W.; HAYDEN, J.; PAGE, M.; WOLFENDEN, L.; HELFAND, M.; PAHWA, M.; YEPES NUÑEZ, J. J.; HIGGINS, J.; PARDO, J. P.; YOST, J.; HILL, S.; PEARSON, L. Living systematic review: 1. Introduction—the why, what, when, and how. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 91, p. 23–30, 1 nov. 2017. Acesso em: 17 fev. 2025.

ELLIOTT, J. H.; TURNER, T.; CLAVISI, O.; THOMAS, J.; HIGGINS, J. P. T.; MAVERGAMES, C.; GRUEN, R. L. Living Systematic Reviews: An Emerging Opportunity to Narrow the Evidence-Practice Gap. **PLoS Medicine**, v. 11, n. 2, 2014. Acesso em: 17 fev. 2025.

EPSTEIN, N. E. A review article on the benefits of early mobilization following spinal surgery and other medical/surgical procedures. **Surgical Neurology International**, v. 5, n. Suppl 3, p. S66, 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4023009/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

EVANIEW, N.; SWAMY, G.; JACOBS, W. B.; BOUCHARD, J.; CHO, R.; MANSON, N. A.; RAMPERSAUD, Y. R.; PAQUET, J.; BAILEY, C. S.; JOHNSON, M.; ATTABIB, N.; FISHER, C. G.; MCINTOSH, G.; THOMAS, K. C. Lumbar Fusion Surgery for Patients With Back Pain and Degenerative Disc Disease: An Observational Study From the Canadian Spine Outcomes and Research Network. **Global Spine Journal**, v. 12, n. 8, p. 1676–1686, 1 out. 2022. Acesso em: 8 dez. 2024.

FAIRBANK, J. C. T.; PYNSENT, P. B. The oswestry disability index. **Spine**, v. 25, n. 22, p. 2940–2953, 15 nov. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11074683/>. Acesso em: 21 jun. 2021.

FALAVIGNA, A.; SCHEVERIN, N.; RIGHESSE, O.; TELES, A. R.; GULLO, M. C.; CHENG, J. S.; RIEW, K. D. Economic value of treating lumbar disc herniation in Brazil. **Journal of Neurosurgery: Spine**, v. 24, n. 4, p. 608–614, 2016. Disponível em: <https://thejns.org/spine/view/journals/j-neurosurg-spine/24/4/article-p608.xml>. Acesso em: 8 dez. 2024.

FALAVIGNA, A.; TELES, A. R.; RIGHESSE, O.; GOLLO, M. C. R.; SCHEVERIN, N.; CHENG, J. S.; RIEW, K. D. Economic Evaluation of Lumbar Disc Herniation Surgery in Brazilian Health. **Global Spine Journal**, v. 5, n. 1_suppl, p. s-0035-1554120-s-0035-1554120, maio 2015. Acesso em: 8 dez. 2024.

FOREMAN, M.; PATEL, A.; NGUYEN, A.; FOSTER, D.; ORRIOLS, A.; LUCKE-WOLD, B. Management Considerations for Total Intervertebral Disc Replacement. **World Neurosurgery**, v. 181, p. 125–136, 1 jan. 2024. Acesso em: 19 jan. 2025.

FÖRSTH, P.; ÓLAFSSON, G.; CARLSSON, T.; FROST, A.; BORGSTRÖM, F.; FRITZELL, P.; ÖHAGEN, P.; MICHAËLSSON, K.; SANDÉN, B. A Randomized, Controlled Trial of Fusion Surgery for Lumbar Spinal Stenosis. **New England Journal of Medicine**, v. 374, n. 15, p. 1413–1423, 14 abr. 2016. Acesso em: 8 dez. 2024.

FRITZELL, P.; BERG, S.; BORGSTRÖM, F.; TULLBERG, T.; TROPP, H. Cost effectiveness of disc prosthesis versus lumbar fusion in patients with chronic low back pain: Randomized controlled trial with 2-year follow-up. **European Spine Journal**, v. 20, n. 7, p. 1001–1011, jul. 2011. Acesso em: 8 dez. 2024.

GADJRADJ, P. S.; SMEELE, N. V. R.; DE JONG, M.; DEPAUW, P. R. A. M.; VAN TULDER, M. W.; DE BEKKER-GROB, E. W.; HARHANGI, B. S. Patient preferences for treatment of lumbar disc herniation: a discrete choice experiment. **Journal of Neurosurgery: Spine**, v. 36, n. 5, p. 704–712, 26 nov. 2021. Disponível em: <https://thejns.org/spine/view/journals/j-neurosurg-spine/36/5/article-p704.xml>. Acesso em: 17 fev. 2025.

GARCIA, D.; SOUSA-PINTO, B.; DE BIASE, G.; RUIZ-GARCIA, H.; AKINDURO, O. O.; DHOLAKIA, R.; BORAH, B.; FOX, W. C.; NOTTMEIER, E.; DEEN, H. G.; ABODE-IYAMAH, K.; QUINONES-HINOJOSA, A.; CHEN, S. Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: Cost of a Surgeon’s Learning Curve. **World Neurosurgery**, v. 162, p. e1–e7, 1 jun. 2022. Acesso em: 17 fev. 2025.

GARNER, P.; HOPEWELL, S.; CHANDLER, J.; MACLEHOSE, H.; SCHÜNEMANN, H. J.; AKL, E. A.; BEYENE, J.; CHANG, S.; CHURCHILL, R.; DEARNESS, K.; GUYATT,

G.; LEFEBVRE, C.; LILES, B.; MARSHALL, R.; MARTÍNEZ GARCÍA, L.; MAVERGAMES, C.; NASSER, M.; QASEEM, A.; SAMPSON, M.; SOARES-WEISER, K.; TAKWOINGI, Y.; THABANE, L.; TRIVELLA, M.; TUGWELL, P.; WELSH, E.; WILSON, E. C. When and how to update systematic reviews: Consensus and checklist. **BMJ (Online)**, v. 354, 2016. Acesso em: 17 fev. 2025.

GORNET, M.; BURKUS, J.; DRYER, R.; PELOZA, J. Lumbar disc arthroplasty with Maverick disc versus stand-alone interbody fusion: a prospective, randomized, controlled, multicenter investigational device exemption. 2011. Disponível em: https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2011/12010/lumbar_disc_arthroplasty_with_maverick_disc_versus.21.aspx. Acesso em: 8 dez. 2024.

GORNET, M.; BUTTERMANN, G.; GUYER, R.; YUE, J.; FERKO, N.; HOLLMANN, S. Defining the ideal lumbar total disc replacement patient and standard of care. **Spine**, v. 42, p. S103–S107, 15 dez. 2017. Disponível em: https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2017/12151/defining_the_ideal_lumbar_total_disc_replacement.3.aspx. Acesso em: 17 fev. 2025.

GUIMARÃES, R. Technological incorporation in the Unified Health System (SUS): the problem and ensuing challenges. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 12, p. 4899–4908, 1 dez. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/scNSJgkt63x3RQ5TQMvLrfn/?lang=en>. Acesso em: 17 fev. 2025.

GUYER, R. D.; BLUMENTHAL, S. L.; SHELLOCK, J. L.; ZIGLER, J. E.; OHNMEISS, D. D. Lumbar Total Disk Replacement Device Removals and Revisions Performed During a 20-Year Experience with 2141 Patients. **Spine**, v. 49, n. 10, p. 671–676, 15 maio 2024. Disponível em: https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2024/05150/lumbar_total_disk_replacement_device_removals_and.1.aspx. Acesso em: 17 fev. 2025.

HARROP, J.; YOUSSEF, J.; MALTENFORT, M.; SPINE, P. V.-; 2008, undefined. Lumbar adjacent segment degeneration and disease after arthrodesis and total disc arthroplasty. **journals.lww.comJS Harrop, JA Youssef, M Maltenfort, P Vorwald, P Jabbour, CM Bono, N GoldfarbSpine, 2008•journals.lww.com**, 2008. Disponível em: https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2008/07010/lumbar_adjacent_segment_degeneration_and_disease.16.aspx. Acesso em: 8 dez. 2024.

HASHIMOTO, K.; AIZAWA, T.; KANNO, H.; ITOI, E. Adjacent segment degeneration after fusion spinal surgery—a systematic review. **International orthopaedics**, v. 43, n. 4, p. 987–993, 4 abr. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30470865/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

HOLT, R.; MAJD, M.; ISAZA, J.; BLUMENTHAL, S.; JOURNAL, P. M.-S.; 2007, undefined. Complications of lumbar artificial disc replacement compared to fusion: results from the prospective, randomized, multicenter US Food and Drug Administration. **Elsevier**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1935981007700439>. Acesso em: 8 dez. 2024.

HUMZAH, M. D.; SOAMES, R. W. Human intervertebral disc: Structure and function. **The Anatomical Record**, v. 220, n. 4, p. 337–356, 1 abr. 1988. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ar.1092200402>. Acesso em: 17 fev. 2025.

KHALID, S. I.; DEYSHER, D.; THOMPSON, K.; OSTROV, P. B.; HOSSA, J.; MIRPURI, P.; ADOGWA, O.; MEHTA, A. I. Outcomes of patients undergoing single-level arthroplasty versus anterior lumbar interbody fusion. **Acta Neurochirurgica**, v. 165, n. 7, p. 1915–1921, 1 jul. 2023. Acesso em: 8 dez. 2024.

KIRNAZ, S.; CAPADONA, C.; LINTZ, M.; KIM, B.; YERDEN, R.; GOLDBERG, J. L.; MEDARY, B.; SOMMER, F.; MCGRATH, L. B.; BONASSAR, L. J.; HARTL, R. Pathomechanism and Biomechanics of Degenerative Disc Disease: Features of Healthy and Degenerated Discs. **International Journal of Spine Surgery**, v. 15, n. s1, p. 10–25, 1 abr. 2021. Disponível em: <http://www.ijssurgery.com/content/15/s1/10>. Acesso em: 17 fev. 2025.

KIRNAZ, S.; CAPADONA, C.; WONG, T.; GOLDBERG, J. L.; MEDARY, B.; SOMMER, F.; MCGRATH, L. B.; HÄRTL, R. Fundamentals of Intervertebral Disc Degeneration. **World Neurosurgery**, v. 157, p. 264–273, 1 jan. 2022. Acesso em: 17 fev. 2025.

LANG, S. A. J.; BOHN, T.; BARLEBEN, L.; PUMBERGER, M.; ROLL, S.; BÜTTNER-JANZ, K. Advanced meta-analyses comparing the three surgical techniques total disc replacement, anterior stand-alone fusion and circumferential fusion regarding pain, function and complications up to 3 years to treat lumbar degenerative disc disease. **European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society**, v. 30, n. 12, p. 3688–3701, 1 dez. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33837832/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

LAU, K. K. L.; SAMARTZIS, D.; TO, N. S. C.; HARADA, G. K.; AN, H. S.; WONG, A. Y. L. Demographic, Surgical, and Radiographic Risk Factors for Symptomatic Adjacent Segment Disease After Lumbar Fusion: A Systematic Review and Meta-Analysis. **The Journal of bone and joint surgery. American volume**, v. 103, n. 15, p. 1438–1450, 4 ago. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34166276/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

LAZENNEC, J. Y. Lumbar and cervical viscoelastic disc replacement: Concepts and current experience. **World Journal of Orthopedics**, v. 11, n. 8, p. 345, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7448204/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

LEE, W.; LIU, G.; THAMBIAH, J.; JOURNAL, H. W.-S. medical; 2015, undefined. Clinical outcomes of single-level lumbar artificial disc replacement compared with transforaminal lumbar interbody fusion in an Asian population. **ncbi.nlm.nih.gov** WT Lee, G Liu, J Thambiah, HK Wong Singapore medical journal, 2015•ncbi.nlm.nih.gov, [s.d.] Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4415100/>. Acesso em: 8 dez. 2024.

LI, J.; WANG, X.; SUN, Y.; ZHANG, F.; GAO, Y.; LI, Z.; DING, W.; SHEN, Y.; ZHANG, W. Safety Analysis of Two Anterior Lateral Lumbar Interbody Fusions at the Initial Stage of Learning Curve. **World Neurosurgery**, v. 127, p. e901–e909, 1 jul. 2019. Acesso em: 17 fev. 2025.

LI, T.; LIU, Y.; CAO, J.; PAN, C.; DING, R.; ZHAO, J.; LIU, J.; HE, D.; JIA, J.; CHENG, X. LTF ameliorates cartilage endplate degeneration by suppressing calcification, senescence

and matrix degradation through the JAK2/STAT3 pathway. **Journal of cellular and molecular medicine**, v. 28, n. 19, p. e18267, 1 out. 2024. Acesso em: 8 dez. 2024.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GÖTZSCHE, P. C.; IOANNIDIS, J. P. A.; CLARKE, M.; DEVEREAUX, P. J.; KLEIJNEN, J.; MOHER, D. **The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration** *PLoS Medicine* jul. 2009. Acesso em: 9 abr. 2021.

MAMDOUHI, T.; WANG, V.; ECHEVARRIA, A. C.; KATZ, A.; MORRIS, M.; ZAVUROV, G.; VERMA, R. A Comprehensive Review of the Historical Description of Spine Surgery and Its Evolution. **Cureus**, v. 16, n. 2, p. e54461, 19 fev. 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10953613/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

MARQUES, Y. A.; CUSTÓDIO, L. A.; MIYAMOTO, G. C.; NUNES CABRAL, C. M.; DE TOLEDO, A. M.; LUIZ CARREGARO, R. What are the costs of managing neck and low back pain in Brazil? Investigation of a ten-year period from the perspective of the Brazilian public health system. **Expert Review of Pharmacoeconomics and Outcomes Research**, 2024. Acesso em: 8 dez. 2024.

MATTEI, T. A.; BEER, J.; TELES, A. R.; REHMAN, A. A.; ALDAG, J.; DINH, D. Clinical Outcomes of Total Disc Replacement Versus Anterior Lumbar Interbody Fusion for Surgical Treatment of Lumbar Degenerative Disc Disease. **Global Spine Journal**, v. 7, n. 5, p. 452–459, 1 ago. 2017. Acesso em: 8 dez. 2024.

MCDONNELL, J. M.; AHERN, D. P.; ROSS, T. D.; MORRISSEY, P. B.; WAGNER, S. C.; VACCARO, A. R.; BUTLER, J. S. Regenerative Medicine Modalities for the Treatment of Degenerative Disk Disease. **Clinical Spine Surgery**, v. 34, n. 10, p. 363–368, 1 dez. 2021. Disponível em: https://journals.lww.com/jspinaldisorders/Fulltext/2021/12000/Regenerative_Medicines_for_the_Treatment.3.aspx. Acesso em: 3 ago. 2023.

MCGREGOR, A.; DORÉ, C.; MORRIS, T.; MORRIS, S.; JAMROZIK, K. Function after spinal treatment, exercise and rehabilitation (FASTER): Improving the functional outcome of spinal surgery. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 11, n. 1, p. 1–8, 26 jan. 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/articles/10.1186/1471-2474-11-17>. Acesso em: 17 fev. 2025.

MOBBS, R. J.; PHAN, K.; MALHAM, G.; SEEX, K.; RAO, P. J. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. **Journal of Spine Surgery**, v. 1, n. 1, p. 2, 2015. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5039869/>. Acesso em: 29 out. 2024.

MU, X.; WEI, J.; JIANCUO, A.; LI, Z.; OU, Y. The short-term efficacy and safety of artificial total disc replacement for selected patients with lumbar degenerative disc disease compared with anterior lumbar interbody fusion: A systematic review and meta-analysis. **PloS one**, v. 13, n. 12, 1 dez. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30592739/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

NAGHAVI, M.; MURRAY, C. J. L.; LOSANO, R.; GALL, J.; GLENN, S.; MILLER-PETRIE, M.; MOONEYM, M.; RAY, S. Burden of disease in Brazil, 1990–2016: a systematic subnational analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **The Lancet**, v. 392, 2018. Disponível em: [10.1016/S0140-6736\(18\)31221-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31221-2). Acesso em: 8 dez. 2024.

OSTELO, R. W. J. G.; DE VET, H. C. W. Clinically important outcomes in low back pain. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**, v. 19, n. 4, p. 593–607, 1 ago. 2005. Acesso em: 17 fev. 2025.

OU-YANG, D. C.; KLECK, C. J.; ACKERT-BICKNELL, C. L. Genetics of Intervertebral Disc Degeneration. **Current Osteoporosis Reports**, v. 21, n. 1, p. 56–64, 1 fev. 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11914-022-00769-0>. Acesso em: 17 fev. 2025.

OXLAND R, T. Fundamental biomechanics of the spine—what we have learned in the past 25 years and future directions. **ElsevierTR OxlandJournal of biomechanics, 2016•Elsevier**, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929015005837>. Acesso em: 8 dez. 2024.

PIMENTA, L.; TOHMEH, A.; JONES, D.; AMARAL, R.; MARCHI, L.; OLIVEIRA, L.; PITTMAN JR, B. C.; BAE, H. Rational decision making in a wide scenario of different minimally invasive lumbar interbody fusion approaches and devices. **Journal of spine surgery (Hong Kong)**, v. 4, n. 1, p. 142–155, mar. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29732435/>. Acesso em: 29 out. 2024.

PIMENTEL, F. G.; BUCHWEITZ, C.; ONOCKO CAMPOS, R. T.; HALLAL, P. C.; MASSUDA, A.; KIELING, C. Realising the future: Health challenges and achievements in Brazil. **SSM - Mental Health**, v. 4, p. 100250, 15 dez. 2023. Acesso em: 17 fev. 2025.

PRADEEP, K.; PAL, B. Biomechanical and clinical studies on lumbar spine fusion surgery: a review. **Medical & Biological Engineering & Computing 2023 61:3**, v. 61, n. 3, p. 617–634, 4 jan. 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11517-022-02750-6>. Acesso em: 17 fev. 2025.

RADCLIFF, K.; SPIVAK, J.; ... I. B. D.-C. S.; 2018, undefined. Five-year reoperation rates of 2-level lumbar total disk replacement versus fusion: results of a prospective, randomized clinical trial. **journals.lww.comK Radcliff, J Spivak, II Bruce Darden, M Janssen, T Bernard, J ZiglerClinical Spine Surgery, 2018•journals.lww.com**, 2018. Disponível em: https://journals.lww.com/jspinaldisorders/FullText/2018/02000/Five_Year_Reoperation_Rate_s_of_2_Level_Lumbar.7.aspx. Acesso em: 8 dez. 2024.

RAO, M. J.; CAO, S. S. Artificial total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Archives of orthopaedic and trauma surgery**, v. 134, n. 2, p. 149–158, 1 fev. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24323061/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

RAVICHANDRAN, D.; PILLAI, J.; KRISHNAMURTHY, K. Genetics of intervertebral disc disease: A review. **Clinical Anatomy**, v. 35, n. 1, p. 116–120, 1 jan. 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ca.23803>. Acesso em: 17 fev. 2025.

RAVINDRA, V. M.; SENGLAUB, S. S.; RATTANI, A.; DEWAN, M. C.; HÄRTL, R.; BISSON, E.; PARK, K. B.; SHRIME, M. G. Degenerative Lumbar Spine Disease: Estimating

Global Incidence and Worldwide Volume. **Global Spine Journal**, v. 8, n. 8, p. 784–794, 1 dez. 2018. Acesso em: 8 dez. 2024.

RISCHKE, B.; ZIMMERS, K.; SPINE, E. S.-I. J. of; 2015, undefined. Viscoelastic disc arthroplasty provides superior back and leg pain relief in patients with lumbar disc degeneration compared to anterior lumbar interbody fusion. **ijssurgery.com**, 2015. Disponível em: <http://www.ijssurgery.com/content/9/26.full>. Acesso em: 8 dez. 2024.

ROBERTS, S.; EVANS, H.; TRIVEDI, J.; MENAGE, J. Histology and Pathology of the Human Intervertebral Disc. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 88, n. suppl_2, p. 10–14, abr. 2006. Disponível em: https://journals.lww.com/jbjsjournal/fulltext/2006/04002/histology_and_pathology_of_the_human.3.aspx. Acesso em: 17 fev. 2025.

ROTHENFLUH, D. A.; MUELLER, D. A.; ROTHENFLUH, E.; MIN, K. Pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch predisposes to adjacent segment disease after lumbar spinal fusion. **European Spine Journal**, v. 24, n. 6, p. 1251–1258, 4 jun. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25018033/>. Acesso em: 15 jul. 2020.

SALZMANN, S. N.; PLAIS, N.; SHUE, J.; GIRARDI, F. P. Lumbar disc replacement surgery—successes and obstacles to widespread adoption. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine**, v. 10, n. 2, p. 153–159, 1 jun. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12178-017-9397-4>. Acesso em: 17 fev. 2025.

SHOJANIA, K. G.; SAMPSON, M.; ANSARI, M. T.; JI, J.; DOUCETTE, S.; MOHER, D. How quickly do systematic reviews go out of date? A survival analysis. **Annals of Internal Medicine**, v. 147, n. 4, p. 224–233, 21 ago. 2007. Acesso em: 17 fev. 2025.

SHULTZ, B.; WILSON, A.; ONDECK, N.; SPINE, P. B.-; 2018, undefined. Total disc arthroplasty versus anterior interbody fusion in the lumbar spine have relatively a few differences in readmission and short-term adverse events. **journals.lww.comBN Shultz, AT Wilson, NT Ondeck, P Bovonratwet, RP McLynn, JJ Cui, JN GrauerSpine, 2018•journals.lww.com**, 2018. Disponível em: https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2018/01010/Total_Disc_Arthroplasty_Versus_Anterior_Interbody.20.aspx. Acesso em: 8 dez. 2024.

SKÖLD, C.; TROPP, H.; BERG, S. Five-year follow-up of total disc replacement compared to fusion: A randomized controlled trial. **European Spine Journal**, v. 22, n. 10, p. 2288–2295, out. 2013. Acesso em: 8 dez. 2024.

SMEETS, R.; KÖKE, A.; LIN, C. W.; FERREIRA, M.; DEMOULIN, C. Measures of function in low back pain/disorders: Low Back Pain Rating Scale (LBPRS), Oswestry Disability Index (ODI), Progressive Isoinertial Lifting Evaluation (PILE), Quebec Back Pain Disability Scale (QBPDS), and Roland-Morris Disability Questionnaire (RDQ). **Arthritis Care and Research**, v. 63, n. SUPPL. 11, nov. 2011. Acesso em: 17 fev. 2025.

SMITH, L.; NERURKAR, N.; ... K. C.-D. models &; 2011, undefined. Degeneration and regeneration of the intervertebral disc: lessons from development. **journals.biologists.comLJ Smith, NL Nerurkar, KS Choi, BD Harfe, DM ElliottDisease models & mechanisms, 2011•journals.biologists.com**, 2011. Disponível em: <https://journals.biologists.com/dmm/article-abstract/4/1/31/53411>. Acesso em: 8 dez. 2024.

SMUCK, M.; BARRETTE, K.; MARTINEZ-ITH, A.; SULTANA, G.; ZHENG, P. What does the patient with back pain want? A comparison of patient preferences and physician assumptions. **The Spine Journal**, v. 22, n. 2, p. 207–213, 1 fev. 2022. Acesso em: 17 fev. 2025.

SONG, G.; QIAN, Z.; WANG, K.; LIU, J.; WEI, Y.; GALBUSERA, F.; ZOU, Z.; WILKE, H. J.; REN, L.; REN, L. Total disc replacement devices: Structure, material, fabrication, and properties. **Progress in Materials Science**, v. 140, p. 101189, 1 dez. 2023. Acesso em: 17 fev. 2025.

SONG, J.; KATZ, A.; NGAN, A.; SILBER, J.; ESSIG, D.; QURESHI, S. A.; VIRK, S. Comparison of value per operative time between anterior lumbar interbody fusion and lumbar disc arthroplasty: A propensity score-matched analysis. **Journal of Craniovertebral Junction and Spine**, v. 13, n. 4, p. 427–431, 1 out. 2022. Disponível em: https://journals.lww.com/jcjs/fulltext/2022/13040/comparison_of_value_per_operative_time_between.9.aspx. Acesso em: 8 dez. 2024.

STUBIG, T.; AHMED, M.; GHASEMI, A.; NASTO, L. A.; GREVITT, M. Total Disc Replacement Versus Anterior-Posterior Interbody Fusion in the Lumbar Spine and Lumbosacral Junction: A Cost Analysis. **Global Spine Journal**, v. 8, n. 2, p. 129–136, 1 abr. 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2192568217713009>. Acesso em: 17 fev. 2025.

TELES, A. R.; RIGHESSO, O.; GULLO, M. C. R.; GHOGAWALA, Z.; FALAVIGNA, A. Perspective of Value-Based Management of Spinal Disorders in Brazil. **World Neurosurgery**, v. 87, p. 346–354, 1 mar. 2016. Acesso em: 17 fev. 2025.

TOMASZEWSKI, K. A.; SAGANIAK, K.; GŁADYSZ, T.; WALOCHA, J. A. **The biology behind the human intervertebral disc and its endplates** *Folia Morphologica (Poland)* 2015. Disponível em: https://journals.viamedica.pl/fovia_morphologica/article/view/39534. Acesso em: 8 dez. 2024.

WAN, Z. Y.; SHAN, H.; LIU, T. F.; SONG, F.; ZHANG, J.; LIU, Z. H.; MA, K. L.; WANG, H. Q. Emerging Issues Questioning the Current Treatment Strategies for Lumbar Disc Herniation. **Frontiers in Surgery**, v. 9, 28 mar. 2022. Acesso em: 8 dez. 2024.

WANG, H.; LI, N.; HUANG, H.; XU, P.; FAN, Y. Biomechanical effect of intervertebral disc degeneration on the lower lumbar spine. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering**, v. 26, n. 14, p. 1669–1677, 26 out. 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10255842.2022.2129970>. Acesso em: 17 fev. 2025.

WANG, J. C.; ARNOLD, P. M.; HERMSMEYER, J. T.; NORVELL, D. C. Do lumbar motion preserving devices reduce the risk of adjacent segment pathology compared with fusion surgery? A systematic review. **Spine**, v. 37, n. 22 Suppl, 15 out. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22872221/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

WEI, J.; SONG, Y.; SUN, L.; LV, C. Comparison of artificial total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. **International orthopaedics**, v. 37, n. 7, p. 1315–1325, jul. 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23645003/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

WU, K.; YUN, Z.; SUVITHAYASIRI, S.; LIANG, Y.; SETIAWAN, D. R.; KOTHEERANURAK, V.; JITPAKDEE, K.; GIORDAN, E.; LIU, Q.; KIM, J. S. Evolving Paradigms in Spinal Surgery: A Systematic Review of the Learning Curves in Minimally Invasive Spine Techniques. **Neurospine**, v. 21, n. 4, p. 1251, 1 dez. 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11744536/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

XIN, J.; WANG, Y.; ZHENG, Z.; WANG, S.; NA, S.; ZHANG, S. Treatment of Intervertebral Disc Degeneration. **Orthopaedic Surgery**, v. 14, n. 7, p. 1271–1280, 1 jul. 2022. Acesso em: 4 dez. 2024.

YANG, H.; TIAN, W.; WANG, S.; LIU, X.; WANG, Z.; L. H.-L.; 2018, undefined. TSG-6 secreted by bone marrow mesenchymal stem cells attenuates intervertebral disc degeneration by inhibiting the TLR2/NF- κ B signaling pathway. **Elsevier**, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023683722014337>. Acesso em: 8 dez. 2024.

ZHANG, D.; FENG, M.; LIU, W.; YU, J.; WEI, X.; YANG, K.; ZHAN, J.; PENG, W.; LUO, M.; HAN, T.; JIN, Z.; YIN, H.; SUN, K.; YIN, X.; ZHU, L. From Mechanobiology to Mechanical Repair Strategies: A Bibliometric Analysis of Biomechanical Studies of Intervertebral Discs. **Journal of Pain Research**, v. 15, p. 2105–2122, 2022. Acesso em: 8 dez. 2024.

ZIGLER, J.; DELAMARTER, R.; SPIVAK, J. M.; LINOVITZ, R. J.; DANIELSON, G. O.; HAIDER, T. T.; CAMMISA, F.; ZUCHERMANN, J.; BALDERSTON, R.; KITCHEL, S.; FOLEY, K.; WATKINS, R.; BRADFORD, D.; YUE, J.; YUAN, H.; HERKOWITZ, H.; GEIGER, D.; BENDO, J.; PEPPERS, T.; SACHS, B.; GIRARDI, F.; KROPF, M.; GOLDSTEIN, J. Results of the prospective, randomized, multicenter food and drug administration investigational device exemption study of the ProDisc®-L total disc replacement versus circumferential fusion for the treatment of 1-level degenerative disc disease. **Spine**, v. 32, n. 11, p. 1155–1162, maio 2007. Disponível em: https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2007/05150/results_of_the_prospective_rando_mized,.2.aspx. Acesso em: 8 dez. 2024.

ZIGLER, J. E.; DELAMARTER, R. B. Five-year results of the prospective, randomized, multicenter, Food and Drug Administration investigational device exemption study of the ProDisc-L total disc replacement versus circumferential arthrodesis for the treatment of single-level degenerative disc disease: Clinical article. **Journal of Neurosurgery: Spine**, v. 17, n. 6, p. 493–501, 1 dez. 2012. Disponível em: <https://thejns.org/spine/view/journals/j-neurosurg-spine/17/6/article-p493.xml>. Acesso em: 8 dez. 2024.

ZIGLER, J. E.; GUYER, R. D.; BLUMENTHAL, S. L.; SATIN, A. M.; SHELLOCK, J. L.; OHNMEISS, D. D. In which cases do surgeons specializing in total disc replacement perform fusion in patients with symptomatic lumbar disc degeneration? **European Spine Journal**, v. 31, n. 10, p. 2607–2611, 1 out. 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00586-022-07282-z>. Acesso em: 19 jan. 2025.

ZIGLER, J.; FERKO, N.; CAMERON, C.; PATEL, L. Comparison of therapies in lumbar degenerative disc disease: a network meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of Comparative Effectiveness Research**, v. 7, n. 3, p. 233–246, 1 mar. 2018a. Disponível em: <https://www.futuremedicine.com/doi/10.2217/ce-2017-0047>. Acesso em: 13 set. 2020.

ZIGLER, J.; GORNET, M. F.; FERKO, N.; CAMERON, C.; SCHRANCK, F. W.; PATEL, L. **Comparison of Lumbar Total Disc Replacement With Surgical Spinal Fusion for the Treatment of Single-Level Degenerative Disc Disease: A Meta-Analysis of 5-Year Outcomes From Randomized Controlled Trials** *Global Spine Journal* SAGE Publications Ltd, 1 jun. 2018b. Acesso em: 8 dez. 2024.

ZOT, F.; BEN-BRAHIM, E.; SEVERYNS, M.; LEDOUX, Y.; MESNARD, M.; CAILLÉ, L.; SWENNEN, C.; TEYSSÉDOU, S.; MOUFID, A. Y.; GERMANEAU, A.; VENDEUVRE, T. Study of mechanical effects of lumbar disc arthroplasty on facet joints at the index level/adjacent levels by using a validated finite element analysis. **Frontiers in bioengineering and biotechnology**, v. 11, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38076418/>. Acesso em: 16 fev. 2025.