

ARTRODESE LOMBAR MINIMAMENTE INVASIVA E PARAFUSOS PEDICULARES PERCUTÂNEOS: REVISÃO SISTEMÁTICA

MINIMALLY INVASIVE LUMBAR ARTHRODESIS AND PERCUTANEOUS PEDICLE SCREWS: A SYSTEMATIC REVIEW

ARTRODESIS LUMBAR MÍNIMAMENTE INVASIVA Y TORNILLOS PEDICULARES PERCUTÂNEOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA

VINICIUS DE MELDAU BENITES,¹ FABIO VEIGA DE CASTRO SPARAPANI,¹ EDUARDO AUGUSTO LUNES,¹ FRANZ JOOJI ONISHI,¹ THIAGO SALATI,¹ SERGIO CAVALHEIRO,¹ DANIEL DE ARAÚJO PAZ¹

1. Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, Departamento de Neurologia e Neurocirurgia, Grupo de Cirurgia da Coluna, Disciplina de Neurocirurgia.

RESUMO

A revisão sistemática da literatura foi realizada com o objetivo de organizar, avaliar e selecionar evidências a respeito da segurança e eficácia da artrodese percutânea minimamente invasiva com parafusos pediculares percutâneos no tratamento de pacientes com doença degenerativa de disco (e outras patologias da coluna), em comparação com a artrodese convencional. Foram consultadas as bases de dados PubMed, EMBASE e Biblioteca Cochrane para localizar ensaios clínicos e relatos/séries de casos publicados em inglês entre 2014 e 2019. Dentre 197 estudos identificados, depois de seleção usando critérios de inclusão/exclusão, 21 artigos foram escolhidos para leitura na íntegra e usados na presente revisão. Apesar do nível de evidência da maioria dos estudos incluídos dificultar a demonstração de eficácia e superioridade entre as técnicas cirúrgicas revisadas, os achados referentes ao procedimento minimamente invasivo apontam para uma abordagem segura e confiável para o tratamento de doenças lombares. **Nível de evidência II; Revisão sistemática da literatura.**

Descritores: Artrodese; Relatos de Casos; Ensaio Clínico; Parafusos Pediculares; Coluna Vertebral; Fusão Vertebral.

ABSTRACT

A systematic review of the literature was performed in order to organize, evaluate, and select evidences available about the safety and efficacy of minimally invasive percutaneous arthrodesis with percutaneous pedicle screws in the treatment of patients with degenerative disc disease (and other spinal pathologies) as compared to conventional arthrodesis. PubMed, EMBASE and Cochrane Library databases were consulted to locate clinical trials and case reports/case series published in English between 2014 and 2019. After selection according to the inclusion/exclusion criteria, 21 of the 197 articles identified were chosen for a complete reading and used for the present review. Although the level of evidence of most of the studies included made the demonstration of efficacy and superiority among the surgical techniques reviewed difficult, the findings related to the minimally invasive procedure indicate a safe and reliable approach for the treatment of lumbar diseases. **Level of evidence II; Systematic review of literature.**

Keywords: Arthrodesis; Case Reports; Clinical Trial; Pedicle Screws; Spine; Spinal Fusion.

RESUMEN

La revisión sistemática de la literatura fue realizada con el objetivo de organizar, evaluar y seleccionar evidencias al respecto de la seguridad y eficacia de la artrodosis percutánea mínimamente invasiva con tornillos pediculares en el tratamiento de pacientes con enfermedad degenerativa de disco (y otras patologías de la columna) en comparación con la artrodosis convencional. Fueron consultadas las bases de datos PubMed, EMBASE y Biblioteca Cochrane para localizar ensayos clínicos y relatos/séries de casos publicados en inglés entre 2014 y 2019. Entre 197 estudios identificados, después de selección usando criterios de inclusión/exclusión, fueron escogidos 21 artículos para lectura integral y usados en la presente revisión. A pesar de que el nivel de evidencia de la mayoría de los estudios incluidos dificulte la demostración de eficacia y superioridad entre las técnicas quirúrgicas revisadas, los hallazgos referentes al procedimiento mínimamente invasivo apuntan hacia un abordaje seguro y confiable para el tratamiento de enfermedades lumbares. **Nivel de evidencia II; Revisión sistemática de la literatura.**

Descriptores: Artrodosis; Informes de Casos; Ensayo Clínico; Tornillos Pediculares; Columna Vertebral; Fusión Vertebral.

INTRODUÇÃO

Artrodese (ou fusão) é uma técnica comumente empregada para o tratamento de doenças degenerativas lombares¹⁻³ e seu uso crescendo substancialmente nas últimas décadas,⁴ entretanto as abordagens e instrumentações convencionais, utilizadas em procedimentos abertos, demandam uma ampla dissecação tecidual, sendo associado a traumas, perda sanguínea, taxas de reoperação

e custos substanciais.⁵⁻⁷ Considerando esses problemas, a fusão minimamente invasiva é proposta em condições patológicas da coluna,⁸ reduzindo significativamente a perda sanguínea, a injúria tecidual e possibilitando recuperação mais rápida e melhor reabilitação ao paciente.⁹⁻¹² Em cirurgias minimamente invasivas para artrodese lombar, a colocação de parafusos pediculares percutâneos proporciona a fusão sem incisões extensas, o que diminui a

Estudo realizado no Departamento de Neurologia e Neurocirurgia da Universidade Federal de São Paulo.

Correspondência: Vinicius de Meldau Benites. Rua Napoleão de Barros, 715, sexto andar, Vila Clementino, São Paulo, SP, Brasil. vmbenites@hotmail.com

probabilidade de complicações.¹³ O objetivo da presente revisão sistemática foi investigar as evidências relacionadas à segurança e eficácia da artrodese percutânea minimamente invasiva com parafusos pediculares percutâneos no tratamento de pacientes com doença degenerativa discal (e outras condições patológicas da coluna) quando comparada à artrodese convencional aberta.

MÉTODOS

Esta revisão sistemática teve sua condução baseada na Declaração PRISMA^{14,15} e foi registrada na base PROSPERO sob o número CRD42019133252. Os critérios de inclusão foram artigos relacionados a pacientes com doença degenerativa discal e artrose ou degeneração facetária, escoliose degenerativa/escoliose do adulto, instabilidade na coluna lombar, histórico de cirurgia prévia na coluna lombar, estenose de canal vertebral, fratura vertebral de origem traumática, neoplásica, osteoporótica, infecciosa e/ou reumatológica tratados com artrodese percutânea minimamente invasiva com parafusos pediculares percutâneos ou artrodese convencional aberta, escritos em língua inglesa, incluindo ensaios clínicos e relatos/séries de casos. Textos incompletos foram excluídos. Foram utilizadas as bases de dados PubMed, Biblioteca Cochrane e EMBASE para localizar artigos publicados entre 2014 e 2019, tendo 2 de abril de 2019 como data limite para a busca. O título e o resumo de cada artigo foram analisados para eliminar artigos duplicados e o texto completo dos artigos potencialmente relevantes foi recuperado para análise. Na sequência os textos foram examinados por dois revisores independentes, que aplicaram a escala *Oxford Centre for Evidence-Based Medicine* (OCEBM),¹⁶ para todos os artigos, a fim de classificá-los conforme o nível de evidência. De cada artigo foram coletados os seguintes itens (quando disponíveis): autor(es); ano de publicação; desenho do estudo; número de participantes; idade média, gênero e diagnóstico dos participantes; intervenção; grupo controle; instrumentação; enxerto/implante utilizado; tempo de cirurgia (minutos); perda sanguínea (ml); complicações/eventos adversos; reoperação/revisão; duração do *follow-up* (meses); medidas de desfecho; Escala Visual Analógica ou EVA (dor); Índice Oswestry de Incapacidade (*Oswestry Disability Index* ou ODI); e conclusões.

RESULTADOS

A busca inicial nas bases de dados PubMed, Biblioteca Cochrane e EMBASE, utilizando os descritores “degeneração do disco intervertebral”, “artropatias”, “espondilólise”, “escoliose”, “estenose espinal”, “fraturas da coluna vertebral”, “artrodese”, “fusão vertebral”, “parafusos pediculares” e “procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos”, adaptando os descritores a cada uma das bases de dados e incluindo sinônimos, com filtros para ensaios clínicos ou relatos/séries de casos, escritos em língua inglesa, publicados entre 2014 e 2019, identificou 197 artigos. Após a remoção dos artigos duplicados, 162 artigos foram recuperados. Dois autores revisaram os títulos e resumos dos trabalhos remanescentes, selecionando-os de acordo com os critérios de inclusão. Somente ensaios clínicos e relatos/séries de casos relacionados à artrodese percutânea minimamente invasiva com parafusos pediculares percutâneos para o tratamento de pacientes com doença degenerativa discal (e outras condições patológicas da coluna) foram incluídos, resultando em 40 artigos. Publicações em idiomas diferentes do inglês também foram excluídos nesta etapa. Por fim, 40 artigos elegíveis foram integralmente revisados. Foram obtidos, assim, 2 estudos prospectivos, randomizados e controlados, 1 prospectivo, não-randomizado e controlado e 18 relatos/séries de casos, resultando em 21 artigos para inclusão na revisão sistemática. (Figura 1)

Um total de 230 participantes/casos (129 submetidos a procedimentos minimamente invasivos e 101 a convencionais abertos) foram incluídos nesta revisão sistemática. A maioria dos resultados foi proveniente de pacientes/participantes com diagnósticos de estenose (54,3%) e espondilolistese (14,8%). Para demonstração dos

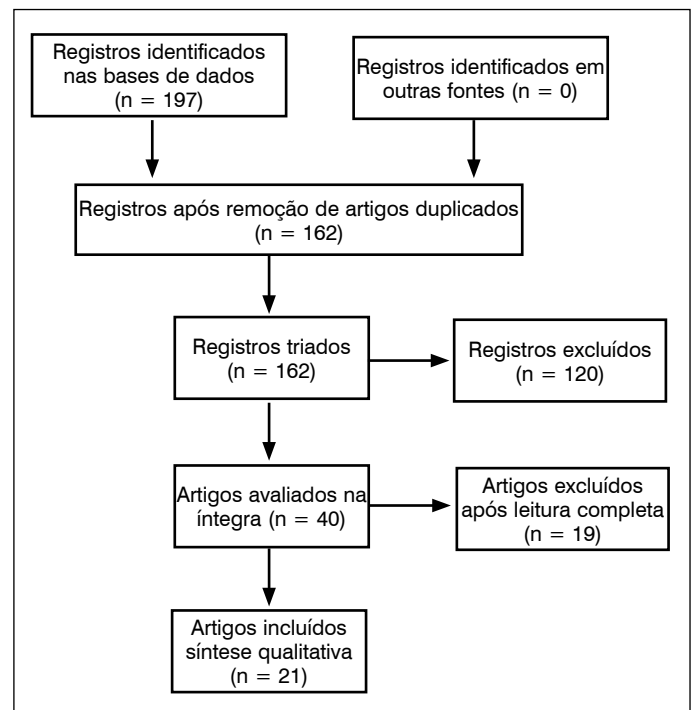


Figura 1. Cronograma referentes artigos publicados em bases de dados.

resultados foram considerados valores médios \pm desvio padrão. Os dados coletados dos três ensaios clínicos e dos 18 relatos/séries de casos foram resumidos na Tabela 1.

ALIF: fusão lombar anterior; AIS: escoliose idiopática adolescente; Cop-PLIF: fusão lombar posterior aberta convencional; DBM: matriz óssea desmineralizada; DLIF: fusão lateral direta; F: feminino; M: masculino; MIS: cirurgia minimamente invasiva; N/A: não se aplica; NR: não reportado; OLIF: fusão lateral oblíqua; PEEK: polietileno tereftalato; PLIF: fusão lombar posterior; RhBMP-2: proteína óssea morfogenética tipo 2; Rom-PLIF: fusão lombar posterior minimamente invasiva robô-assistida; S2AI: S2-alar-iliaco; TLIF: fusão lombar transforaminal; XLIF: fusão lateral extrema; * média \pm desvio padrão; ** desvio ou erro padrão não mencionado. ^a: ensaio clínico com nível de evidência 1; ^b: ensaio clínico com nível de evidência 2; ^c: relato de caso; ^d: série de casos.

Idade média dos participantes: Os três ensaios clínicos trouxeram médias de idades semelhantes entre os participantes, conforme mostrado na tabela 1. Considerando todos os relatos/séries de casos coletados, a idade média dos 30 participantes era de $52,2 \pm 22,2$ anos.

Diagnóstico: O diagnóstico mais reportado foi a estenose, encontrada em três ensaios clínicos^{18,24,28} e três relatos de caso.^{17,20,37} Um total de 62 participantes com estenose foi descrito em procedimentos minimamente invasivos e 63 em procedimentos abertos. O segundo diagnóstico mais relatado foi a espondilolistese, presente em um ensaio clínico²⁸ e em quatro relatos de caso.^{17,20,27,34} Um total de 19 participantes com essa patologia foi descrito nos procedimentos minimamente invasivos, enquanto 15 foram descritos nos procedimentos abertos. Outros diagnósticos estão descritos na Tabela 1.

Intervenção: Cinco diferentes procedimentos de fusão foram revisados: 215 casos de fusão lombar, um de fusão torácica, nove de fusão toracolombar, dois de fusão toracolombossacral e três de fusão lombossacral. Dentre eles, 129 foram realizados por abordagem minimamente invasiva, enquanto 101 foram aplicados em procedimentos abertos. A fusão lombar foi a principal técnica empregada para o tratamento de espondilolistese^{17,20,27,28,34} e estenose.^{17,18,20,24,28,37}

Controle: Somente os três ensaios clínicos coletados apresentavam um grupo controle. Kim et al.,¹⁸ como grupo controle para a Robot-PLIF, tiveram um grupo de fusão lombar posterior convencional aberta (Cop-PLIF). Kim et al.,²⁴ também com um grupo intervencional que foi submetido à Rom-PLIF, tinha um grupo Cop-PLIF como comparador.

Tabela 1. Sumários dos 21 artigos selecionados para inclusão na revisão sistemática.

	Fonte	Nível de Evidência	# de participantes e gênero	Idade média (anos)	Diagnóstico	Intervenção	Grupo Controle	Instrumentação	Enxerto/Implante	Tempo cirúrgico (minutos)	Perda sanguínea (ml)	Eventos adversos	Follow-up (meses)
1	Chachan et al. (2019) ¹⁷	4 ^c	3 (F)	62	1: Espondilolistese e estenose; 2: Hérnia de disco; 3: Espondilolistese e retrolistese com protusão discal	Descompressão anterior lombar neural microscópica com OLIF	N/A	Parafusos pediculares percutâneos	Aloenxerto celular	NR	NR	Não	1: 6; 2: 3; 3: 6
2	Kim et al. (2018) ¹⁸	1 ^a	37 (F) 41 (M)	40-80	Doença degenerativa da coluna com estenose lombar	Robot PLIF	Freehand PLIF	Parafusos pediculares	Subprodutos da lâmina local e osso facetário + DBM	Robot-PLIF: 220.1 ± 55.9*; Freehand-PLIF: 189.8 ± 45.1*	NR	Freehand-PLIF: violação por parafuso e irritação da raiz nervosa	12
3	Anand et al. (2017) ¹⁹	4 ^c	1 (F)	66	Deformidade espinal adulta	Protocolo circunferencial minimamente invasivo	N/A	Parafusos pediculares percutâneos	Enxerto ósseo local, RhBMP-2 e DBM	NR	NR	Desconforto abdominal	24
4	Coe et al. (2016) ²⁰	4 ^c	1 (F)	75	Espondilolistese, estenose espinal e colapso do espaço discal	TLIF	N/A	Cage e parafusos pediculares	Aloenxerto	NR	100	Não	3
5	Maruo et al. (2016) ²¹	4 ^c	1 (F)	61	Hérnia de disco lombar	TLIF	N/A	Cage de PEEK e parafusos pediculares percutâneos	Enxerto ósseo autólogo	NR	300	Hemotórax	0,46
6	Wang et al. (2016) ²²	4 ^c	1 (F)	68	Tuberculose lombar	Drogas antituberculose, desbridamento minimamente invasivo e XLIF	N/A	Parafusos pediculares percutâneos	Enxerto ósseo autólogo	220	500	Não	12
7	Dailey et al. (2015) ²³	4 ^c	1 (F)	24	Escoliose idiopática	Fusão posterior minimamente incisional	N/A	Parafusos pediculares	Implante	NR	NR	Pseudoartrose	6
8	Kim et al. (2015) ²⁴	1 ^a	21 (F) 19 (M)	Rom-PLIF: 64,4 ± 11,9; Cop-PLIF: 64,7 ± 8,6	Lístese degenerativa, lístese lítica, estenose foraminal e central	Rom-PLIF	Cop-PLIF	Parafusos pediculares	NR	Rom-PLIF: 217.75 ± 33.9*; Cop-PLIF: 195 ± 46.9*	NR	NR	NR
9	Sarwahi et al. (2015) ²⁵	4 ^c	2 (F)	12,2	Escoliose neuromuscular	1 – Fusão espinal posterior; 2 – Cirurgia para correção de deformidade espinal	N/A	Parafusos pediculares	Aloenxerto e autoenxerto misturado à vancomicina em pó	1: 300; 2: 420	1: 600; 2: 800	NR	NR
10	Brodano et al. (2014) ²⁶	4 ^c	1 (F)	18	Escoliose idiopática adolescente tipo 1AN (Lenke)	Correção cirúrgica por fusão minimamente invasiva	N/A	Parafuso pedicular posterior	Enxerto ósseo de osteotomia facetária e de banco homólogo	180	550	NR	12
11	Tender (2014) ²⁷	4 ^c	2 (M)	67	Espondilolistese	1: Fusão lombar; 2: Fusão lombar lateral autônoma	N/A	1: Cage e placa; 2: Cage	Aloenxerto	1: 60; 2: 45	NR	1: Fratura coronal e colapso do cage no corpo vertebral; 2: Fratura coronal e cage colapsado	1: > 18; 2: 12
12	Wang et al. (2014) ²⁸	2 ^b	56 (F) 25 (M)	55,3	Estenose do canal lombar, espondilolistese ou instabilidade pós-laminectomia	MIS-TLIF	TLIF aberta	MIS-TLIF: Cage de PEEK e parafuso pedicular percutâneo; TLIF aberta: cage e parafusos pediculares	MIS-TLIF: Enxerto ósseo autólogo; TLIF aberta: NR	MIS-TLIF: 127 ± 25**; TLIF aberta: 168 ± 37**	MIS-TLIF: 274 ± 99; TLIF aberta: 645 ± 163	MIS-TLIF: 2 casos de ruptura dural. Ambos: um caso de não-união	36,1
13	Ntourantonis et al. (2018) ²⁹	4 ^c	1 (F)	76	Fratura vertebral por osteoporose com invasão do canal espinal	Corpectomia menos invasiva e fusão 360	N/A	Parafusos pediculares	NR	NR	Sim	Sangramento pós-operatório	0,23
14	Fomekong et al. (2018) ³⁰	4 ^c	1 (M)	60	Espondilodiscoartrose	TLIF	N/A	Parafusos pediculares percutâneos	NR	NR	NR	Perfuração ureteral	5
15	Agarwal et al. (2016) ³¹	4 ^d	3 (F) 4 (M)	29	Fratura toracolombar do tipo explosão	Fixação com parafusos pediculares percutâneos	N/A	Parafusos pediculares percutâneos	Enxerto de osso corticocanceloso e DBM	NR	NR	Hemorragia devido à violação pelo parafuso	25,7
16	Suratwala et al. (2016) ³²	4 ^c	1 (F)	72	Cifo escoliose	DLIF	N/A	Parafusos pediculares percutâneos e fixação de haste	NR	240	150	Infarto renal agudo	12

	Fonte	Nível de Evidência	# de participantes e gênero	Idade média (anos)	Diagnóstico	Intervenção	Grupo Controle	Instrumentação	Enxerto/Implante	Tempo cirúrgico (minutos)	Perda sanguínea (ml)	Eventos adversos	Follow-up (meses)
17	Funao et al. (2016) ³³	4 ^c	2 (M)	74	Espondilodiscite lombosacral	1: MIS; 2: MIS e fusão anterior	N/A	1: Parafusos pediculares + parafusos percutâneos S2AI; 2: parafusos percutâneos S2AI	1: NR; 2: enxerto ósseo ilíaco	1: 188; 2: 178	1: 26; 2: 171	NR	NR
18	Phan et al. (2015) ³⁴	4 ^c	1 (M)	72	Espondilolistese istmica	ALIF autônoma	N/A	Parafusos pediculares percutâneos	Implante ANCHOR-L	NR	60	Fratura através do promontório sacral e listese	12
19	Wakita et al. (2015) ³⁵	4 ^c	1 (M)	80	Cifoescoliose severa e distúrbio de marcha	OLIF	N/A	Cage e parafusos pediculares percutâneos	NR	300	378	Diminuição de força muscular	3
20	Staub et al. (2015) ³⁶	4 ^c	1 (M)	51	Nanismo acondroplásico	Artrodese	N/A	Cage e parafusos pediculares	Enxerto lateral	NR	NR	Não	0,69
21	Chin et al. (2015) ³⁷	4 ^c	2 (F)	49,5	1: Núcleo pulposo central herniado com fissura anular e dessecção de disco; 2: Possível defeito de hemilaminectomia, núcleo pulposo herniado com severa estenose, colapso discal e alterações na placa terminal	1: Fusão lombar com parafuso pedicular percutâneo; 2: Descompressão e fusão lombar com parafusos pediculares (procedimento aberto)	N/A	1: Cage de PEEK e parafusos pediculares percutâneos; 2: Parafusos pediculares	NR	NR	NR	NR	1: NR; 2: 11

ALIF: fusão lombar anterior; AIS: escoliose idiopática adolescente; Cop-PLIF: fusão lombar posterior aberta convencional; DBM: matriz óssea desmineralizada; DLIF: fusão lateral direita; F: feminino; M: masculino; MIS: cirurgia minimamente invasiva; N/A: não se aplica; NR: não reportado; OLIF: fusão lateral oblíqua; PEEK: polietileno tereftalato; PLIF: fusão lombar posterior; RhBMP-2: proteína óssea morfogenética tipo 2; Rom-PLIF: fusão lombar posterior minimamente invasiva robô-assistida; S2AI: S2-alar-ilíaco; TLIF: fusão lombar transforaminal; XLIF: fusão lateral extrema; * média ± desvio padrão; ** desvio ou erro padrão não mencionado. ^a: ensaio clínico com nível de evidência 1; ^b: ensaio clínico com nível de evidência 2; ^c: relato de caso; ^d: série de casos.

Por sua vez, Wang et al.,²⁸ que tinham uma fusão lombar transforaminal minimamente invasiva (MIS-TLIF) como intervenção, descreveram uma fusão lombar transforaminal aberta (TLIF) como procedimento controle. **Instrumentação:** O uso de parafusos pediculares foi relatado em todos os estudos coletados. É importante mencionar que 11 estudos^{17,19,21,22,28,30-32,34,35,37} se referem à instrumentação como parafusos pediculares percutâneos e 12^{18,20,23,24,26-29,33,36-38} se referem como parafusos pediculares. Alguns deles especificam outros tipos de instrumentação utilizada junto aos parafusos: cage (seis estudos)^{20,21,28,35-37} haste (um estudo)³² e parafusos percutâneos s2AI (um estudo)³³ Tender et al.,²⁷ relataram o uso de cage e placa em um de seus casos e o uso somente da placa em outro dos casos reportados, entretanto esses instrumentos foram utilizados sem os parafusos pediculares (que são citados somente durante a cirurgia de revisão).

Enxerto/Implante: 15 estudos relatam o uso de enxerto ou implantes para os procedimentos cirúrgicos. Dentre eles, somente dois estudos descrevem o uso de implantes.^{23,34} Os outros 13 estudos reportam o uso de diferentes tipos de enxerto, conforme mostrado na Tabela 1.

Tempo cirúrgico: Nove estudos^{18,24,26-28,32,33,35,38} relataram o tempo de cirurgia. Somente dois ensaios clínicos trouxeram essa informação. Kim et al.,¹⁸ reportaram tempo médio de cirurgia de 220,1 ± 55,9 minutos para o grupo Robot-PLIF e de 189,8 ± 45,1 minutos para o grupo Freehand-PLIF. Por sua vez, Kim et al.,²⁴ reportaram, para o grupo Rom-PLIF, 217,7 ± 33,9 minutos, enquanto o tempo médio para o grupo Cop-PLIF foi de 195 ± 46,9 minutos. Os relatos/séries de casos trazem uma média de 241,6 ± 94,5 minutos para os procedimentos minimamente invasivos. Um dos estudos coletados²⁷ reportou o tempo cirúrgico médio para procedimentos não relacionados à fusão com parafusos pediculares, mas com cage e placa.

Perda sanguínea: 11 estudos reportaram perda sanguínea durante os procedimentos cirúrgicos, sendo somente um deles um ensaio clínico.²⁸ Nesse estudo os autores descreveram a perda sanguínea média em relação ao procedimento minimamente invasivo (274 ± 99 ml) e ao procedimento aberto (645 ± 163 ml) ($p < 0,01$). Ntourantonis et al.,²⁹ reportaram perda sanguínea durante o procedimento cirúrgico em seu relato de caso, porém o volume não foi informado. Em relação aos relatos/séries de casos, a perda sanguínea média dos nove estudos que relataram essa informação foi de 330,5 ± 255,0 ml.

Complicações/eventos adversos: Dentre os 21 estudos coletados, houve uma taxa geral de complicações de 57,1% (12 estudos – dois ensaios clínicos e 10 relatos/séries de casos), conforme mostrado na Tabela 1. Quatro estudos^{17,20,22,36} reportaram ausência

de complicações, enquanto cinco estudos^{24,26,33,37,38} não relataram qualquer informação sobre complicações ou eventos adversos.

Reoperação ou revisão: Cinco estudos^{18,24,27,31,34} relataram a necessidade de reoperação ou revisão do procedimento cirúrgico, entretanto somente um deles²⁷ descreveu esse procedimento. Tender et al., reportaram dois casos de espondilolistese degenerativa, nos quais os pacientes foram submetidos a fusões lombares laterais com cage e/ou placa. Devido a complicações relacionadas aos procedimentos cirúrgicos, os pacientes foram submetidos a um segundo procedimento: a colocação de parafusos pediculares em L4-L5 e S1 e enxerto de articulações facetárias (caso 1), e foraminotomia bilateral de L3-L4, seguida de fusão posterolateral instrumentada de L3-L4 (caso 2). Wang et al.,²⁸ declararam ausência de reoperação ou cirurgias de revisão.

Medidas de desfecho: Dos 21 estudos, somente os três ensaios clínicos trouxeram medidas de desfecho. Kim et al.,¹⁸ em pesquisa realizada para comparar, a partir de desfechos clínicos, o procedimento cirúrgico de fusão posterior robô-assistida (Robot-PLIF) e a fusão posterior convencional (Freehand-PLIF) em pacientes com doença degenerativa da coluna, tiveram como medidas de desfecho a Escala Visual Análoga (ou EVA), o Índice Oswestry de Incapacidade (Oswestry Disability Index ou ODI) e o questionário SF-36, além da avaliação radiológica por meio do status de fusão (por tomografia computadorizada), flexão/extensão e degeneração discal por raio-x. Kim et al.,²⁴ relataram análise de controle de soma acumulada para monitoramento do controle de qualidade da acurácia da inserção do parafuso pedicular e, por tomografia computadorizada, a acurácia da inserção do parafuso, a fim de monitorar o controle de qualidade de uma fixação robô-assistida. Wang et al.,²⁸ cujo estudo teve como objetivo avaliar a segurança e a eficácia da fusão lombar transforaminal (TLIF) minimamente invasiva como uma técnica alternativa para pacientes com sobrepeso ou obesos, utilizaram como medidas de desfecho as alterações no tempo cirúrgico, perda sanguínea, tempo de exposição a raios-x e complicações perioperatórias. Alguns dos estudos remanescentes relataram escores obtidos a partir de EVA e ODI, entretanto não são descritos como medidas de desfecho, considerando que se trata de relatos de caso.

Escala Visual Analógica (EVA) e Índice Oswestry de Incapacidade (ODI): Dos 21 estudos coletados, seis possuíam informações sobre EVA (dois ensaios clínicos^{18,28} e quatro relatos de caso)^{17,22,27,30} e nove (dois ensaios clínicos^{18,28} e sete relatos de caso)^{17,20,22,27,30,34,36} sobre ODI. Ambos os ensaios clínicos reportaram um valor médio entre os participantes. Kim et al.,¹⁸ avaliaram EVA para dores nas costas e pernas nos grupos Robot-PLIF e Freehand-PLIF, durante os períodos pré- e pós-operatórios, não demonstrando diferenças significativas entre os grupos em qualquer

dos períodos. Wang et al.,²⁸ avaliaram, por EVA, a dor nas costas nos grupos de procedimento minimamente invasivo e aberto. Nenhuma diferença estatística entre os grupos foi observada. Análises intragrupos não foram mostradas. No que diz respeito aos relatos/séries de casos, nenhum deles demonstrou análise estatística, embora seja observada a diminuição dos escores entre os períodos pré- e pós-operatórios. Em relação ao ODI nos ensaios clínicos, Kim et al.,¹⁸ avaliaram os escores nos grupos Robot-PLIF e Freehand-PLIF, durante os períodos pré- e pós-operatórios, sem diferenças significativas entre os grupos em ambos os períodos. Wang et al.,²⁸ avaliaram ODI nos grupos de procedimento minimamente invasivo e aberto. Novamente não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os grupos e nenhuma análise intragrupo foi mostrada. Nenhum dos relatos/séries de casos demonstrou análise estatística, embora a diminuição nos escores tenha sido observada entre os períodos pré- e pós-operatórios.

Follow-up: A duração média do *follow-up*, considerando 18 estudos (três estudos^{24,33,38} não relatam essa informação) foi de $10,1 \pm 9,3$ meses. Nos ensaios clínicos a duração média foi de $24,1 \pm 17,0$ meses.^{18,28} Nos relatos/séries de casos, essa duração foi de $8,6 \pm 7,4$ meses. Tender et al.,²⁷ em relação ao caso 1 (de dois casos), não relatou o número exato de meses de *follow-up* (" > 18 meses").

Tabela 2. Principais conclusões dos 21 estudos coletados.

Fonte	Principais conclusões
Kim et al. (2018) ^a	Necessidade de <i>follow-up</i> mais extenso, considerando que os desfechos não diferiram entre os grupos.
Kim et al. (2015) ^a	Adequação do controle de qualidade da fixação de parafusos pediculares robô-assistida.
Wang et al. (2014) ^a	MIS-TLIF é um procedimento seguro e confiável para o tratamento de pacientes obesos e com sobrepeso comparado ao procedimento aberto.
Chachan et al. (2019) ^b	Descompressão combinada à fusão lombar oblíqua é factível e segura.
Anand et al. (2017) ^b	Um protocolo com diversas técnicas minimamente invasivas pode ser seguro e eficaz para deformidade da coluna no adulto.
Coe et al. (2016) ^b	O uso do cage multiexpansível possibilita uma abordagem menos invasiva, com resultados clínicos satisfatórios a curto prazo.
Maruo et al. (2016) ^b	Primeiro relato de hemotórax após MIS-TLIF causado por haste com ponta de trocar. A níveis toracolumbares, a atenção à inserção da haste é necessária.
Wang et al. (2016) ^b	A fusão lateral extrema com parafusos pediculares percutâneos pode ser um tratamento eficaz para a tuberculose lombar em idosos.
Dailey et al. (2015) ^b	Atenção à possibilidade de migração caudal após fratura de haste.
Sarwahi et al. (2015) ^b	A abordagem minimamente invasiva parece prover benefícios aos pacientes com escoliose neuromuscular.
Brodano et al. (2014) ^b	A abordagem minimamente invasiva para o tratamento da escoliose idiopática adolescente demonstrou correção da deformidade e vantagens, porém data a longo prazo são necessários.
Tender (2014) ^b	Atenção à fratura vertebral caudal como uma potencial complicação após uma fusão lombar minimamente invasiva.
Ntourantonis et al. (2018) ^b	Deve-se atentar aos sinais de sangramento e hematoma pós-operatórios.
Fomekong et al. (2018) ^b	Atenção à injúria ureteral, considerando suas sérias consequências.
Suratwala et al. (2016) ^b	Em pacientes com aterosclerose, a abordagem lateral para a coluna lombar anterior pode induzir oclusão da artéria renal e infarto renal.
Funao et al. (2016) ^b	Melhora dos desfechos clínicos e estabilização percutânea rígida da coluna lombossacral. São necessárias investigações mais aprofundadas.
Phan et al. (2015) ^b	A fusão é essencial para atingir bons resultados funcionais na espondilolistese istmica com sintomas neurológicos.
Wakita et al. (2015) ^b	O uso da OLIF minimamente invasiva demonstrou vantagens para o tratamento de cifoescoliose degenerativa em paciente com doença de Parkinson.
Staub et al. (2015) ^b	Abordagem aparentemente segura para o nanismo acondroplástico.
Chin et al. (2015) ^b	Colocação bem sucedida de parafusos pediculares.
Agarwal et al. (2016) ^c	A fixação com parafusos pediculares percutâneos pode prover benefícios duradouros, entretanto são necessárias investigações mais aprofundadas.

MIS-TLIF: cirurgia de fusão lombar transforaminal minimamente invasiva; OLIF: fusão lateral oblíqua; ^a: ensaio clínico; ^b: relato de caso; ^c: série de casos.

Principais conclusões: A Tabela 2 sintetiza as principais conclusões dos estudos incluídos na revisão sistemática, de acordo com os respectivos autores. Kim et al.,¹⁸ e Kim et al.,²⁴ relataram, em relação aos seus ensaios clínicos, que as técnicas minimamente invasivas podem ser benéficas aos pacientes. Wang et al.,²⁸ concluíram que a fusão minimamente invasiva é segura e confiável. Os relatos/série de casos apresentaram conclusões bastante específicas e diversificadas entre os estudos, impossibilitando o agrupamento.

DISCUSSÃO

O principal objetivo desta revisão sistemática foi reunir evidências relacionadas à segurança e eficácia da artrodese/fusão minimamente invasiva com parafusos pediculares percutâneos no tratamento da doença degenerativa discal (e outras condições patológicas da coluna) quando comparada à artrodese convencional. Foi identificada uma quantidade considerável de estudos relacionados a essa intervenção na literatura (21), entretanto poucos estudos revisados se tratavam de ensaios clínicos randomizados e controlados (2), cujo desenho experimental possui planejamento com maior rigor e, conseqüentemente, resultados mais confiáveis. A grande maioria dos estudos incluídos nessa revisão (86%) contempla relatos e séries de casos, estudos que apresentam baixo nível de evidência científica e são enviesados por suas metodologias. Portanto, as principais limitações do presente estudo são a falta de ensaios clínicos e o número pequeno de artigos de moderado e alto nível de evidência incluídos.

As conclusões e parâmetros como idade e tempo de *follow-up*, por exemplo, se mostram muito diferentes entre os relatos de caso, dificultando comparações e conclusões assertivas sobre segurança e eficácia das técnicas minimamente invasivas. Dentre os 18 relatos/séries de casos apresentados nesta revisão sistemática, quatro^{26,33,37,38} não trazem informações sobre complicações ou eventos adversos e apenas três^{17,20,36} relataram a ausência dessas situações. Todos esses fatores, considerados em conjunto, permitem apenas inferências a respeito da segurança e da eficácia da técnica e da instrumentação.

Já os ensaios clínicos realizados para avaliar as técnicas minimamente invasivas sugerem que essas podem ser benéficas aos pacientes, porém os resultados apresentados não foram significativamente diferentes daqueles obtidos a partir dos procedimentos abertos ou exigiam períodos mais longos de *follow-up*, dificultando a comprovação de superioridade de um procedimento em relação ao outro.

Apesar da dificuldade de demonstração de superioridade, os achados referentes às técnicas minimamente invasivas apontam para um procedimento seguro e confiável e atribuem os resultados não conclusivos a limitações relacionadas ao desenho do estudo, tempo de acompanhamento e número de participantes. Dos três ensaios clínicos recuperados, somente dois apresentaram desenho experimental que incluiu um grupo controle e técnica de randomização.^{18,24} O estudo de Kim et al.,¹⁸ ressaltou que seria necessário um *follow-up* maior que dois anos para obtenção de dados mais precisos. Além disso, os autores discutem que muitos participantes não tiveram acesso à tomografia computadorizada no período pós-operatório (apenas 28 no grupo minimamente invasivo e 25 no grupo convencional), fato que pode ter influenciado nas conclusões. Kim et al.,²⁴ por sua vez, coloca como possível limitação do estudo as diferenças na instrumentação (parafuso) utilizada entre os grupos e o fato de não ter sido incluído o tempo de operação na medida de qualidade de performance. O terceiro ensaio clínico coletado,²⁸ apesar de controlado, não era randomizado. Esse estudo relata apenas três complicações no grupo tratado com procedimento minimamente invasivo e uma no grupo de procedimento convencional, sem necessidade de reparo ou revisão cirúrgica. Os autores concluíram, então, que a técnica de fusão minimamente invasiva é segura e confiável, porém essa conclusão foi feita com base em uma população não randomizada, pequena e específica (pacientes com sobrepeso e obesos). Vale ressaltar, no entanto, que quase todos os estudos mostraram que não houve efeitos adversos graves relacionados à utilização da técnica minimamente invasiva. Esses achados são corroborados por estudos de coorte e prospectivos não contemplados nessa revisão sistemática.

A escassez de ensaios clínicos de alto grau de evidência, verificada a partir da elaboração desta revisão sistemática, foi também objeto de discussão de Park et al.,³⁹ em metanálise que incluiu nove estudos de coorte prospectivos publicados até dezembro de 2017, envolvendo a comparação entre a fusão lombar minimamente invasiva e a técnica convencional. Os resultados encontrados nesse estudo demonstram que as técnicas de fusão lombar minimamente invasivas são mais efetivas comparada as técnicas abertas no tratamento para espondilolisteses no que se refere a melhora da função e redução das taxas de infecção, perda sanguínea e tempo de internação. No entanto, não houve diferença significativa em parâmetros como melhora da dor, taxas de fusão, complicações ou necessidade de cirurgias subsequentes. Em contrapartida, o estudo prospectivo de Giorgi et al.,⁴⁰ que envolveu 66 participantes e *follow-up* de 2 anos, reportam resultados satisfatórios obtidos a partir da técnica minimamente invasiva (taxa de fusão de 96,8% em análises radiográficas), com baixa taxa de complicações pós-operatórias (6,1%), demonstrando a necessidade da condução de estudos mais robustos para obtenção de resultados significativos e confiáveis.

CONCLUSÕES

Apesar do nível de evidência da maioria dos estudos incluídos dificultar a demonstração de eficácia e superioridade entre as técnicas cirúrgicas revisadas, os achados referentes ao procedimento minimamente invasivo apontam para uma abordagem segura e confiável para o tratamento de doenças lombares. Muitos dos estudos com níveis de evidência mais baixos apresentam resultados favoráveis e adicionam informações à nossa compreensão sobre a aplicação da técnica e da instrumentação em casos raros e críticos de distúrbios lombares, entretanto ensaios clínicos, estudos prospectivos e estudos de coorte podem ser mais indicados e confiáveis para fins de determinação da melhor abordagem a ser escolhida para cada paciente em populações mais generalizadas.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste manuscrito. VMB: Participação ativa na discussão dos resultados, revisão e aprovação da versão final; FVCS: Participação ativa na discussão dos resultados, revisão e aprovação da versão final, revisão de literatura; EAI: Participação ativa na discussão dos resultados, revisão e aprovação da versão final, análise e interpretação dos dados; FJO: Participação ativa na discussão dos resultados, revisão e aprovação da versão final, revisão de literatura; TS: Participação ativa na discussão dos resultados, revisão e aprovação da versão final, análise e/ou interpretação dos dados; SC: Participação ativa na discussão dos resultados, revisão e aprovação da versão final, localização dos estudos; DAP: Participação ativa na discussão dos resultados, revisão e aprovação da versão final, localização dos estudos.

REFERÊNCIAS

- Bono CM, Lee CK. Critical analysis of trends in fusion for degenerative disc disease over the past 20 years: influence of technique on fusion rate and clinical outcome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(4):455-63.
- Deyo RA, Mirza SK, Martin BI, Kreuter W, Goodman DC, Jarvik JG. Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults. *JAMA*. 2010;303(13):1259-65.
- Yoshihara H, Yoneoka D. National trends in the surgical treatment for lumbar degenerative disc disease: United States, 2000 to 2009. *Spine J*. 2015;15(2):265-71.
- Yavin D, Casha S, Wiebe S, Feasby TE, Clark C, Isaacs A, et al. Lumbar fusion for degenerative disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin Neurosurg*. 2017;80(5):701-15.
- Thomsen K, Christensen FB, Eiskjær SP, Hansen ES, Fruensgaard S, Bünger CE. The effect of pedicle screw instrumentation on functional outcome and fusion rates in posterolateral lumbar spinal fusion: A prospective, randomized clinical study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(24):2813-22.
- Bjarke Christensen F, Stender Hansen E, Laursen M, Thomsen K, Bünger CE. Long-term functional outcome of pedicle screw instrumentation as a support for posterolateral spinal fusion: randomized clinical study with a 5-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(12):1269-77.
- Wang MY. Percutaneous thoracolumbar pedicle screw fixation: is it time to revisit spinal fracture treatment? *World Neurosurg*. 2010;74(6):570-1.
- Foley KT, Gupta SK. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine: preliminary clinical results. *J Neurosurg*. 2002;97(1 Suppl):7-12.
- Kim DY, Lee SH, Sang KC, Lee HY. Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: Percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(1):123-9.
- Foley K, Holly L, Schwender J. Minimally invasive lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(15S):S26-35.
- Logroscino CA, Proietti L, Pola E, Scaramuzza L, Tamburelli FC. A minimally invasive posterior lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spine instabilities. *Eur Spine J*. 2011;20(S1):S41-5.
- Holly LT, Schwender JD, Rouben DP, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: indications, technique, and complications. *Neurosurg Focus*. 2006;20(3):E6.
- Dangelmajer S, Zadnik PL, Rodriguez ST, Gokaslan ZL, Sciubba DM. Minimally invasive spine surgery for adult degenerative lumbar scoliosis. *Neurosurg Focus*. 2014;36(5):E7.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol*. 2009;339:b2700.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Antes G, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement (Chinese edition). *Chin J Integr Med*. 2009;339:b2535.
- Durieux N, Pasleau F, Howick J. The Oxford 2011 levels of evidence. Oxford Centre for Evidence-based Medicine. 2011.
- Chachan S, Bae J, Lee S, Suk J, Shin S. Microscopic anterior neural decompression combined with oblique lumbar interbody fusion—a technical note. *World Neurosurg*. 2019;121:37-43.
- Kim HJ, Kang KT, Chun HJ, Hwang JS, Chang BS, Lee CK, et al. Comparative study of 1-year clinical and radiological outcomes using robot-assisted pedicle screw fixation and freehand technique in posterior lumbar interbody fusion: A prospective, randomized controlled trial. *Int J Med Robot*. 2018;14(4):e1917.
- Anand N, Kong C, Fessler RG. A staged protocol for circumferential minimally invasive surgical correction of adult spinal deformity. *Neurosurgery*. 2017;81(5):733-9.
- Coe J, Zucherman J, Kucharzyk D, Poelstra K, Miller L, Kunwar S. Multiexpandable cage for minimally invasive posterior lumbar interbody fusion. *Med Devices (Auckl)*. 2016;9:341-7.
- Maruo K, Tachibana T, Inoue S, Arizumi F, Yoshiya S. Hemothorax caused by the trocar tip of the rod inserter after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: case report. *J Neurosurg Spine*. 2016;24(3):394-7.
- Wang Q, Xu Y, Chen R, Dong J, Liu B, Rong L. A novel indication for a method in the treatment of lumbar tuberculosis through minimally invasive extreme lateral interbody fusion (XLIF) in combination with percutaneous pedicle screws fixation in an elderly patient: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(48):e5303.
- Dailey S, Crawford A, Asghar F. Implant failure following posterior spinal fusion-caudal migration of a fractured rod: case report. *Spine Deform*. 2015;3(4):380-5.
- Kim HJ, Lee SH, Chang BS, Lee CK, Lim TO, Hoo LP, et al. Monitoring the quality of robot-assisted pedicle screw fixation in the lumbar spine by using a cumulative summation test. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40(2):87-94.
- Sarwahi V, Amaral T, Wendolowski S, Gecelter R, Gambassi M, Plakas C, et al. Minimally invasive scoliosis surgery: a novel technique in patients with neuromuscular scoliosis. *Biomed Res Int*. 2015;2015:481945.
- Brodano GB, Martikos K, Vommaro F, Greggi T, Boriani S. Less invasive surgery in idiopathic scoliosis: a case report. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2014;18(1 Suppl):24-8.
- Tender G. Caudal vertebral body fractures following lateral interbody fusion in nonosteoporotic patients. *Ochsner J*. 2014;14(1):123-30.
- Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Qing Li C, Jie Zheng W, Liu J. Comparison of the clinical outcome in overweight or obese patients after minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion. *J Spinal Disord Tech*. 2014;27(4):202-6.
- Ntourantonis D, Tsekouras V, Korovessis P. Delayed fatal lumbar artery bleeding following less invasive posterolateral decompression and fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43(16):e976-9.
- Fomekong E, Pierrard J, Danse E, Tombal B, Raftopoulos C. An unusual case of ureteral perforation in minimally invasive pedicle screw instrumentation: case report and review of the literature. *World Neurosurg*. 2018;111:28-35.
- Agarwal N, Choi PA, Sekula RF. Minimally invasive spine surgery for unstable thoracolumbar burst fractures: a case series. *Surg J (NY)*. 2016;2(4):e131-8.
- Suratwala SJ, Cronin M, Kondra K, Leone V. Acute renal infarction after lateral lumbar interbody spinal fusion for kyphoscoliosis. *Spine Deform*. 2016;4(5):385-9.
- Funao H, Keibaish KM, Isogai N, Koyanagi T, Matsumoto M, Ishii K. Utilization of a technique of percutaneous S2 alar-iliac fixation in immunocompromised patients with spondylodiscitis. *World Neurosurg*. 2017;97:757.e11-757.e18.
- Phan K, Mobbs RJ. Sacrum fracture following L5-S1 stand-alone interbody fusion for isthmus spondylolisthesis. *J Clin Neurosci*. 2015;22(11):1837-9.
- Wakita H, Shiga Y, Ohtori S, Kubota G, Inage K, Sainoh T, et al. Less invasive corrective surgery using oblique lateral interbody fusion (OLIF) including L5-S1 fusion for severe lumbar kyphoscoliosis due to L4 compression fracture in a patient with Parkinson's disease: a case report. *BMC Res Notes*. 2015;8:126.
- Staub BN, Holman PJ. Lateral retroperitoneal transpoas interbody fusion in a patient with achondroplastic dwarfism. *J Neurosurg Spine*. 2015;22(2):162-5.
- Chin KR, Seale J, Cumming V. Mini-open or percutaneous bilateral lumbar transfacet pedicle screw fixation: a technical note. *J Spinal Disord Tech*. 2015;28(2):61-5.
- Sarwahi V, Horn J, Kulkarni P, Wollowick A, Lo Y, Gambassi M, et al. Minimally invasive surgery in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Spine Surg*. 2016;29(8):331-40.
- Park Y, Seok SO, Lee S Bin, Ha JW. Minimally invasive lumbar spinal fusion is more effective than open fusion: a meta-analysis. *Yonsei Med J*. 2018;59(4):524-38.
- Giorgi H, Prebet R, Andriantsimivona R, Tropiano P, Blondel B, Parent H. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation (UNILIF): morbidity, clinical and radiological 2-year outcomes of a 66-patient prospective series. *Eur Spine J*. 2018;27(8):1933-9.