

腹臥位 LLIF 適正実施指針

日本脊椎脊髄病学会 新技術評価検証委員会 腹臥位 LLIF ワーキンググループ

2025 年 12 月 15 日 (第 1 版)

日本脊椎脊髄病学会

新技術評価検証委員会 腹臥位 LLIF ワーキンググループ委員

海渡貴司	大阪ろうさい病院整形外科
金村徳相	江南厚生病院整形外科(専務理事、ワーキンググループ委員長)
川口善治	富山大学附属病院整形外科
種市洋	獨協医科大学病院整形外科
坂野友啓	浜松医科大学医学部附属病院整形外科
細金直文	杏林大学医学部附属病院整形外科(新技術評価検証委員会担当理事)
松村昭	大阪市立総合医療センター整形外科
八木満	国際医療福祉大学成田病院整形外科(新技術評価検証委員会委員長)

2025年12月15日時点

序文

脊椎固定術は、変性疾患、脊柱変形、感染症、外傷、腫瘍などさまざまな脊椎疾患の外科治療において重要な役割を果たす。高齢化が進み、脊椎変性疾患の有病率が増加していることもあり、本邦のみならず世界的にも脊椎固定術の件数が急増している。現在施行されている脊椎固定術(椎体間固定術)には、後方経路腰椎椎体間固定術(Posterior Lumbar Interbody Fusion: PLIF)、経椎間孔腰椎椎体間固定術(Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: TLIF)、前方経路腰椎椎体間固定術(Anterior Lumbar Interbody Fusion: ALIF)、側方腰椎椎体間固定術(Lateral Lumbar Interbody Fusion: LLIF)がある。それぞれに利点と欠点が存在し、患者の病態や術者の経験等からその方法が選択される。脊椎固定術の長期的な効果や課題が明らかになるにつれ、それぞれの固定術はさらに改良され、この分野は今なお発展している¹。しかし既存の文献ではどのアプローチも他のアプローチよりも優れた臨床結果をもたらすという明確な証拠は示されていない^{2,3}。

LLIFは腰椎の側方からアプローチする脊椎固定術であり、大腰筋の前を通る前大腰筋(antepsoas: OLIFなど)アプローチと、大腰筋を通る経大腰筋(transpsoas: XLIF・DLIFなど)アプローチがある。LLIFは基本的には脊椎前方手術であり、その原型としてはMayerらやMcAfeeら⁴によって報告されているが、2001年にPimentaによって現在に繋がるLLIFとして報告され、2006年にはXLIFとして発展した⁵。本邦においては2012年に導入された後に急速に普及し、標準的な脊椎固定術のひとつとなっている。LLIFは大型椎体間ケージを椎体輪状骨端に設置することによる安定した支持性・強固な固定性、椎間高整復によるすべりや椎間変形矯正および脊柱管や椎間孔の間接的な除圧^{6,7,8}など、ALIFと同等の効果や骨癒合率(90%以上)を達成できるとされている^{9,10,11}。また手技の発展や手術インストゥルメントの革新により従来のALIFと比べ手術侵襲を低減させ、大血管や内臓への侵襲を軽減することができる。さらにPLIFやTLIFでは挿入困難である高度前弯角を有する椎体間ケージの使用が可能で、脊柱変形の矯正にも優れているとされている。

しかしLLIFは脊椎後方手術とは異なる合併症リスクを伴う¹²⁻¹⁶。特に脊椎前側方に存在する大血管や腹腔内・後腹膜臓器の損傷は重篤な合併症となり得る。また腰神経叢に対する損傷はLLIFに特有のものではないが、本術式においてそのリスクが高い合併症の一つである。本邦においてもまれではあるが大血管や消化管の損傷などの重篤な合併症が報告されている。そのため、日本脊椎脊髄病学会は2017年1月にLLIFの安全な普及と適正な使用を目的として適正実施指針(第1版)を策定した。また日本脊椎脊髄病学会では2015年から2020年に実施された本邦でのLLIFの合併症に対して全国アンケート調査を実施した¹⁷。回答が得られた13,245例のLLIFのうち、366例(2.76%)に手術関連合併症が報告された。合併症には感覚障害、運動障害、大腰筋の筋力低下、大血管損傷、腹部臓器損傷、さらには死亡例などが含まれ、これらの発生は手術の適応および術式選択において慎重な判断が求められることを示している。本邦への導入後10年が経過しLLIFは広く普及、その手技

も標準化が進められてきた。また、合併症発生を低減するための対策も講じられてきたが、それでも合併症の発生リスクは依然として完全に排除できない。そのため LLIF のさらなる安全な普及と適正な使用を図る目的で、2024 年に日本脊椎脊髄病学会および日本脊髄外科学会は合同して LLIF の適正実施指針の改訂を行った¹⁸。

側臥位で行う LLIF には根本的な課題が存在する。LLIF は、生体力学的に安定した固定を得るために、原則として腹臥位で経皮的あるいは開創による椎弓根スクリューを用いた後方固定術の追加が必要である¹⁹⁻²¹。そのため患者を側臥位から腹臥位に体位変換する必要があり、この体位変換には一定の時間を要する。結果として、手術時間や麻酔時間の延長を招き、それに伴う合併症の増加や医療コストの上昇につながる。

この課題を克服すべく、2018 年に側臥位での単一体位のままで LLIF および後方固定術を同時に実施する方法が提案され、従来の体位変換を行う LLIF を用いた固定術と比較していくつかの利点が報告されている。手術中の体位変更を必要としないことにより、手術室のワークフローを最適化し、手術時間の短縮、医療コストの削減、さらには手術および麻酔時間に関連する合併症の減少などが報告されている²²⁻²⁴。しかし側臥位での椎弓根スクリューの挿入や後方固定術は、脊椎外科医にとっては不慣れな手技であり、ナビゲーションシステムやロボット支援技術の発展によりそのワークフローは一定程度改善されたものの、腹臥位での操作と比べてその技術難度は依然として高い。また椎弓切除などの除圧術や骨切り術、変形矯正術などの実施には後方からのアプローチが必要であり、側臥位単一体位での脊椎固定術には適応の限界が存在する。

近年、Pimenta らにより、LLIF を腹臥位で実施するアプローチが提唱された²⁵。この手技は手術中の体位変換を不要とし、従来の体位変換を行う LLIF と同様の利点を維持しながら、その制約を克服できる可能性がある。LLIF を腹臥位で行うことにより後方からの固定や直接除圧、骨切り術などの手技を体位変換なしで実施できる^{26-32,33-35}。特に、本術式は後方からの直接除圧や変形矯正が必要な症例に適している。また腹臥位では腹部が懸垂され、股関節が伸展するため、受動的な腰椎前弯が得られるという理論的な利点もある³⁶。

一方で、腹臥位 LLIF には、従来の側臥位 LLIF と同様の合併症リスクが存在し、また特殊な機器の使用や、術者の習熟を要するなどの制約もある³⁷。側臥位 LLIF に関しては、15 年以上にわたる臨床成績および安全性に関するデータが蓄積されている³⁸が、腹臥位 LLIF の安全性と有効性に関するプロファイルは未だ確立されていない³⁹。2024 年に公表された側臥位と腹臥位の LLIF を比較したメタアナリシスでは、腹臥位 LLIF は、手術時間および入院期間を短縮しつつ、従来の体位変換を行う側臥位 LLIF と比較して合併症や再手術率を増加させることなく施行可能であると報告されている⁴⁰。しかしながら腹臥位 LLIF の潜在的な利点が示されている一方で、関連する患者転帰に関するエビデンスは十分に示されておらず、今後のさらなるデータの蓄積により、腹臥位 LLIF の安全性と有効性に関するプロファイルの確立が必要である³⁹⁻⁴¹。

腹臥位 LLIF の本邦への導入にあたり、日本脊椎脊髄病学会・日本脊髄外科学会の合同

側方経路腰椎椎体間固定術(LLIF)適正実施指針策定ワーキンググループにより策定された側方経路腰椎椎体間固定術(Lateral Lumbar Interbody Fusion:LLIF)適正実施指針第2版およびこれまで報告されている文献をもとに、腹臥位LLIFの1. 適応、2. 禁忌・注意すべき症例、3. 合併症、4. 手技上の留意点、5. 実施施設基準、6. 実施医基準、7. 研修(講習会と手術見学)、8. 症例登録について明確にした。その上で腹臥位LLIFを適正かつ安全に施行するために上記項目を網羅した適正実施指針を策定した。本指針が、腹臥位LLIFに携わる医療従事者にとって有益な情報源となり、安全で効果的な治療の提供に貢献することを期待する。本術式の実施者は、本指針の内容を十分に理解し、必要な基準を満たしたうえで、適切な施設において適切な手技によって本術式を行うことを強く要望する。最後に本指針は本邦への導入に際して作成されたものであり、本邦への導入後、その普及や有効性、合併症の発生状況等を鑑みた上で改訂される必要がある。

1. 適応

(1) 適応椎間

- ・ 原則、腰椎レベル(L1/2, L2/3, L3/4, L4/5)で実施する。
上記腰椎レベル内であれば実施椎間数に制限はない。
- ・ 移行椎を有する場合は周辺の解剖に応じて適応椎間を慎重に判断する。

(2) 適応疾患

- ・ 腰椎すべり症(変性すべり症、分離すべり症)
- ・ 変形性腰椎症(腰椎変性後弯症、腰椎変性側弯症または後側弯症)
- ・ 腰部脊柱管狭窄症
- ・ 腰椎椎間板症
- ・ 腰椎分離症
- ・ 腰椎固定術後隣接椎間障害
- ・ 腰椎除圧後の脊柱管再狭窄
- ・ 腰椎椎体骨折後後弯症
- ・ その他(上記以外で腰椎椎体間固定術の適応となる疾患)

(3) 慎重に判断が必要な疾患

- ・ 透析性脊椎症
- ・ 脊柱靭帯骨化症

2. 禁忌・注意すべき症例

(1) 禁忌椎間

- ・ T12/L1 を含む胸椎椎間
- ・ L5/S1 椎間(移行椎を有する場合は周辺の解剖に応じて適応椎間を慎重に判断)
- ・ 完全に骨癒合している椎間

(2) 禁忌症例

- ・ インプラント原材料にアレルギーを有する例
- ・ 活動的もしくは制御できていない感染症を有する例
- ・ 局所的な炎症徴候を認める例
- ・ 対象椎間の上位椎または下位椎に脊椎腫瘍を有する例
- ・ 医師の指示に従えない例(術後安静度を守れない症例など)
- ・ 腹部大動脈瘤を有する例
- ・ 著しい大動脈石灰化を有する例
- ・ 腰椎高位の椎体置換が必要な例

- ・ 思春期特発性側弯症等の非成人脊柱変形例

(3) 注意すべき症例

(ア) 一般的な注意すべき症例

- ・ 重度骨粗鬆症(ステロイド性を含む)を有する例
- ・ 腎機能障害やアレルギーのため血管造影用ヨード剤を用いた術前評価や血管損傷時に適切な診断・治療ができない例
- ・ 進入側の開腹ないし後腹膜進入手術の既往を有する例
- ・ 小児または成長過程にある例
- ・ 神経麻痺を有する例
- ・ 腰椎椎間板ヘルニアなど脊椎前方成分が主たる病変に対して直接除圧が必要な例(LLIFで前方圧迫成分の直接除圧を行うことは推奨しない)

(イ) 解剖学的に注意すべき症例

- ・ 移行椎を有する例(周辺の解剖に応じて適応椎間を慎重に判断する)
- ・ 結腸と腰方形筋の間に十分なスペースのない例
- ・ 腎臓後方に結腸が走行する例(retro-renal colon 例など)
- ・ L1/2にLLIFを行う例(横隔膜へのアプローチの検討や胸膜損傷の可能性がある)
- ・ High iliac crestを有する例(椎間へのアプローチが困難な場合があり、終板損傷などをきたす可能性が高くなる)
- ・ 対象椎間周囲の血管走行破格を有する例
- ・ Rising psoas signを有する例(腰神経叢がより腹側に位置して損傷の可能性が高くなる)
- ・ 対象椎間に著しい骨棘形成を有する例
- ・ 椎間関節強直を有する例
- ・ 片腎摘出術後の対側進入を行う例(残存腎の損傷により透析導入となる可能性がある)
- ・ 前縦靭帯の断裂が疑われる例(ケージ脱転の恐れがある)

3. 合併症

(1) 合併症発生率:0.6～26.3% (文献 40,43,45,47,48)

(2) 各合併症

- ・ 大血管損傷:0～0.3%(文献 40,43-48)
- ・ 腸管損傷:0～0.05% (文献 40,43-48)
- ・ 神経麻痺(一過性を含む):0～5.8%(文献 40,43-48)
- ・ 進入側の大腿部症状

- ・ 感覚異常:8.2～45%(文献 40,44-46,48)
- ・ 股関節屈曲筋力低下:0.9～39%(文献 40,44-48)
- ・ 手術部位感染(浅層):0.8-11%(文献 44,48)
- ・ ケージ沈下:0.8～3.8%(文献 40,44,47)
- ・ 前縦靭帯損傷:0.8～3.8%(文献 40,43-46)
- ・ 終板損傷:0～1.1%(文献 44,46)
- ・ 尿管損傷:0～0.3%(文献 40,43-48)

(3) 側臥位 LLIF との比較

合併症の発生率については側臥位 LLIF と腹臥位 LLIF では差は認めない。

(文献 35,39,42-47 vs. 14,17)

	腹臥位 LLIF	側臥位 LLIF
大血管損傷	0～0.3%	0.13%
腸管損傷	0～0.05%	0.04%
神経麻痺 1)	0～5.8%	0.93～6.0%
尿管損傷	0～0.3%	0.05%
進入側の大腿部症状		
感覚障害 2)	8.2～45%	記載なし
股関節屈曲筋力低下 3)	0.9～39%	0.22～4.9%
感染4)	0.8～11%	0.19～0.9%
前縦靭帯損傷	0.8～3.8%	0.09%

注釈

- 1) 神経麻痺について発生頻度に幅があるのは、神経麻痺の定義に報告間で違いがあるためである(術直後、術後3か月以上継続など)。
- 2) 腹臥位 LLIF の論文では進入側の大腿部感覚障害の明確な評価がないためである。
- 3) 股関節屈曲筋力低下の発生頻度に幅があるのは筋力低下の定義に報告間で違いがあるためである(術直後、術後3か月以上継続など)。
- 4) 腹臥位 LLIF では表層感染を含めて感染を定義している一方、側臥位 LLIF では深部感染のみを対象としており、両者を同一基準で比較することができない。

4. 実施にあたっての手技上の留意点

* 基本的に側臥位 LLIF と同じ留意事項が求められる。

(1) 術前評価

手術前に CT、MRI などの画像検査を施行し、腹臥位 LLIF アプローチが可能かどうかを十分に評価する。

- (2) 体位固定具の使用
腹臥位 LLIF 専用の腹臥位フレームの使用が推奨される。
- (3) 術者の作業環境整備
術者が安定した姿勢を保持し、十分な視野を確保できるよう、手術環境を整える。
- (4) 進入経路
進入方法は経大腰筋アプローチによる。
- (5) 臓器損傷リスクに対する認識
腹臥位で後腹膜臓器が前方へシフトし進入経路と干渉しにくいとする報告⁴⁸と、逆に後方へシフトし進入経路と干渉しやすいとする報告⁴⁹があるため、神経、血管、腹腔内臓器の損傷を回避するために必要に応じて術野を拡大し、目視による確認と慎重かつ十分な剥離操作等を行い手術を進める。
- (6) 術中モニタリング
神経モニタリングおよび術中イメージ(透視など)を併用する。
- (7) 器械操作に関する注意
側臥位 LLIF では椎間板搔爬器械(コブ、キュレット、トライアル)が重力方向に沿って進むため方向保持と垂直確認が比較的容易であるが、腹臥位 LLIF では器械先端が腹側へ落ち込みやすくなるため、術者による方向保持および外部からの水平確認に特段の注意が必要である。
- (8) 合併症への対応
神経、血管、腹腔内臓器などを損傷した場合、腹臥位 LLIF では体位の制約により迅速な対応が困難となる可能性がある。そのため、以下の対処を迅速に行うことが求められる。
 - ・ 体位変換: 腹臥位での対応が困難と判断された場合は、速やかに側臥位や仰臥位に体位変換を行う。
 - ・ 血管損傷時の対応: 術中に血管損傷を認めた場合は、まず直視下で圧迫止血などの一次止血操作を行う。出血が制御困難な場合や損傷の程度が大きい場合には、血管外科医または血管手術に十分な経験を有する医師による止血・損傷部の修復が必要である。必要に応じて、IVR による止血も選択肢となる。
 - ・ 腹腔内臓器損傷時の対応: 消化器・泌尿器等の臓器損傷が疑われる場合には、事前に連携体制を整備した関連診療科(消化器外科、泌尿器科など)との協働のもと、速やかに開腹あるいは腹腔鏡下での確認および修復を行う。
- (9) 術後経過観察
術後は損傷臓器の機能障害・出血・感染などを考慮し、十分なモニタリングと経過観察を実施する。
- (10) 神経モニタリングの解釈
神経モニターの情報はいくまで補助的であり、術者は他の臨床情報を含めて総合的に

判断すること。

(11) インプラントの選定

患者の解剖学的特徴や病態を考慮し、適切なサイズおよび形状のインプラントを選定すること。

5. 実施施設基準

次のいずれの要件も満たすこと。

- (1) 全身麻酔下で腹臥位 LLIF が実施可能な施設。
- (2) 血管損傷や腸管損傷を含めた合併症発生時に緊急対応が可能な体制を有する施設であり、かつ緊急対応可能な医師が常勤していること。
- (3) (1)を満たさない実施施設は、緊急対応可能な体制を有する医療機関等との連携が整備されていること。

6. 実施医基準

次のいずれの要件も満たすこと。

- (1) 日本脊椎脊髄病学会もしくは日本脊髄外科学会に所属し、脊椎脊髄外科手術の専門知識及び LLIF の知識を有するもの。
- (2) 経大腰筋 LLIF (XLIF、DLIF など) の術者 (指導的助手を含む) としての執刀数を 30 症例以上有するもの。症例には前大腰筋 LLIF (OLIF など) の経験数は含めない。
- (3) 7. に定める講習会受講と手術見学を修了した者。

7. 研修(講習会と手術見学)

本品の有効性及び安全性を確保するためには、本品に関する十分な知識及び技量を有する医師が適応を遵守して使用することが重要である。そのため本手術の実施に際しては必要な知識及び技量を習得することを目的に、事前に関連学会(日本脊椎脊髄病学会、日本脊髄外科学会)から監修をうけた、各企業作成の講習会の受講および指定された施設での手術見学を実施することとする。

手術見学施設は別に定める。

8. 症例登録

本手術実施者は日本脊椎脊髄病学会あるいは日本脊髄外科学会が定める手術症例レジストリーでの全例登録を行う必要がある。登録は手術実施後、定められた期間までに速やかに登録を行う。

また日本脊椎脊髄病学会あるいは日本脊髄外科学会および学会の関連委員会が、手術

の安全な実施のために手術実施症例の必要な情報を求めた際には速やかに応じる必要がある。

参考文献

1. Reisener MJ, Pumberger M, Shue J, Girardi FP, Hughes AP. Trends in lumbar spinal fusion—a literature review. *J Spine Surg.* 2020;6(4): 752–761.
2. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg.* 2015;1(1): 2–18.
3. Teng I, Han J, Phan K, Mobbs R. A meta-analysis comparing ALIF, PLIF, TLIF and LLIF. *J Clin Neurosci.* 2017;44: 11–17.
4. McAfee PC, Regan JJ, Geis WP, Fedder IL. Minimally invasive anterior retroperitoneal approach to the lumbar spine. Emphasis on the lateral BAK. *Spine (Phila PA 1976).* 1998;23(13): 1476–84.
5. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, Taylor WR. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J.* 2006;6(4): 435–43.
6. Xu DS, Walker CT, Godzik J, Turner JD, Smith W, Uribe JS. Minimally invasive anterior, lateral, and oblique lumbar interbody fusion: a literature review. *Ann Transl Med.* 2018;6: 104.
7. Malham GM, Parker RM, Goss B, Blecher CM. Clinical results and limitations of indirect decompression in spinal stenosis with laterally implanted interbody cages: results from a prospective cohort study. *Eur Spine J.* 2015;24(Suppl 3): 339–45.
8. Elowitz EH, Yanni DS, Chwajol M, Starke RM, Perin NI. Evaluation of indirect decompression of the lumbar spinal canal following minimally invasive lateral transpoas interbody fusion: radiographic and outcome analysis. *Minim Invasive Neurosurg.* 2011;54: 201–6.
9. Berjano P, Langella F, Damilano M, Pejrona M, Buric J, Ismael M, Villafañe JH, Lamartina C. “Fusion rate following extreme lateral lumbar interbody fusion. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 2015;243: 369–71.
10. Rodgers WB, Lehmen JA, Gerber EJ, Rodgers JA. Grade 2 spondylolisthesis at L4–5 treated by XLIF: safety and midterm results in the ‘worst case scenario.’ *ScientificWorldJournal.* 2012;2012: 356712.
11. Manzur MK, Steinhaus ME, Virk SS, Jivanelli B, Vaishnav AS, McAnany SJ, Albert TJ, Lyer S, Gang CH, Wureshi SA. Fusion rate for stand-alone lateral

- lumbar interbody fusion: a systematic review. *Spine J Off J North Am Spine Soc.* 2020;20(11) : 1816–25.
12. Hijji F, Narain A, Bohl D, Ahn J, Long WW, DiBattista JV, Kudaravalli KT, Singh K. Lateral lumbar interbody fusion: a systematic review of complication rates. *Spine J.* 2017; 17(10): 1412-1419.
 13. Uribe JS, Deukmedjian AR. Visceral, vascular, and wound complications following over 13,000 lateral interbody fusions: a survey study and literature review. *Eur Spine J.* 2015;24 Suppl 3: 386-96.
 14. Fujibayashi S, Kawakami N, Asazuma T, Ito M, Mizutani J, Nagashima H, Nakamura M, Sairyo K, Takemasa R, Iwasaki M. Complications associated with lateral interbody fusion: nationwide survey of 2998 cases during the first 2 years of its use in Japan. *Spine (Phila PA 1976).* 2017; 42(19): 1478-1484.
 15. Katz AD, Singh H, Greenwood M, Cote M, Moss IL. Clinical and radiographic evaluation of multilevel lateral lumbar interbody fusion in adult degenerative scoliosis. *Clin Spine Surg.* 2019;32(8): E386-E396.
 16. Aguirre AO, Soliman MAR, Azmy S, Khan A, Jowdy PK, Mullin JP, Pollina J. Incidence of major and minor vascular injuries during lateral access lumbar interbody fusion procedures: a retrospective comparative study and systematic literature review. *Neurosurg Rev.* 2022;45(2): 1275-1289
 17. Yagi M, Fujita N, Hasegawa T, Inoue G, Kotani Y, Ohtori S, Orita S, Oshima Y, Sakai D, Sakai T, Taneichi H, Togawa D, Nakanishi K, Nakashima H, Yoshii T, Nakamura M, Iwasaki M, Watanabe M, Haro H, Kanemura T, Hosogane N; New technology assessment committee of the Japanese Society for Spine Surgery and Related Research. nationwide survey of the surgical complications associated with lateral lumbar interbody fusion in 2015-2020. *Spine Surg Relat Res.* 2022;7(3): 249-256.
 18. 側方経路腰椎椎体間固定術（Lateral Lumbar Interbody Fusion: LLIF）適正実施指針（第2版）日本脊椎脊髄病学会・日本脊髄外科学会合同 側方経路腰椎椎体間固定術（LLIF）適正実施指針策定ワーキンググループ. 2024年8月29日
 19. Nayak AN, Gutierrez S, Billys JB, Santoni BG, Castellvi AE. Biomechanics of lateral plate and pedicle screw constructs in lumbar spines instrumented at two levels with laterally placed interbody cages. *Spine J.* 2013;13: 1331–8.

20. Fogel GR, Parikh RD, Ryu SI, Turner AW. Biomechanics of lateral lumbar interbody fusion constructs with lateral and posterior plate fixation: laboratory investigation. *J Neurosurg Spine*. 2014;20: 291–7.
21. Cappuccino A, Cornwall GB, Turner AW, et al. Biomechanical analysis and review of lateral lumbar fusion constructs. *Spine (Phila PA 1976)*. 2010;35(26 Suppl): S361–7.
22. Ouchida J, Kanemura T, Satake K, Nakashima H, Ishikawa Y, Imagama S. Simultaneous single-position lateral interbody fusion and percutaneous pedicle screw fixation using O-arm-based navigation reduces the occupancy time of the operating room. *Eur Spine J*. 2020 Jun;29(6): 1277-1286.
23. Buckland AJ, Ashayeri K, Leon C, Manning J, Eisen L, Medley M, Protopsaltis TS, Thomas JA.. Single position circumferential fusion improves operative efficiency, reduces complications and length of stay compared with traditional circumferential fusion. *Spine J*. 2021;21: 810–20.
24. Thomas JA, Menezes C, Buckland AJ, Khajavi K, Ashayeri K, Braly BA, Kwon B, Cheng I, Berjano P. Single-position circumferential lumbar spinal fusion: an overview of terminology, concepts, rationale and the current evidence base. *Eur Spine J*. 2022;31(9): 2167–2174.
25. Pimenta L, Taylor WR, Stone LE, Wali AR, Santiago-Dieppa DR. Prone transposas technique for simultaneous single-position access to the anterior and posterior lumbar spine. *Oper Neurosurg*. 2020;20(1): E5–E12.
26. Farber SH, Naeem K, Bhargava M, Porter RW. Single-position prone lateral transposas approach: early experience and outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2022; 36(3): 358-365.
27. Lamartina C, Berjano P. Prone single-position extreme lateral interbody fusion (Pro-XLIF): preliminary results. *Eur Spine J*. 2020; 29(1 suppl 1): 6-13.
28. Morgan CD, Katsevman GA, Godzik J, Catapano JS, Hemphill C, Turner JD, Uribe JS. Outpatient outcomes of patients with femoral nerve neurapraxia after prone lateral lumbar interbody fusion at L4–5. *J Neurosurg Spine*. 2022; 37(1): 92-95.
29. Pimenta L, Amaral R, Taylor W, Tohmeh A, Pokorny G, Rodrigues R, Arnoni D, Guirelli T, Batista M. The prone transposas technique: preliminary radiographic results of a multicenter experience. *Eur Spine J*. 2021; 30(1): 108-113.
30. Pimenta L, Pokorny G, Amaral R, Ditty B, Batista M, Moriguchi R, Filho FM, Taylor WR. Single-position prone transposas lateral interbody fusion including

- L4L5: early postoperative outcomes. *World Neurosurg.* 2021; 149: e664-e668.
31. Smith TG, Joseph SA Jr, Ditty B, Amaral R, Tohmeh A, Taylor WR, Pimenta L. Initial multi-centre clinical experience with prone transpsoas lateral interbody fusion: feasibility, perioperative outcomes, and lessons learned. *N Am Spine Soc J.* 2021; 6: 100056.
 32. Soliman MAR, Aguirre AO, Ruggiero N, Kuo CC, Mariotti BL, Khan A, Mullin JP, Pollina J. Comparison of prone transpsoas lateral lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spine disease: a retrospective radiographic propensity score-matched analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2022; 213: 107105.
 33. Farber SH, Naeem K, Bhargava M, Porter RW. Single-position prone lateral transpsoas approach: early experience and outcomes. *J Neurosurg Spine.* 2022;36(3):358–365.
 34. Barkay G, Wellington I, Mallozzi S, Singh H, Moss IL. The prone lateral approach for lumbar fusion-a review of the literature and case series. *Medicina.* 2023;59(2):251.
 35. Buckland AJ, Proctor DJ, Thomas JA, Protopsaltis TS, Ashayeri K, Braly BA. Single-position prone lateral lumbar interbody fusion increases operative efficiency and maintains safety in revision lumbar spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2024;49(3):E19–E24.
 36. Walker CT, Farber SH, Gandhi S, Godzik J, Turner JD, Uribe JS. Single-position prone lateral interbody fusion improves segmental lordosis in lumbar spondylolisthesis. *World Neurosurg.* 2021; 151: e786-e792.
 37. White MD, Uribe JS. Transpsoas approaches to the lumbar spine: lateral and prone. *Neurosurg Clin N Am.* 2023;34(4):609-617.
 38. Walker CT, Farber SH, Cole TS, et al. Complications for minimally invasive lateral interbody arthrodesis: a systematic review and meta-analysis comparing prepsoas and transpsoas approaches. *J Neurosurg Spine.* 2019; 30(4): 446-460.
 39. Farber SH, Valenzuela Cecchi B, O'Neill LK, Chapple KM, Zhou JJ, Alan N, Gooldy TC, DiDomenico JD, Snyder LA, Turner JD, Uribe JS. Complications associated with single-position prone lateral lumbar interbody fusion: a systematic review and pooled analysis. *J Neurosurg Spine.* 2023;39(3):380-386.
 40. Rohde M, Echevarria A, Carrier R, Zinner M, Ngan A, Verma R. Prone single position approach to lateral lumbar interbody fusion: systematic review and

- meta-analysis. *Int J Spine Surg.* 2024;18(4):408-417.
41. Jacome FP, Lee JJ, Hiltzik DM, Cho S, Pagadala M, Hsu WK. Single position prone lateral lumbar interbody fusion: A review of the current literature. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2024;17(9):386-392.
 42. NaPier Z. Prone transpsoas lateral interbody fusion (PTP LIF) with anterior docking: preliminary functional and radiographic outcomes. *N Am Spine Soc J.* 2023;16:100283.
 43. Soliman MAR, Diaz-Aguilar L, Kuo CC, Aguirre AO, Khan A, San Miguel-Ruiz JE, Amaral R, Abd-El-Barr MM, Moss IL, Smith T, Deol GS, Ehresman J, Battista M, Lee BS, McMains MC, Joseph SA Jr, Schwartz D, Nguyen AD, Taylor WR, Pimenta L, Pollina J. Complications of the prone transpsoas lateral lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spine disease. *Neurosurgery.* 2023;93(5):1106-1111.
 44. Wellington IJ, Antonacci CL, Chaudhary C, Coskun E, Cote MP, Singh H, Mallozzi SS, Moss IL. Early clinical outcomes of the prone transpsoas lumbar interbody fusion technique. *Int J Spine Surg.* 2023;17(1):112-121.
 45. Ehresman J, Farber SH, Battista M, Lee KE, Lee BS. Clinical outcomes and radiographic results of prone transpsoas lateral lumbar interbody fusion: A single-institution case series. *Neurosurgery.* 2025;96(4):763-768.
 46. Pimenta L, Pokorny G, Pokorny J, Marcelino F, Moriguchi R, Barreira I, Arnoni D, Mizael W, Amaral R. Survey of major complications after prone transpsoas surgery: an analysis of early adopters' practice. *Neurosurg Re.* 2024;47:260.
 47. Pevenage PMV, Tohmeh AG, Howell KM. Clinical and radiographic outcomes following 120 consecutive patients undergoing prone transpsoas lateral lumbar interbody fusion. *Eur Spine J.* 2024;33:3492–3502.
 48. Pimenta L, Joseph SA Jr, Moore JA, Miles J, Alvernia JE, Howell KM. Risk of injury to retroperitoneal structures in prone and lateral decubitus transpsoas approaches to lumbar interbody fusion: A pilot cadaveric anatomical study. *Cureus.* 2023;15(7):e41733.
 49. Menezes CM, Andrade LM, Lacerda GC, Salomão MM, Freeborn MT, Thomas JA. Intra-abdominal content movement in prone versus lateral decubitus position lateral lumbar interbody fusion (LLIF). *Spine (Phila Pa 1976).* 2024;49(6):426-431.