

Complicaciones asociadas a la artrodesis intersomática lumbar por vía lateral. Revisión narrativa de la bibliografía

Matías Pereira Duarte

Sector Patología del Raquis del Adulto, Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Introducción: El abordaje lateral de la columna lumbar en la artrodesis intersomática está descrito para tratar varias enfermedades. Si bien es un procedimiento seguro, a medida que la técnica ha ganado popularidad, se han publicado diversas complicaciones asociadas. El objetivo de este artículo es presentar una revisión narrativa de la bibliografía para proveer al lector de un resumen organizado de las complicaciones comunicadas más frecuentes relacionadas con esta técnica. **Materiales y Métodos:** Se llevó a cabo una revisión narrativa de la bibliografía obtenida en las bases de datos PubMed, Web of Science, Scopus y LILACS para identificar artículos que detallen complicaciones relacionadas con el abordaje lateral de la columna lumbar. **Resultados:** Luego del análisis de los resultados de la búsqueda bibliográfica, se seleccionaron 18 artículos para esta revisión. **Conclusiones:** Las complicaciones más frecuentes directamente relacionadas con este abordaje son la cruralgia y el déficit motor para la flexión de la cadera o la extensión de la pierna que, en su gran mayoría, son transitorias y reversibles. Hay escasos reportes de lesiones vasculares severas o fatales.

Palabras clave: Artrodesis lateral; cirugía de columna; complicaciones; XLIF; LLIF; abordaje lateral de columna lumbar.

Nivel de Evidencia: III

Complications of Lateral Lumbar Interbody Fusion (XLIF). Narrative Literature Review

ABSTRACT

Introduction: The lateral approach for lumbar interbody fusion has been described for the treatment of diverse pathologies. Although it is a safe procedure, its popularity has led to an increase in reports of complications associated with it. The objective of this work is to conduct a narrative review of the literature on the most frequently reported complications associated with this surgical approach. **Materials and Methods:** We performed a narrative review of the literature based on the publications obtained from the following databases: PubMed.gov, Web of Science, Scopus and Lilacs to identify published articles that detail complications related to the lateral approach to the lumbar spine. **Results:** After analyzing the results of the bibliographic search, 18 articles were selected to carry out this review. **Conclusions:** The most frequent complications directly related to this approach are thigh pain and motor deficit for hip flexion and/or leg extension, which are mostly temporary and reversible. Severe or fatal vascular injuries have rarely been reported.

Keywords: Lateral lumbar arthrodesis; spine surgery; complications; XLIF; LLIF; lateral approach to the lumbar spine.

Level of Evidence: III

INTRODUCCIÓN

El abordaje lateral de la columna lumbar para la artrodesis intersomática, comúnmente denominado XLIF (*extreme lateral interbody fusion*) o LLIF (*lateral lumbar interbody fusion*), es una técnica que surgió hace alrededor de 15 años y, según la mayoría de las series publicadas, los resultados son prometedores. Se ha descrito para el tratamiento de diversas enfermedades (degenerativas, traumáticas, oncológicas e infecciosas).¹ Es una técnica segura que proporciona un adecuado soporte estructural entre los platillos vertebrales proveyendo una mayor superficie

Recibido el 1-12-2023. Aceptado luego de la evaluación el 10-12-2023 • Dr. MATÍAS PEREIRA DUARTE • matiaspereiraduarte@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-5652-2631>

Cómo citar este artículo: Pereira Duarte M. Complicaciones asociadas a la artrodesis intersomática lumbar por vía lateral. Revisión narrativa de la bibliografía. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2024;89(1):76-82. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2024.89.1.1861>

de contacto que actúe como lecho para realizar una artrodesis sólida, y permite la corrección de deformidades en los planos coronal y sagital, así como también, la descompresión indirecta del canal raquídeo y los forámenes respetando los elementos posteriores.²

Tanto el abordaje lateral convencional como el mínimamente invasivo se promocionan como técnicas que han logrado disminuir las tasas de lesiones vasculares y viscerales al compararlas con el abordaje ALIF (*anterior lumbar interbody fusion*) y evitar el trauma de la musculatura, la inervación y la vascularización paraespinal de las técnicas de artrodesis intersomáticas posteriores, como TLIF (*transforaminal lumbar interbody fusion*) y PLIF (*posterior lumbar interbody fusion*). Asimismo, se describen beneficios potenciales, como una incisión más pequeña, menos pérdida de sangre, tiempos quirúrgicos más cortos, restauración de la altura del espacio discal, tasas de infección reducidas, estancias hospitalarias más cortas, incremento de las tasas de fusión, disminución de las tasas de subsistencia, menor dolor posoperatorio y tasas de reoperación más bajas.²

Sin embargo, a medida que el empleo de este abordaje y sus variantes se ha extendido, comenzaron a publicarse en todo el mundo complicaciones asociadas.

El objetivo de este artículo es presentar una revisión narrativa de la bibliografía para proveer al lector de un resumen organizado de las complicaciones comunicadas más frecuentes y proporcionar herramientas para evitarlas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una revisión narrativa de la bibliografía obtenida del análisis de las siguientes bases de datos: PubMed, Web of Science, Scopus y LILACS, para identificar artículos que detallen complicaciones relacionadas con el abordaje lateral de la columna lumbar.

Se utilizaron los siguientes términos de búsqueda combinados: “(lateral lumbar interbody fusion OR extreme lateral lumbar interbody fusion OR XLIF OR LLIF) AND (complic* OR complication OR adverse event)”.

Se compararon los títulos de los estudios encontrados en las bases de datos. Se eliminaron los registros duplicados y se examinaron los artículos restantes para su inclusión de acuerdo con el título y el resumen. Además, se revisaron las referencias de los artículos incluidos para garantizar que no se perdieran citas relevantes. El autor de este artículo realizó, de forma independiente y estandarizada, las evaluaciones de elegibilidad.

Los criterios de selección fueron los siguientes:

- Artículos publicados en inglés o español
- Artículos publicados en una revista científica revisada por pares
- Ensayos prospectivos o retrospectivos, aleatorizados o no clínicos
- Estudios de casos y controles o de cohortes (prospectivos o retrospectivos)
- Artículos publicados en los últimos 20 años
- Artículos que incluyeran la descripción y el detalle de las complicaciones relacionadas, de manera directa, con el abordaje lateral de la columna lumbar.

Los criterios de exclusión fueron:

- Otras revisiones, informes de casos, cartas al editor, estudios en animales, capítulos de libros y comentarios
- Artículos que no reportan complicaciones en los resultados
- Artículos que incluyen abordajes diferentes del abordaje lateral de la columna lumbar
- Artículos en idiomas distintos del inglés y español

RESULTADOS

Se identificaron 1044 artículos en las cuatro bases de datos. Después de una selección inicial, la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, y la eliminación de los duplicados, se incluyeron y evaluaron integralmente 18 estudios.³⁻²⁰

DISCUSIÓN

En su primera publicación sobre este procedimiento, en 2006, Ozgur y cols.¹ no comunicaron complicaciones en los primeros 13 pacientes tratados. Sin embargo, estas fueron apareciendo a medida que el procedimiento fue ganando popularidad.

Las complicaciones más frecuentes tras un abordaje lateral de la columna lumbar son el dolor anterior del muslo (cruralgia) o las disestesias a ese nivel. En su etiopatogenia, se describe una irritación del músculo psoas o una neuropraxia del nervio genitofemoral (rama del plexo lumbar) durante la disección roma de este músculo, ya sea por la presión del retractor, la isquemia indirecta o el hematoma posoperatorio.^{1,3-5,21-25} La tasa de esta complicación oscila entre el 23%⁶ y el 39%⁷. Sin embargo, Rodgers y cols.³ describen un rango mucho más amplio, del 0,7% al 62,7%. La mayoría de las lesiones se producen al atravesar el psoas con los dilatadores o con el distractor²⁶ y se ha comprobado que el tiempo de permanencia en posición abierta tiene una relación directa con la tasa de lesión neurológica posoperatoria.^{3,8-10,27} El nivel L4-L5 es el más propenso a sufrir esta lesión, ya que, aproximadamente en el 44% de los casos, las estructuras nerviosas cruzan a nivel del campo quirúrgico ideal teórico (Figura 1).²³ Pumberger y cols.⁸ evaluaron a 181 pacientes, y el 38% de ellos acudió con dolor anterior de muslo a las seis semanas de la cirugía. Sin embargo, este porcentaje fue disminuyendo paulatinamente, al 11% a las 12 semanas y al 1% a las 26 semanas. Otros autores informaron la recuperación espontánea de esta complicación en el 50%, a los tres meses y el 90%, al año.²⁸

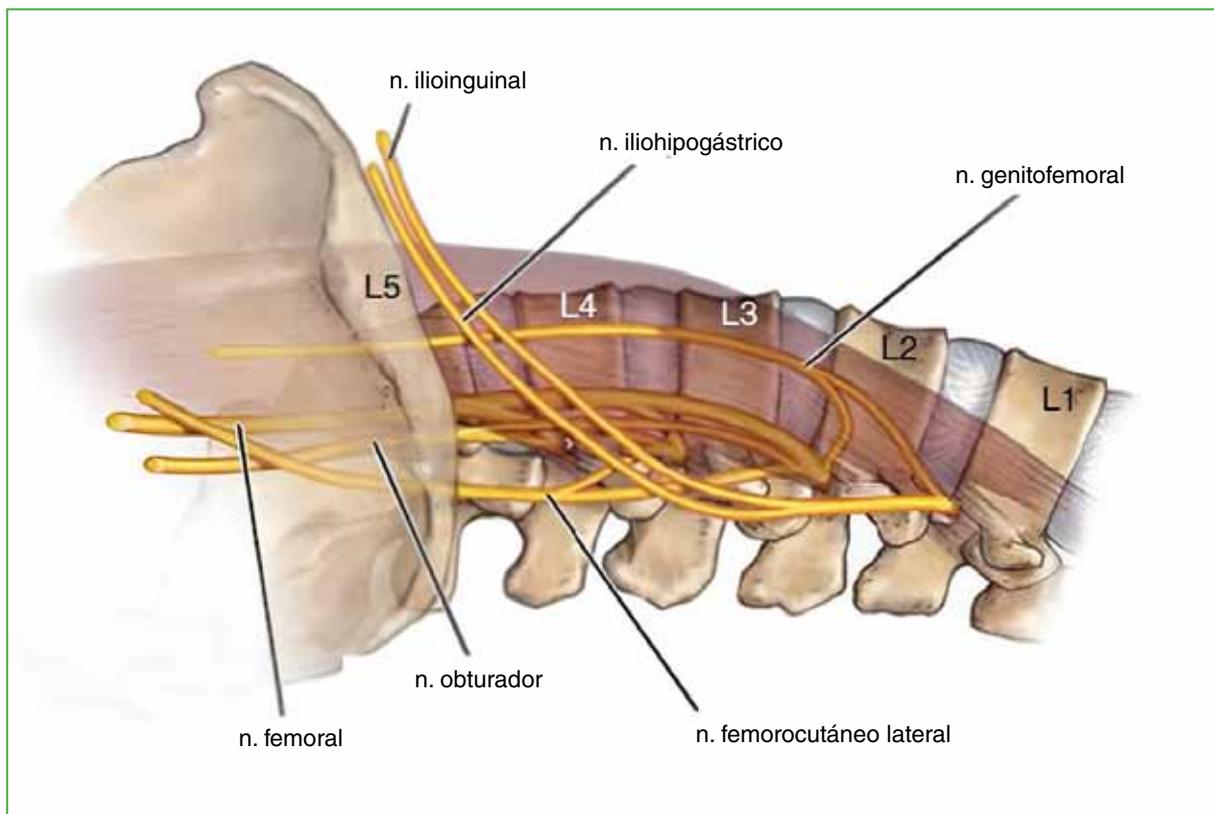


Figura 1. Diagrama con la localización habitual de las raíces que constituyen el plexo lumbar y su relación con la columna vertebral y el músculo psoas.

La segunda complicación más frecuente es el déficit de la fuerza muscular para la flexión de la cadera, cuya tasa varía del 1% al 36%.^{6,9,24,29,30} En estos casos, Pawar y cols.³¹ hacen referencia a un déficit mecánico por la lesión directa del músculo psoas y un déficit neurológico debido a la irritación o lesión del plexo nervioso intramuscular. Según estos autores, la tasa de déficit mecánico en la flexión de la cadera fue del 13,1% (n = 32) a las seis semanas, y disminuyó al 3,7% (n = 9) a las 12 semanas; al 2,9% a los seis meses y al 1,6% a los 12 meses. En tanto que el déficit motor relacionado con el plexo lumbar fue menor, del 4,9% (n = 12), 4,9% (n = 12), 2,9% (n = 7) y 2,9% (n = 7), respectivamente. El sexo femenino y la duración de la cirugía fueron factores de riesgo

independientes para el déficit flexor mecánico, mientras que la duración de la cirugía fue el único factor de riesgo independiente para el déficit motor relacionado con el compromiso del plexo lumbar. Esta variable se relaciona directamente con el tiempo de permanencia abierta de la separación y la dilatación como ya se describió.

La desaferentación simpática es también una complicación neurológica, tiene una frecuencia del 4% al 12%,¹⁹ y se debe a la lesión de la cadena simpática lateral. Habitualmente, los pacientes refieren un miembro homolateral a la lesión con un aumento leve del tamaño y la temperatura, y con más sudoración que el contralateral. Aunque la experiencia clínica del autor demuestra que lo que más llama la atención del paciente o el evaluador es la frialdad del miembro contralateral en comparación con el miembro afectado.

Las complicaciones más temidas durante este procedimiento son las lesiones vasculares mayores, sumamente infrecuentes (0,4%)¹⁹ o muy poco reportadas, pero los resultados pueden ser devastadores, como la muerte.¹⁷ Existe el riesgo de lesionar el componente venoso durante los abordajes derechos,¹⁸ mientras que una lesión arterial es más probable en los abordajes izquierdos. Dentro del espectro de lesiones vasculares, están también aquellas de los vasos menores. En una serie de 181 pacientes, Pumberger y cols.⁸ reportan una lesión de la arteria segmentaria lumbar (0,5%) y dos (1%) lesiones en la vena iliolumbar ascendente.

La subsidencia del implante es la migración de su lugar original en cualquier dirección. Esta complicación tiene una tasa del 10-14%^{19,21} y puede estar asociada o no a la fractura de los platillos vertebrales (Figura 2).^{12-14,25} Según Essig y cols.,¹⁵ la edad avanzada, la osteoporosis y una orientación sagital de las facetas son factores de riesgo para la subsidencia del implante cuando esta técnica se utiliza de forma aislada o “stand alone”. Estos autores sugieren un soporte complementario por vía posterior cuando existen estas condiciones. La subsidencia del implante hacia anterior está relacionada con la rotura desapercibida del ligamento longitudinal común anterior durante una discectomía muy anterior o debido a una dilatación intempestiva del espacio discal, así como en los procedimientos de ACR (*anterior column realignment*)³² con el uso de cajas hiperlordóticas sin dispositivos de autorretención.

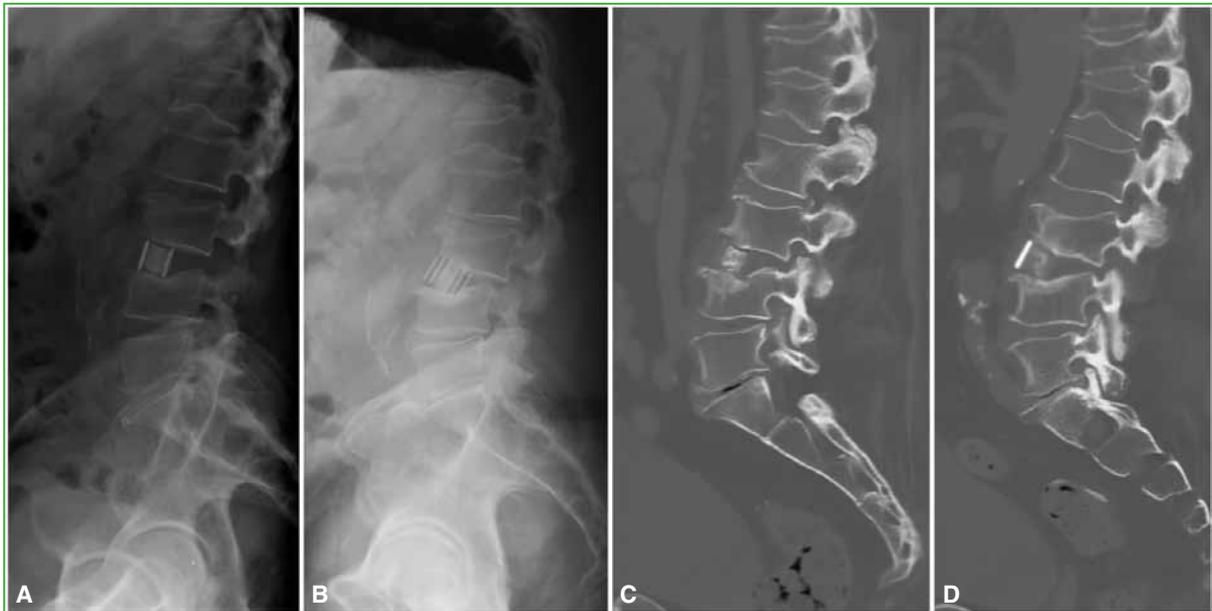


Figura 2. A. Radiografía de columna lumbosacra posoperatoria inmediata de un paciente sometido a una artrodesis intersomática de columna lumbar L3-L4 “stand alone” por vía lateral. B. Control radiográfico a los 15 días de la intervención. Se observa la movilización y la rotación del implante asociadas a un hundimiento del platillo vertebral superior de L4 e inferior de L3. C y D. Tomografía computarizada de columna lumbosacra, cortes parasagitales, a los 15 días de la cirugía del mismo paciente. Se destacan los hallazgos anteriores. Estos estudios muestran lo que se denomina subsidencia del implante.

La pseudoartrosis o falla en la consolidación es una complicación tardía de la técnica, pero no tanto del abordaje. La tasa varía entre el 7,5%¹⁹ y el 19%³⁰ aproximadamente. Esto depende de la cantidad de niveles con artrodesis, la fijación posterior complementaria, la prolijidad de la discectomía y la preparación de los platillos, así como de las comorbilidades del paciente (tabaquismo, vasculopatías, diabetes), entre otras tantas variables.

La tasa de infección del sitio quirúrgico es baja comparada con la de los abordajes posteriores convencionales para la columna lumbar (alrededor del 1-3%).^{3,20,33} Asimismo, la gran mayoría de los casos comunicados han sido infecciones superficiales de la herida.³

Dentro de las complicaciones específicas de este abordaje, se han descrito, de manera muy infrecuente, las hernias de la pared abdominal por desnervación. Dakwar y cols.¹¹ comunicaron una asimetría en la pared abdominal por protrusión del contenido, relacionada con la desnervación de los músculos oblicuo interno y transversal del abdomen por lesión de los ramos ilioinguinal e iliohipogástrico. Asimismo, el nervio subcostal que emerge de T12 inerva los músculos recto anterior y oblicuo externo, por lo que debe ser reconocido y protegido.³⁴ Si ocurre esta complicación, según la evidencia disponible, las molestias del paciente son más estéticas por la asimetría que funcionales.

Otras complicaciones perioperatorias publicadas de esta técnica son: íleo posoperatorio, perforaciones intestinales, arritmias, insuficiencia respiratoria, úlcera gástrica, retención aguda de orina y seromas o demora en la cicatrización de la herida. Todas con una tasa inferior al 1%.^{19,21}

En 2019, Walker y cols.³³ publicaron un metanálisis de las complicaciones del abordaje lateral de la columna lumbar utilizando abordajes prepsoas (1874 pacientes) y transpsoas (4607 pacientes). En detrimento del abordaje prepsoas, detectaron una mayor incidencia de lesiones nerviosas simpáticas (5,4% prepsoas vs. 0% transpsoas) y más lesiones neurovasculares mayores (1,8% prepsoas vs. 0,4% transpsoas). Por el contrario, en detrimento del abordaje transpsoas, reportaron tasas más altas de déficits sensoriales temporales (21,7% vs. 8,7%), de debilidad del flexor de la cadera (19,7% vs. 5,7%) y de infección (3,1% vs. 1,1%). Notablemente, las tasas de lesiones urológicas, peritoneales e intestinales, íleo posoperatorio, hematomas, subsidencia (12,2% prepsoas vs. 13,8% transpsoas) y pseudoartrosis (9,9% prepsoas vs. 7,5% transpsoas) fueron comparables en ambos grupos.

Cabe destacar que, según la evidencia disponible, las tasas de complicaciones y su gravedad no se han visto modificadas por el sobrepeso.¹⁶ Por lo tanto, la obesidad no predispone a una tasa de complicaciones más alta, a diferencia de lo que ocurre en los abordajes posteriores convencionales.

CONCLUSIONES

Las complicaciones más frecuentes directamente relacionadas con el abordaje lateral de la columna lumbar son la cruralgia y el déficit motor para la flexión de la cadera y la extensión de la pierna que, en su gran mayoría, son transitorias y reversibles en los primeros seis meses. La incidencia del resto de las complicaciones es variable según la bibliografía consultada, y los reportes de lesiones vasculares catastróficas son escasos.

Cabe destacar que este abordaje requiere una planificación imagenológica detenida y detallada para cada paciente en particular, junto con un conocimiento de la anatomía y de la técnica.

Conflicto de intereses: El autor no declara conflictos de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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;6:435-43. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2005.08.012>
2. Pereira Duarte M, Petracchi MG, Mereles ME, Gruenberg M, Solá CA, Girardi FP. Arthrodesis intersomática lateral de columna lumbar: Técnica quirúrgica y conceptos actuales [Lateral lumbar interbody fusion. Surgical technique and current concepts]. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2018;83(4):303-16. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2018.83.4.754>

3. Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson J. Intraoperative and early postoperative complications in extreme lateral interbody fusion: an analysis of 600 cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36(1):26-32. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181e1040a>
4. Fontes RB, Traynelis VC. Transposas approach and complications. *J Neurosurg Spine* 2011;15(1):9-10; author reply p. 10. <https://doi.org/10.3171/2010.12.SPINE10741>
5. Ahmadian A, Deukmedjian AR, Abel N, Dakwar E, Uribe JS. Analysis of lumbar plexopathies and nerve injury after lateral retroperitoneal transposas approach: diagnostic standardization. *J Neurosurg Spine* 2013;18(3):289-97. <https://doi.org/10.3171/2012.11.SPINE12755>
6. Moller DJ, Slimack NP, Acosta FL Jr, Koski TR, Fessler RG, Liu JC. Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion and transposas approach-related morbidity. *Neurosurg Focus* 2011;31(4):E4. <https://doi.org/10.3171/2011.7.FOCUS11137>
7. Cummock MD, Vanni S, Levi AD, Yu Y, Wang MY. An analysis of postoperative thigh symptoms after minimally invasive transposas lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine* 2011;15:11-8. <https://doi.org/10.3171/2011.2.SPINE10374>
8. Pumberger M, Hughes AP, Huang RR, Sama AA, Cammisa FP, Girardi FP. Neurologic deficit following lateral lumbar interbody fusion. *Eur Spine J* 2012;21:1192-9. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2087-9>
9. Isaacs RE, Hyde J, Goodrich JA, Rodgers WB, Phillips FM. A prospective, nonrandomized, multicenter evaluation of extreme lateral interbody fusion for the treatment of adult degenerative scoliosis: perioperative outcomes and complications. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(26 Suppl):S322-30. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182022e04>
10. Lykissas MG, Aichmair A, Hughes AP, Sama AA, Lebl DR, Taher F, et al. Nerve injury after lateral lumbar interbody fusion: a review of 919 treated levels with identification of risk factors. *Spine J* 2014;14(5):749-58. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.06.066>
11. Dakwar E, Le TV, Baaj AA, Smith WD, Akbarnia BA, Uribe JS. Abdominal wall paresis as a complication of minimally invasive lateral transposas interbody fusion. *Neurosurg Focus* 2011;31(4):E18. <https://doi.org/10.3171/2011.7.FOCUS11164>
12. Karikari IO, Grossi PM, Nimjee SM, Hardin C, Hodges TR, Hughes BD, et al. Minimally invasive lumbar interbody fusion in patients older than 70 years of age: analysis of peri- and postoperative complications. *Neurosurgery* 2011;68(4):897-902. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3182098bfa>
13. Dua K, Kepler CK, Huang RC, Marchenko A. Vertebral body fracture after anterolateral instrumentation and interbody fusion in two osteoporotic patients. *Spine J* 2010;10(9):e11-5. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2010.07.007>
14. Brier-Jones JE, Palmer DK, Inceoglu S, Cheng WK. Vertebral body fractures after transposas interbody fusion procedures. *Spine J* 2011;11(11):1068-72. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2011.07.020>
15. Essig DA, Cho W, Hughes AP, Huang RC, Sama AA, Girardi FP, et al. Risk factors for implant subsidence after stand-alone lateral interbody fusion. *Spine J* 2014;14(11 Suppl):S114. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.08.284>
16. Rodgers WB, Cox CS, Gerber EJ. Early complications of extreme lateral interbody fusion in the obese. *J Spinal Disord Tech* 2010;23(6):393-7. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181b31729>
17. Assina R, Majmundar NJ, Herschman Y, Heary RF. First report of major vascular injury due to lateral transposas approach leading to fatality. *J Neurosurg Spine* 2014;21(5):794-8. <https://doi.org/10.3171/2014.7.SPINE131146>
18. Buric J, Bombardieri D. Direct lesion and repair of a common iliac vein during XLIF approach. *Eur Spine J* 2016;25 (Suppl 1):89-93. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-4134-4>
19. Epstein NE. Review of risks and complications of extreme lateral interbody fusion (XLIF). *Surg Neurol Int* 2019;10:237. https://doi.org/10.25259/SNI_559_2019
20. Fujibayashi S, Kawakami N, Asazuma T, Ito M, Mizutani J, Nagashima H, et al. 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):1478-84. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002139>
21. Quinn JC, Fruauff K, Lebl DR, Giambone A, Cammisa FP, Gupta A, et al. Magnetic resonance neurography of the lumbar plexus at the L4-L5 disc: development of a preoperative surgical planning tool for lateral lumbar transposas interbody fusion (LLIF). *Spine (Phila Pa 1976)* 2015;40(12):942-7. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000899>
22. Guerin P, Obeid I, Bourghli A, Masquefa T, Luc S, Gille O, et al. The lumbosacral plexus: anatomic considerations for minimally invasive retroperitoneal transposas approach. *Surg Radiol Anat* 2012;34(2):151-7. <https://doi.org/10.1007/s00276-011-0881-z>
23. Kepler CK, Bogner EA, Herzog RJ, Huang RC. Anatomy of the psoas muscle and lumbar plexus with respect to the surgical approach for lateral transposas interbody fusion. *Eur Spine J* 2011;20(4):550-6. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1593-5>

24. Kotwal S, Kawaguchi S, Lebl D, Hughes A, Huang R, Sama A, et al. Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion: clinical and radiographic outcome at a minimum 2-year follow-up. *J Spinal Disord Tech* 2015;28(4):119-25. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3182706ce7>
25. Sharma AK, Kepler CK, Girardi FP, Cammisa FP, Huang RC, Sama AA. Lateral lumbar interbody fusion: clinical and radiographic outcomes at 1 year: a preliminary report. *J Spinal Disord Tech* 2011;24(4):242-50. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181ecf995>
26. Spivak JM, Paulino CB, Patel A, Shanti N, Pathare N. Safe zone for retractor placement to the lumbar spine via the transpoas approach. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2013;21(1):77-81. <https://doi.org/10.1177/230949901302100120>
27. Uribe JS, Isaacs RE, Youssef JA, Khajavi K, Balzer JR, Kanter AS, et al. Can triggered electromyography monitoring throughout retraction predict postoperative symptomatic neuropraxia after XLIF? Results from a prospective multicenter trial. *Eur Spine J* 2015;24(Suppl 3):378-85. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3871-8>
28. Berjano P, Gautschi OP, Schils F, Tessitore E. Extreme lateral interbody fusion (XLIF®): how I do it. *Acta Neurochir (Wien)* 2015;157(3):547-51. <https://doi.org/10.1007/s00701-014-2248-9>
29. Mundis GM, Akbarnia BA, Phillips FM. Adult deformity correction through minimally invasive lateral approach techniques. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(26 Suppl):S312-21. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318202495f>
30. Youssef JA, McAfee PC, Patty CA, Raley E, DeBauche S, Shucosky E, et al. Minimally invasive surgery: lateral approach interbody fusion: results and review. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(26 Suppl):S302-11. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182023438>
31. Pawar A, Hughes A, Girardi F, Sama A, Lebl D, Cammisa F. Lateral lumbar interbody fusion. *Asian Spine J* 2015;9(6):978-83. <https://doi.org/10.4184/asj.2015.9.6.978>
32. Deukmedjian AR, Dakwar E, Ahmadian A, Smith DA, Uribe JS. Early outcomes of minimally invasive anterior longitudinal ligament release for correction of sagittal imbalance in patients with adult spinal deformity. *Scientific World J* 2012;2012:789698. <https://doi.org/10.1100/2012/789698>
33. Walker CT, Farber SH, Cole TS, Xu DS, Godzik J, Whiting AC, et al. Complications for minimally invasive lateral interbody arthrodesis: a systematic review and meta-analysis comparing prepsoas and transpoas approaches. *J Neurosurg Spine* 2019;25:1-15. <https://doi.org/10.3171/2018.9.SPINE18800>
34. Alonso F, Graham R, Rustagi T, Drazin D, Loukas M, Oskouian RJ, et al. The subcostal nerve during lateral approaches to the lumbar spine: An anatomical study with relevance for injury avoidance and postoperative complications such as abdominal wall hernia. *World Neurosurg* 2017;104:669-73. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.05.055>