

Artrodesis intersomática lateral de columna lumbar. Técnica quirúrgica y conceptos actuales

MATÍAS PEREIRA DUARTE,* MATÍAS G. PETRACCHI,* MAXIMILIANO E. MERELES,*
MARCELO GRUENBERG,* CARLOS A. SOLÁ,* FEDERICO P. GIRARDI**

*Sector Patología del Raquis, Servicio de Ortopedia y Traumatología "Prof. Dr. Carlos E. Ottolenghi",
Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

**HHS Spine Service, Orthopedics Surgery, Hospital for Special Surgery, Nueva York, EE.UU.

Recibido el 26-7-2017. Aceptado luego de la evaluación el 13-7-2018 • Dr. MATÍAS PEREIRA DUARTE • matias.pereira@hospitalitaliano.org.ar 

Cómo citar este artículo: Pereira Duarte M, Petracchi MG, Mereles ME, Gruenberg M, Solá CA, Girardi FP. Artrodesis intersomática lateral de columna lumbar. Técnica quirúrgica y conceptos actuales. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol 2018;83(4):303-316. doi: 10.15417/issn.1852-7434.2018.83.4.754

RESUMEN

El abordaje lateral mínimamente invasivo de columna lumbar para la artrodesis intersomática es una técnica relativamente nueva y ha conseguido resultados prometedores en los pacientes con diferentes patologías de la columna lumbar. Es una técnica segura que proporciona un adecuado soporte estructural entre los platillos vertebrales, puede corregir la deformidad en los planos coronal y sagital, y ejercer una descompresión indirecta del canal raquídeo respetando los elementos posteriores. La evidencia sobre esta técnica ha ido creciendo y diversificándose en los últimos años, se han comunicado nuevas indicaciones, y resultados a mediano y largo plazo.

El propósito de este trabajo es detallar el procedimiento quirúrgico paso a paso, con sus variantes tal como lo realizamos en nuestros Centros, y puntualizar los conceptos actuales basados en una revisión bibliográfica.

Palabras clave: Artrodesis intersomática; vía anterior; fusión intersomática lumbar lateral; fusión intersomática extremo lateral; abordaje lateral de columna; conceptos actuales.

Nivel de Evidencia: IV

LATERAL LUMBAR INTERBODY FUSION. SURGICAL TECHNIQUE AND CURRENT CONCEPTS

ABSTRACT

Minimally invasive lateral approach for lumbar interbody fusion is a relatively new technique and has shown promising results in patients with different spine disorders.

It is a safe technique, provides adequate structural support between vertebral plates, and it can correct coronal and sagittal plane deformity and apply an indirect nerve decompression avoiding posterior elements. In recent years, experience with this approach has increased; new indications and medium- and long-term results were reported. The purpose of this work is to explain step-by-step surgical procedure and its variants as they are performed in our centers, and to point out current concepts based on a bibliographic review.

Key words: Interbody fusion; anterior approach; lumbar lateral interbody fusion; extreme lateral interbody fusion; lateral lumbar approach; current concepts.

Level of Evidence: IV

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

Introducción

La artrodesis intersomática lumbar puede realizarse por vía posterior directa (*posterior lumbar interbody fusion* [PLIF] o *transforaminal lumbar interbody fusion* [TLIF]) y por vía anterior (*anterior lumbar interbody fusion* [ALIF], *lateral lumbar interbody fusion* [LLIF] u *oblique lumbar interbody fusion* [OLIF]).

El abordaje lateral mínimamente invasivo de columna lumbar para la artrodesis intersomática, comúnmente denominado en la literatura anglosajona LLIF o XLIF (*extreme lateral interbody fusion*) ha conseguido resultados prometedores en los pacientes con patología degenerativa de la columna lumbar.^{1,2} Es un técnica relativamente nueva que permite al cirujano un acceso lateral directo al espacio intervertebral a través del retroperitoneo atravesando el músculo psoas, entre los ligamentos longitudinal común anterior y posterior, por medio del cual se realiza una extensa discectomía.^{3,4}

Esta técnica fue introducida por Pimenta (no publicado), en 2001 y difundida formalmente por Ozgur y cols., en 2006.¹ Sin embargo, en 2003, Bertagnoli y cols.⁵ describieron este abordaje para el reemplazo protésico del núcleo pulposo, denominándolo ALPA (*AnteroLateral transPsoatic Approach*).

Es una técnica segura que proporciona un adecuado soporte estructural entre los platillos vertebrales, puede corregir la deformidad en el plano coronal y ejercer una descompresión indirecta del canal raquídeo³ respetando los elementos posteriores, como los músculos paraespinales, las facetas articulares y el complejo ligamentario posterior.⁶ Se ha descrito su uso para los espacios intervertebrales desde T6 hasta L4-L5.⁶

La fusión lateral se puede llevar a cabo como un procedimiento único o asociado a un soporte mecánico por el mismo abordaje quirúrgico o por vía posterior, como tornillos transpediculares y barras, unilaterales o bilaterales.^{3,7}

El propósito de este trabajo es detallar paso a paso el procedimiento quirúrgico de la artrodesis intersomática lumbar por vía lateral, con sus variantes, tal como lo realizamos en nuestros Centros, y puntualizar los conceptos actuales basados en una revisión bibliográfica.

Ventajas

La fusión intersomática de columna por vía lateral ha ido ganando popularidad debido a sus ventajas sobre el abordaje anterior, por ejemplo, evitar la exposición de las vísceras abdominales, los grandes vasos y el plexo simpático.^{1,3,7} La eyaculación retrógrada es una complicación exclusiva de la artrodesis intersomática de la unión lumbosacra por vía anterior transperitoneal o retroperitoneal.⁸

Como no existe un abordaje lateral para este nivel (debido a la interposición del hueso ilíaco), no es posible evitar esta complicación con esta técnica.

Otros beneficios son la mínima disrupción ligamentaria, menos complicaciones en la pared abdominal (eventraciones y asimetrías), menos dolor posoperatorio, tasa de infección más baja, menor pérdida sanguínea, estancia hospitalaria más corta y retorno más rápido a las actividades diarias.^{1,4,6,9} Al tiempo que se devuelve la altura al disco, se descomprime indirectamente por incrementar el área central y foraminal^{6,10} (Figura 1) y se corrigen las deformidades.^{3,4,11}

La descompresión indirecta es, en promedio, del 35%¹² del área foraminal preoperatoria, independientemente de la posición del implante en el espacio.

La técnica de LLIF permite colocar un implante con una gran superficie de contacto, lo que aumentaría el soporte estructural y la superficie de fusión cuando se la compara con la fijación intersomática posterior. Las cargas axiales se distribuyen mejor en los platillos vertebrales, por lo que disminuye la incidencia de subsidencia y de fracturas (Figura 2).^{1,13} También mantiene la estabilidad cuando se logra conservar el ligamento longitudinal común anterior y parte del anillo fibroso anterior,⁷ esto permite que la técnica pueda usarse como “stand alone” en casos seleccionados, opción muy útil en pacientes de edad avanzada, con muchas comorbilidades o en el síndrome de adición.

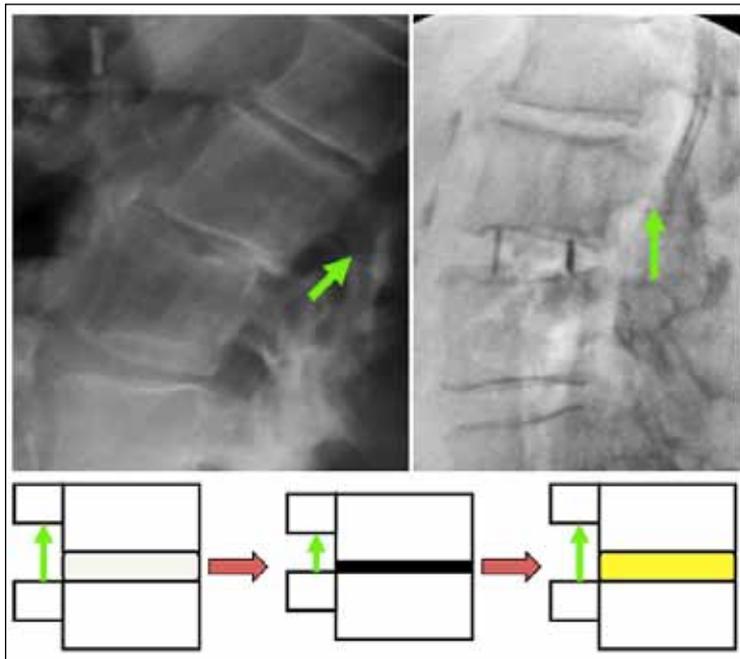
Los riesgos de durotomía incidental, lesión de raíces nerviosas y fibrosis perineural, que pueden ocurrir en los abordajes posteriores o transforaminales para fusión intersomática, son minimizados con esta técnica.³

Indicaciones

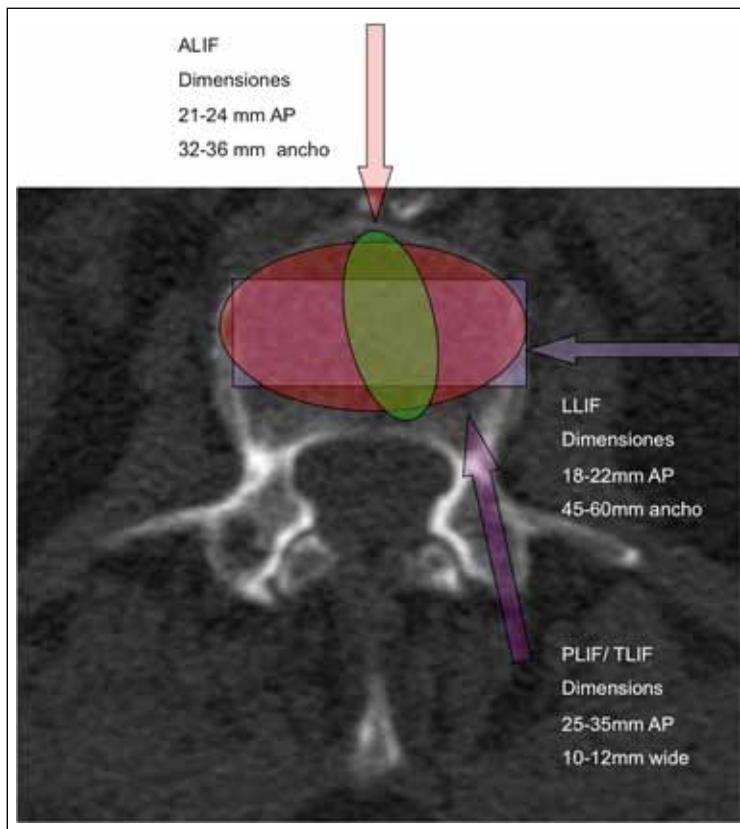
Algunas indicaciones son escoliosis *de novo* del adulto, estenosis central o foraminal, espondilolistesis degenerativas grado 1 o 2, degeneración del segmento adyacente, discopatía degenerativa simple o multinivel, pseudoartrosis, trauma, tumores, infecciones, conversión de artroplastia total de disco y, eventualmente, hernias discales torácicas.^{3,6} Asimismo, este abordaje se puede utilizar para realizar una corpectomía anterior, si fuera necesaria.^{1,13,14}

Las indicaciones relativas son pacientes en riesgo de falta de consolidación (pseudoartrosis) debido a obesidad, tabaquismo, cirugías previas de columna y osteoporosis.³

Las contraindicaciones relativas de este procedimiento son: disco intervertebral L4-L5 por debajo de la línea intercrestílea, espondilolistesis de alto grado debido a la localización del plexo lumbar^{1,3} y también las deformidades rotacionales.¹ En ocasiones, un psoas en forma de gota con un plexo lumbar anterior puede imposibilitar el abordaje del espacio L4-L5.



▲ **Figura 1.** Caso clínico y diagrama en el que se evidencia la disminución de la altura discal, y la descompresión central y foraminal en el posoperatorio de una artrodesis intersomática por vía lateral.



▲ **Figura 2.** Esquema que muestra las diferentes dimensiones de los implantes utilizados en cada uno de los abordajes para la artrodesis intersomática.
AP = anteroposterior, ALIF = anterior lumbar interbody fusion, LLIF = lateral lumbar interbody fusion, PLIF = posterior lumbar interbody fusion, TLIF = transpedicular lumbar interbody fusion.

Abordaje LLIF toracolumbar y torácico

La técnica de fusión intersomática por vía lateral puede utilizarse en las cirugías de la columna lumbar alta y torácica, en donde el riesgo de lesión neural debido a la manipulación del cono medular y la médula propiamente dicha es significativamente mayor con las técnicas intersomáticas posteriores.³

La técnica torácica tiene algunos cambios con respecto a la original lumbar que exceden los límites de este trabajo, pero cabe aclarar que, por convención, los niveles proximales a T12 deben abordarse por vía transtorácica y los distales a L1-L2, por vía retroperitoneal, mientras que si el nivel está entre T12 y L1-L2, es decisión del cirujano si opta por un abordaje transtorácico, retroperitoneal o retropleural.¹⁵

Karikari y cols.¹⁶ analizaron retrospectivamente a 22 pacientes (15 mujeres y 7 hombres), con un promedio de edad de 64 años (rango de 50 a 81) y un seguimiento promedio de 16 meses (rango de 3 a 50). Intervinieron 47 niveles torácicos o toracolumbares (de T6 a L2) mediante un abordaje XLIF por las siguientes indicaciones: escoliosis degenerativa (11 casos), fracturas patológicas (2 casos), síndrome de adición (5 casos), hernia discal torácica (3 casos) y discitis/osteomielitis (1 caso). Solo un paciente requirió suplementación posterior con tornillos pediculares. No comunicaron ningún daño neural, visceral o vascular, ni muertes. Las complicaciones fueron una infección de la herida, una subsidencia del implante y un síndrome de adición, que requirieron procedimientos adicionales. A los seis meses, observaron evidencia radiográfica de consolidación en el 95,5% de los niveles. Los autores concluyeron en que el abordaje XLIF puede expandir sus indicaciones a la columna torácica, que es más favorable en pacientes añosos y con múltiples comorbilidades, porque es menos invasivo. El único caso en el que no se constató la consolidación radiográfica del nivel intervenido fue una paciente de 72 años sometida a una fusión T8-T9 por espondilodiscitis, que falleció a los tres meses por complicaciones relacionadas a las metástasis de su cáncer de mama. Excluyendo este caso, la tasa de consolidación sería del 100% en la serie de Karikari y cols., por lo que consideramos que su conclusión es adecuada.

En otra publicación de Meredith y cols.,¹⁷ se presenta una serie retrospectiva de 18 pacientes (13% mujeres), con un promedio de edad de 56.8 años (rango de 19 a 88) y 32 niveles toracolumbares (T3-L2), operados mediante la técnica de XLIF torácica por hernias discales, fracturas, tumores, pseudoartrosis, cifosis proximal a la unión y patología degenerativa. Doce de los 18 pacientes fueron complementos anteriores de una doble estabilización anteroposterior. El seguimiento promedio fue de 14 meses (rango de 2 a 36) y, en todos los casos, se logró la consolidación, salvo en un paciente que murió por enfermedad metastásica diseminada. Comunican ocho derrames pleu-

rales (6 mínimos, uno requirió la recolocación de tubo de avenamiento pleural y uno, reingreso en cuidados intensivos), dos durotomías incidentales, una infección de la herida quirúrgica, un arrancamiento del instrumental, dos casos de arritmias cardíacas y una muerte por causa no relacionada.

En estos artículos,^{16,17} los niveles más intervenidos fueron de la unión toracolumbar, los que plantean la principal dificultad técnica, porque se encuentran en las inserciones musculares del diafragma.

Biomecánica

El perfil biomecánico de cada técnica de fusión intersomática lumbar, sea anterior posterior o lateral, está determinado por la cantidad de estructuras de soporte resacas, el tamaño y la orientación del implante, y el tipo de fijación interna suplementaria.⁷

La técnica de fijación intersomática lateral provee un aumento en la estabilidad inmediata del segmento comprometido, mayor que la otorgada con los implantes colocados mediante las técnicas de ALIF y TLIF en su modalidad única o "stand alone" (sin fijaciones complementarias).⁷

Los implantes LLIF son más anchos y menos profundos que aquellos utilizados con la técnica de ALIF, y son mayores en ancho y profundidad que los utilizados en los TLIF y PLIF¹⁵ (Figura 2), esto otorga al implante una mayor superficie de contacto para la artrodesis.

Estudios biomecánicos muestran que la fijación LLIF genera una mayor reducción en el rango de movimiento en flexión, extensión, inclinación lateral y rotación axial comparada con los implantes colocados mediante la técnica de ALIF o TLIF.^{7,18}

En un estudio biomecánico en cadáveres, se observó que la artrodesis de un segmento por técnica de LLIF como técnica no asociada a otras fijaciones redujo el rango de movimiento (31,6% del normal en flexo-extensión, 32,5% en las inclinaciones laterales y 69,4% en las rotaciones axiales) del segmento en un porcentaje significativamente más alto que las artrodesis por ALIF o TLIF que se han publicado.⁷ La mayor reducción en el rango de movimiento se obtuvo con la técnica de LLIF asociada a la doble fijación posterior transpedicular, ya sea con tornillos pediculares o interlaminarios (13% en flexo-extensión; 14,4% en las inclinaciones laterales y 41,7% en la rotación axial), seguida por LLIF con fijación pedicular unilateral.⁷

La preservación del ligamento común vertebral anterior y del anillo fibroso anterior en esta técnica no solo limita la extensión, sino que al tensionarse le otorga mayor estabilidad inicial al implante.⁷

Algunas de las características de los estudios biomecánicos en especímenes cadavéricos que se deben tener en

cuenta son la diferencia en la calidad mineral entre los especímenes y la preexistencia de movimiento entre los segmentos vertebrales. Si bien las cargas que se aplican se asemejan a las fisiológicas, no se incluye el efecto estabilizador de la musculatura periférica, y esto puede alterar los resultados.⁷

Estudios preoperatorios

Todos nuestros pacientes son evaluados mediante radiografías focalizadas estáticas y dinámicas, espinograma de frente y de perfil, tomografía computarizada sin contraste y resonancia magnética sin contraste. Estos estudios nos brindan información complementaria y no son excluyentes uno del otro; sin embargo, la batería de estudios indicada para un paciente candidato a este procedimiento no está estandarizada.

A continuación, se describen algunos reportes de estudios que pueden modificar la elección del paciente o de la técnica.

La resonancia magnética preoperatoria puede ser útil para poder inferir la posición del plexo lumbar y de los grandes vasos, pero la posición en decúbito dorsal difiere del posicionamiento del paciente durante la cirugía (decúbito lateral con las caderas y las rodillas flexionadas).^{1,19,20} La importancia de ubicar el plexo lumbar se debe a que el canal de trabajo se encuentra próximo a este.

Además, se ha detectado una gran variabilidad de la posición del plexo lumbar tanto entre pacientes como en un mismo paciente, según el lado por evaluar.⁴

En un principio, se solía utilizar el signo del “rising psoas” (signo del sol naciente) para deducir indirectamente una posición más anterior del plexo lumbosacro con respecto al espacio intervertebral, aunque se comprobó que esta tendencia no es significativa, por lo que no sería una técnica confiable para intuir la localización del plexo y no existe relación entre la posición del plexo con respecto a la forma del músculo psoas.⁴

La neurografía por resonancia es una nueva técnica para evaluar los nervios periféricos que permite determinar su morfología, alteraciones en su señal y su calibre. Recientes publicaciones proponen este método como herramienta preoperatoria para clasificar la ubicación anatómica del plexo lumbar a nivel del disco L4-L5.⁴

Para poder decidir si la técnica puede ser ejecutada de manera aislada o complementada con alguna estabilización adicional, Malham y cols.²¹ proponen una serie de ítems que pueden requerir mayor fijación: la osteoporosis, la inestabilidad vertebral, más de dos niveles por intervenir o la artropatía facetaria. Como la mayoría de los pacientes presentan alguna de estas características, la instrumentación anterior exclusiva se reserva para casos bien seleccionados.

Técnica quirúrgica

Se coloca al paciente en decúbito lateral con las caderas y las rodillas flexionadas, de manera que el trocánter mayor quede apoyado distal al quiebre de la mesa. Se lo asegura con cinta adhesiva ancha (10 cm) a nivel de los trocánteres y de la columna torácica.

El abordaje izquierdo es de elección en pacientes con deformidad en el plano coronal debido a la posición anterior de la arteria aorta de este lado.

Si es posible, se recomienda abordar la columna desde el lado de la concavidad en caso de deformidades del plano coronal, ya que permite el tratamiento de varios niveles con una mínima exposición cutánea.^{3,22} Si no hay deformidad coronal, el lado del abordaje se define sobre la base de la accesibilidad al espacio L4-L5 en relación con la cresta ilíaca.¹⁸

A fin de permitir un mejor espacio para el abordaje, se angula la mesa quirúrgica, haciendo de bisagra entre la pelvis y el tórax para lograr mayor distancia entre la cresta ilíaca y el reborde costal del mismo lado del abordaje. El exceso de quiebre es contraproducente, porque pone en demasiada tensión al psoas y a los nervios que lo recorren (Figura 3).⁶

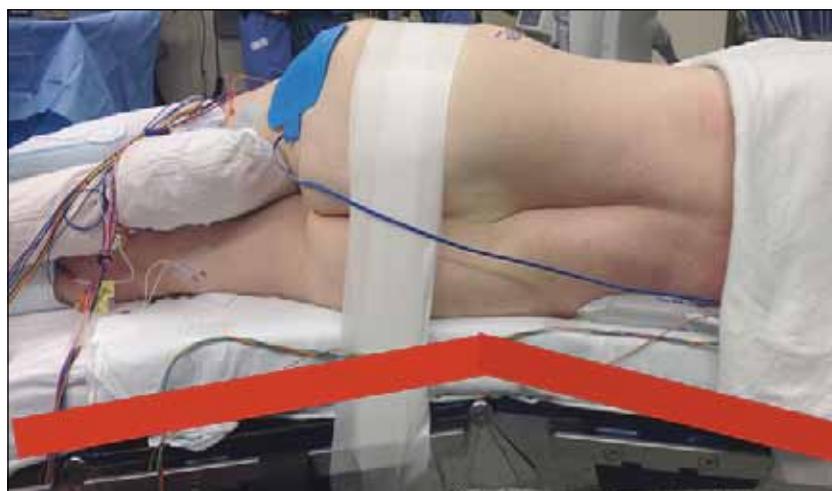


Figura 3. Posicionamiento del paciente en decúbito lateral derecho con caderas y rodillas flexionadas a 90°. El paciente es asegurado a la mesa con cinta. Quiebre de la mesa a nivel de la deformidad lumbar.

Alcanzar el espacio L4-L5 puede ser dificultoso si el borde superior de la cresta ilíaca supera la mitad del cuerpo vertebral del L4. Esto se puede solucionar con el posicionamiento en la mesa y con el uso del instrumental angulado.

Es imperativo lograr buenas imágenes para corroborar la correcta preparación del platillo vertebral y la colocación del implante (Figura 4).

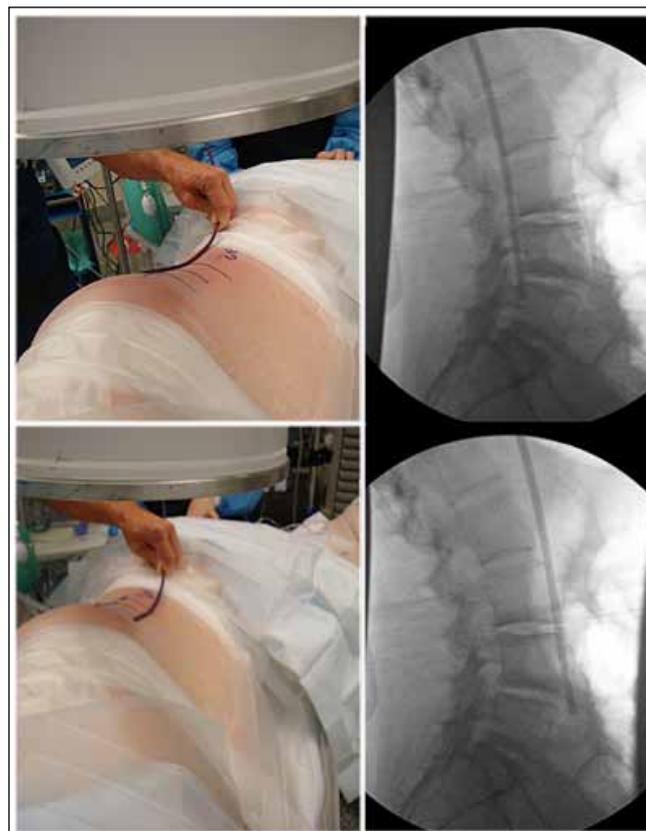
Una vez ubicado el paciente, con el arco en C a 0° y 90° perpendicular al piso, se debe modificar la inclinación

de la mesa quirúrgica hacia los laterales, Trendelenburg o anti-Trendelenburg, hasta obtener imágenes radioscópicas laterales y anteroposteriores estrictas del espacio intersomático por intervenir. Esto se logra alineando las apófisis espinosas, equidistante a los pedículos correspondientes, y los platillos vertebrales de los niveles involucrados.

Se marcan sobre la piel los bordes anterior, posterior, superior e inferior de las vértebras involucradas (Figura 5).

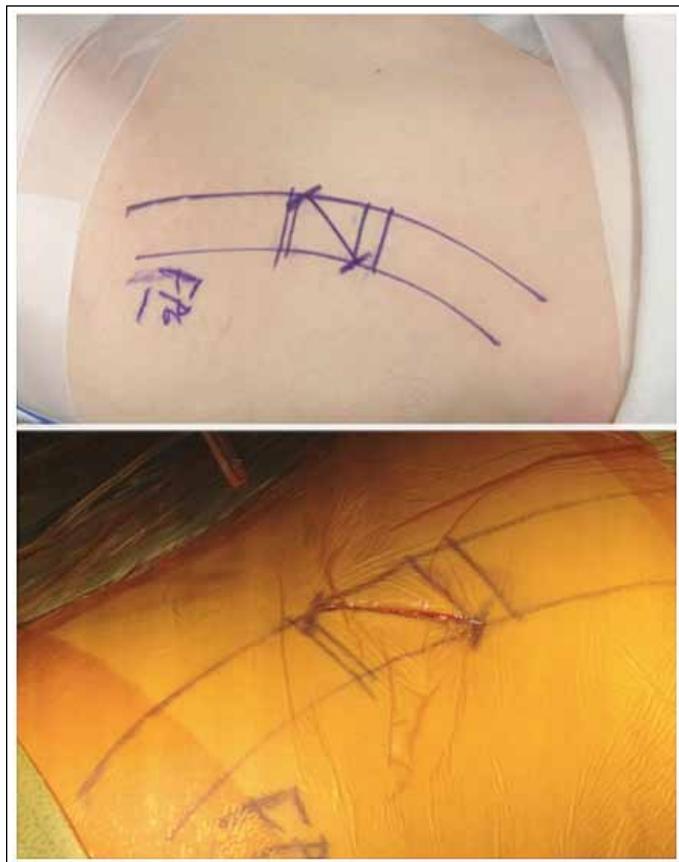


▲ **Figura 4.** Obtención de imágenes de buena calidad en los planos coronal y sagital.



▲ **Figura 5.** Marcación cutánea del abordaje guiado por radioscopia.

La incisión cutánea es oblicua y se extiende desde el polo anteroinferior de la vértebra infrayacente hasta el polo posterosuperior de la vertebral suprayacente (Figura 6). En nuestro Centro, realizamos el abordaje con la colaboración de un cirujano general entrenado en estos procedimientos o con un cirujano vascular, pero a diferencia de los abordajes anteriores, podríamos prescindir de dicha colaboración.



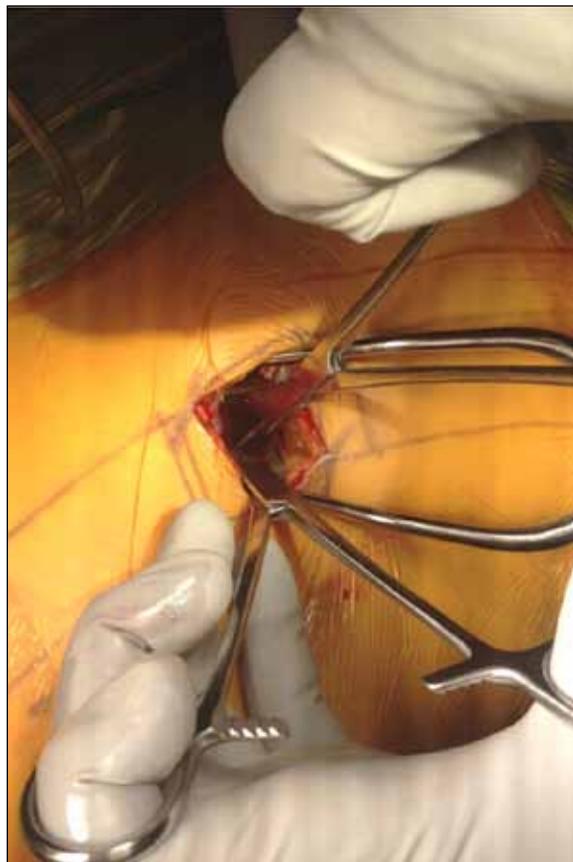
▲ **Figura 6.** Abordaje lateral. Incisión desde el polo anteroinferior de la vértebra infrayacente al borde posterosuperior de la vértebra suprayacente.

2) la etapa retroperitoneal, en la que se visualiza el músculo psoas mediante el barrido, en sentido anterior, del contenido visceral con instrumentación roma. Se deben identificar y proteger las estructuras nerviosas, con ayuda del neuromonitoreo en tiempo real³ (el nervio subcostal raíz de T12 que inerva el recto abdominal y el oblicuo externo; el nervio iliohipogástrico, raíces T12 y L1, y el nervio ilioinguinal, raíz de L1, que inervan los músculos transverso y oblicuo interno; y el nervio femoral cutáneo lateral, raíces de L2 y L3) (Tabla). Se debe reparar también en el nervio genitofemoral, raíces L1 y L2, que inerva la porción sensitiva del triángulo femoral y el cremastérico en hombres y el monte de Venus y los labios mayores en mujeres.⁶

3) la etapa transpsoas es donde más cuidado hay que tener debido a la presencia del plexo lumbar.⁴ En algunos

El abordaje quirúrgico de la técnica de XLIF consta de tres etapas:⁶

1) la etapa muscular, a través del flanco lateral en la que se divide de manera roma, a través de los músculos oblicuo externo, interno y transverso del abdomen siguiendo la orientación de las fibras para minimizar el trauma (Figura 7);



▲ **Figura 7.** Disección roma del plano muscular abdominal siguiendo la orientación de las fibras del oblicuo menor, mayor y transverso.

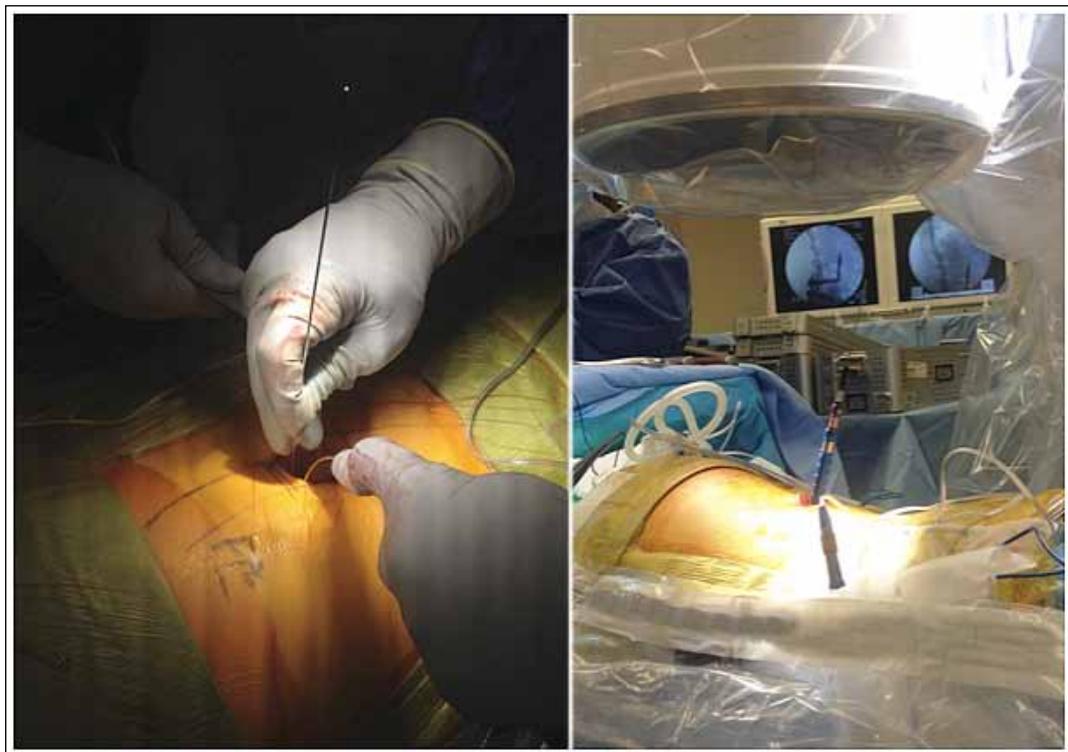
estudios cadavéricos, se ha intentado definir la ubicación del plexo lumbar con respecto a los discos intervertebrales para prevenir complicaciones durante el procedimiento LLIF.

Estos estudios han definido “zonas seguras” en relación con los espacios intervertebrales a cada nivel. Esta “ventana” se va estrechando de proximal a caudal, donde el plexo se encuentra en mayor riesgo debido a su migración.⁴

Se realiza monitoreo neurofisiológico durante las diferentes maniobras de esta etapa. Si la zona es “segura”, se introduce un alambre de Kirschner en la sección media del disco y se corrobora la posición mediante fluoroscopia (Figura 8) (una posición en la mitad anterior del disco permitiría una corrección prolordótica).

Tabla. Plexo lumbar: músculos inervados y ramos cutáneos

Nervio	Segmento	Músculo inervado	Ramos cutáneos
Plexo lumbar			
<i>Iliohipogástrico</i>	T12-L1	Transverso	Ramo cutáneo anterior
		Oblicuo interno	Ramo cutáneo lateral
<i>Ilioinguinal</i>	L1		Ramos escrotales anteriores en hombres
			Ramos labiales anteriores en mujeres
<i>Genitofemoral</i>	L1,L2	Cremastérico (hombres)	Ramo femoral
			Ramo genital
<i>Cutáneo femoral lateral</i>	L2,L3		Cutáneo femoral lateral
<i>Obturador</i>	L2-L4	Obturador externo	Ramo cutáneo
		Aductor largo	
		Recto interno	
		Pectíneo	
		Aductor mayor	
<i>Femoral</i>	L2-L4	Iliopsoas	Ramos cutáneos anteriores
		Pectíneo	Safeno
		Sartorio	
		Cuádriceps femoral	
<i>Ramos musculares</i>	T12-L4	Psoas	
		Cuadrado lumbar	
		Ilíaco	
		Intertransverso lumbar	



▲ **Figura 8.** Divulsión roma transpsoas, ubicación del nivel y confirmación mediante radioscopia.

La separación se mantiene mediante un sistema autoestático montado a la mesa quirúrgica o manualmente mediante valvas renales romas.

La separación principal del retractor es en sentido craneocaudal, también se puede realizar una separación en sentido anteroposterior, se prefiere hacia anterior, ya que el plexo nervioso se ubica con mayor frecuencia por detrás de los retractores (Figura 9).¹ El tiempo de uso del retractor o de las valvas es de crucial importancia, porque se ha relacionado, de forma directa, con un aumento de la tasa de lesión neurológica posoperatoria.^{9,23-25} Uribe y cols.²⁶ identificaron una diferencia significativa en el tiempo de retracción del psoas entre los pacientes con neuropraxia sintomática posoperatoria y los que no (32.3 min vs. 22.6 min, $p = 0,031$).

Se realiza la discectomía mediante legras, gubias, pituitarias y curetas (Figura 10).

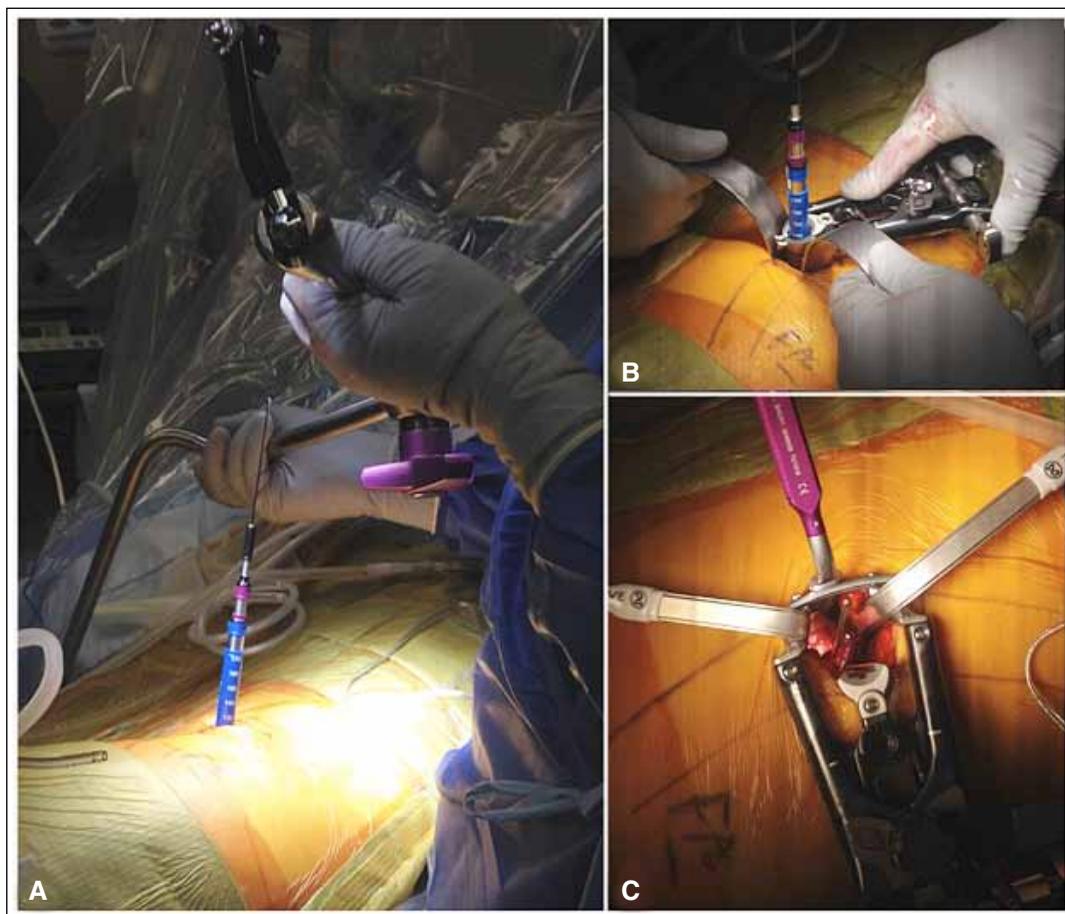
Los elevadores de Cobb atraviesan ambos platillos terminales hacia el otro lado para poder liberar las inserciones del anillo fibroso contralateral al abordaje. Todo el procedimiento es controlado, de manera indirecta, por radioscopia, al igual que el tamaño del implante mediante pruebas sucesivas con incrementos de a 2 mm.²²

Los implantes utilizados tienen diferentes valores de lordosis, desde neutros hasta 12°. En situaciones especiales, se pueden usar cajas hiperlordóticas de mayores ángulos que permiten realizar correcciones en el plano sagital. Muchas veces es técnicamente difícil colocar una caja de 30° debido a un espacio intervertebral disminuido; por ello, Deukmedjian y cols.,²⁷ propusieron la liberación del ligamento vertebral común anterior para permitir la mayor expansión del espacio y procurar no dañar las placas terminales.

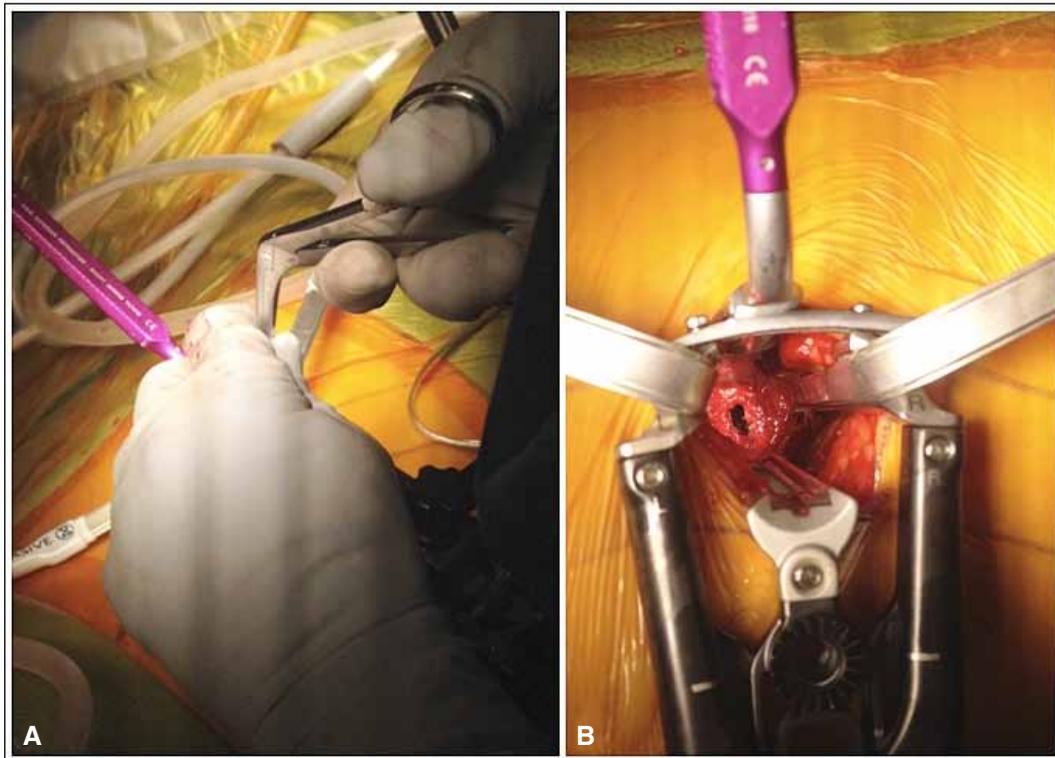
Cuanto mayor es la superficie de apoyo de la caja en los platillos vertebrales es más estable; por lo tanto, el tamaño de la caja en dirección anteroposterior y lateral es importante al realizar la artrodesis, especialmente si no se complementa con otro tipo de fijación.

Para generar la artrodesis intersomática, la caja es rellena preferentemente con hueso autólogo de cresta ilíaca. Otras opciones son injerto óseo de banco, sustitutos óseos o proteína morfogenética ósea.

El implante se puede utilizar solo o asociado a otra técnica de fijación, sea placa anterior o tornillos posteriores. Habitualmente no se requieren drenajes.



▲ **Figura 9.** A. Colocación del marco estático fijado a la mesa quirúrgica. B. Colocación de valvas del separador. C. Distracción en sentido craneocaudal principalmente.



▲ **Figura 10.** A. Discectomía mediante gubias y curetas. B. Abordaje y vista de la discectomía completada.

Por lo general, el paciente comienza a deambular al día siguiente de la cirugía, con un corsé durante las primeras semanas. Se dan instrucciones para evitar la flexión y la rotación forzada del tronco.^{3,4,6}

La estancia hospitalaria varía según el estado del paciente, la cantidad de niveles involucrados y la complejidad de los procedimientos adicionales,⁶ pero es, en promedio, de 1 o 2 días.

Como síntesis de la técnica quirúrgica, podemos enumerar los puntos clave descritos por Berjano y cols.⁶:

1. El posicionamiento del paciente es esencial.
2. El reposicionamiento de la mesa en los diferentes niveles es aconsejable en los casos multinivel.
3. El planeamiento preoperatorio a partir de la ubicación del psoas y de las estructuras neurovasculares a cada nivel es de capital importancia.
4. En general, el lado de la concavidad es el que se prefiere para el abordaje.
5. Una preparación adecuada de los platillos vertebrales y la liberación del disco contralateral son indispensables para asegurar las tasas de fusión óptimas y el máximo de descompresión foramininal indirecta.
6. La administración de un bolo de dexametasona antes de la cirugía parecería ser útil para reducir la plexopatía al abordar el disco L4/L5.

7. Se debe evitar la sobredistracción para prevenir la aparición de subsidencia del implante.

8. La mayor desventaja es la tasa relativamente alta, aunque transitoria, de debilidad del psoas, dolor inguinal y del muslo asociado a disestesia y adormecimiento (del 23%²⁷ al 39%²⁸).

Resultados y complicaciones

Se han comunicado buenos resultados con esta técnica en pacientes mayores que sufren escoliosis degenerativa y comorbilidades importantes, pues permite descomprimir indirectamente las estenosis centrales y foraminales al tiempo que se corrigen las deformidades tanto en el plano coronal como el sagital.^{3,4} En consecuencia, son posibles las fusiones selectivas apicales de las escoliosis *de novo* del adulto con resultados comparables con el de las construcciones posteriores y menor morbilidad. Esto la convierte en una técnica interesante para tratar pacientes con elevado riesgo quirúrgico a causa de sus comorbilidades.

Si bien el éxito de este procedimiento depende ampliamente de la radioscopia intraoperatoria, se requerirían aproximadamente 2700 procedimientos anuales para lograr superar la dosis límite de radiación,²⁹ incluso en aquellos sitios menos protegidos, como la axila y el ojo.

Consolidación y función

Los resultados funcionales y la tasa de consolidación son relativamente predecibles con la técnica de LLIF y se comparan favorablemente con otras técnicas de artrodesis.³⁰ La artrodesis se corrobora mediante la presencia de puentes óseos a través del disco y la ausencia de inestabilidad.

En 2010, Youssef y cols., en una serie de 84 pacientes, comunicaron consolidación mediante tomografía computarizada en 68 pacientes (81%) y las complicaciones perioperatorias y posoperatorias fueron del 2,4% y 6,1%, respectivamente.³¹

Kotwal y cols.²² evaluaron, de manera retrospectiva, los resultados funcionales y radiológicos de 118 pacientes, con un promedio de seguimiento de 27.5 meses (rango de 25 a 38). En 102 pacientes, se combinó la técnica de LLIF con fusión posterior y, en 16, se utilizó la técnica de LLIF de manera única. Los autores hallaron una mejoría significativa en la escala analógica visual, el Oswestry Disability Index (ODI) y en los componentes físicos del SF-12,^{14,22} no así en el componente psíquico. Asimismo, se restauraron, de manera significativa, la altura discal, el ángulo coronal y la lordosis en las escoliosis degenerativas.^{11,22,23} Acosta y cols. no lograron demostrar una mejoría en el balance sagital.¹⁴ La tasa de fusión fue del 88% y la complicación más frecuente fue dolor de muslo (36%).²²

Corrección en los planos sagital y coronal

En cuanto a la corrección de la deformidad, la técnica de LLIF es útil para corregir deformidades lumbares^{11,12} e incluso toracolumbares o torácicas, aunque en menor medida que los abordajes posteriores formales asociados a osteotomías.¹⁶

El efecto de la técnica de LLIF sobre la lordosis depende de varios factores, entre ellos, el valor de lordosis del implante, la violación o no del platillo vertebral y la osteoporosis.⁸ También influyen el nivel comprometido y la talla del paciente. Mientras más bajo sea el nivel y más alto sea el paciente, mayor es la posibilidad de que el eje vertebral tenga un resultado hacia atrás.⁸

En 2010, Dakwar y cols. fueron los primeros en valorar la corrección del plano sagital luego de un procedimiento de LLIF. Comunicaron que el balance sagital mejoró en 16 de 25 pacientes con escoliosis degenerativa; sin embargo, no informaron el estado preoperatorio y no detallaron los métodos utilizados para medir los resultados.³²

Otros autores evaluaron 21 pacientes con un seguimiento promedio de 21 meses y constataron un cambio significativo en los ángulos de Cobb del plano coronal, pero ni el plano sagital ni la lordosis lumbar fueron afectados.¹⁴

Tormenti y cols. también reportaron buena corrección del plano coronal y conservación de la lordosis lumbar cuando la técnica de LLIF se utilizó en conjunto con la fijación posterior.³³

Cammisa y cols. refieren utilizar la técnica de LLIF tanto sola o combinada con placas y tornillos laterales o con

instrumentación posterior. Estos autores comunican una reducción de las deformidades en el plano coronal y, también, en el plano sagital cuando se utilizaban implantes con lordosis y cuando se los ubicaba en el tercio anterior del espacio intervertebral.³

Un grupo de investigadores llevó a cabo una revisión bibliográfica sistemática y analizó la corrección del balance sagital con la técnica de fusión intersomática por vía lateral en pacientes con espondilopatía degenerativa. Evaluó 1266 niveles en 476 pacientes analizando 14 publicaciones. La conclusión fue que esta técnica es especialmente eficaz cuando la meta de corrección es $<10^\circ$ de lordosis lumbar y <5 cm de balance sagital global.⁸ En este mismo artículo, se describe que la curva coronal lumbar mejoró un 50,5%. El 28% de los niveles fueron artrodesados únicamente por vía lateral, mientras que el resto tuvo una fijación adicional.⁸

Complicaciones

La primera publicación del equipo de Pimenta, en 2006,¹ no comunicó complicaciones en los primeros 13 pacientes tratados. Sin embargo, estas fueron apareciendo a medida que el procedimiento fue ganando popularidad.

Las complicaciones más frecuentes y comunes son el dolor anterior del muslo o las parestesias a ese nivel. Las teorías de su etiopatogenia describen una irritación del músculo psoas o una neuropraxia del nervio genitofemoral (rama del plexo lumbar) durante la disección roma de este músculo, por la presión del retractor, por la isquemia indirecta o debida al hematoma.^{1,4,19,20,22,24,30,34,35} La tasa de esta complicación oscila entre el 23%³⁶ y el 39%²⁸. Rodgers y cols.²⁴ describen un rango mucho mayor, del 0,7% al 62,7%. La mayoría de las lesiones se producen al atravesar el psoas con los dilataores o con el distractor,³⁷ el tiempo de uso tiene una relación directa con la tasa de lesión neurológica posoperatoria.^{9,23-26}

Se ha demostrado que las estructuras nerviosas a nivel del disco L4-L5 están ubicadas en la zona quirúrgica en el 44% de los casos, lo que hace más probable una lesión en los procedimientos a este nivel.²⁰

En una serie de 600 pacientes y 741 niveles intervenidos, Isaac y cols. no reportaron infecciones de la herida, lesiones vasculares o viscerales, aunque presentaron cuatro casos de déficit neurológico posoperatorio (0,7%). También, comunicaron un 12,1% de complicaciones mayores, comparable con las tasas reportadas para el tratamiento de deformidades degenerativas.²³

Pumberger y cols. evaluaron 181 pacientes sin detectar lesiones viscerales ni de los vasos ilíacos. Un paciente sufrió una lesión de la arteria segmentaria lumbar, dos tuvieron una lesión en la vena iliolumbar ascendente, el 38% acudió con dolor anterior del muslo a las 6 semanas de la cirugía, este porcentaje fue disminuyendo paulatinamente, 11% a las 12 semanas y 1% a las 26 semanas. Se ha publicado que esta lesión tiene una recuperación del 50% a los 3 meses y de 90% al año.⁶

La tasa publicada de déficit de la fuerza muscular para la flexión de cadera varía del 1% al 36%.^{11,22,23,31,36}

Pawar y cols. comunicaron déficit en la flexión mecánica del músculo psoas en el 13,1% (n = 32) a las 6 semanas, 3,7% (n = 9) a las 12 semanas, 2,9% (n = 7) a los 6 meses y 1,6% (n = 4) a los 12 meses. Mientras que el déficit motor relacionado con el plexo lumbar fue del 4,9% (n = 12), 4,9% (n = 12), 2,9% (n = 7) y de 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.³

Se han publicado complicaciones relacionadas con la pared abdominal y a un déficit neurológico de ella. Dakwar y cols. reportan una asimetría en la pared abdominal por protrusión del contenido, se cree que se debe a la denervación de los músculos oblicuo interno y transversal del abdomen por lesión de los ramos ilioinguinal e iliohipogástrico. Además, los nervios subcostales que emergen de T12 inervan los músculos recto anterior y oblicuo externo, por lo que deben ser protegidos.³⁸

Se han descrito complicaciones asociadas a la subsidencia del implante, con una tasa del 14,3% (34 de 237 niveles intervenidos),⁴ y a la fractura del platillo vertebral.^{30,39-41} Según Essing y cols.,⁴² la edad avanzada, la osteoporosis y una orientación sagital de las facetas fueron factores de riesgo para la subsidencia del implante cuando esta técnica se utilizaba de forma aislada, por lo que proponen suplementarla con un soporte posterior.

Otras complicaciones publicadas son: fleo, arritmia, insuficiencia respiratoria, úlcera gástrica, retención aguda de orina y demora en la cicatrización de la herida. Todas con una tasa <1%.⁴

En un estudio de 156 pacientes obesos y 157 no obesos,⁴³ la tasa de complicaciones y su gravedad no se vieron modificadas por el factor del sobrepeso entre los pacientes, pero sí aumentó en aquellos tratados de manera complementaria con una fijación posterior abierta.

Conclusiones

La técnica de LLIF se ha convertido en una herramienta sumamente útil en el arsenal terapéutico del cirujano de columna. Es mínimamente invasiva, descomprime, de manera indirecta, los elementos nerviosos, provoca una mínima pérdida de sangre y permite una recuperación más rápida que otras técnicas si es utilizada como única vía. A pesar de que existen sugerencias en la literatura, queda determinar cuáles son las indicaciones precisas para emplearla como única vía sin tener que agregar una fijación posterior. Puede ser útil en pacientes obesos en quienes las técnicas anteriores y posteriores son más dificultosas y se asocian a una tasa de infecciones más alta. Los pacientes con síndrome de adición de una artrodesis posterior son buenos candidatos. Es posible asociarla a una fijación interna suplementaria para lograr mayor estabilidad.

Se necesitan estudios a largo plazo para corroborar sus beneficios potenciales en el tiempo, pero sus resultados iniciales son prometedores.

Bibliografía

- Ozgun 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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2005.08.012>
- Geisler FH, Blumenthal SL, Guyer RD, McAfee PC, Regan JJ, Johnson JP, et al. Neurological complications of lumbar artificial disc replacement and comparison of clinical results with those related to lumbar arthrodesis in the literature: results of a multicenter, prospective, randomized investigational device exemption study of Charite intervertebral disc. Invited submission from the Joint Section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2004. *J Neurosurg Spine* 2004;1:143-54. doi: <https://doi.org/10.3171/spi.2004.1.2.0143>
- Pawar A, Hughes A, Girardi F, Sama A, Lebl D, Cammisa F. Lateral lumbar interbody fusion. *Asian Spine J* 2015;9(6):978-83. doi: <https://doi.org/10.4184/asj.2015.9.6.978>
- 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 transpsoas interbody fusion (LLIF). *Spine (Phila Pa 1976)* 2015;40(12):942-7. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000899>
- Bertagnoli R, Vazquez RJ. The Anterolateral TransPsoatic Approach (ALPA): a new technique for implanting prosthetic disc-nucleus devices. *J Spinal Disord Tech* 2003;16(4):398-404. <https://bit.ly/2Rf6Oc0>
- 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. doi: <https://doi.org/10.1007/s00701-014-2248-9>
- Cappuccino A, Cornwall GB, Turner AW, Fogel GR, Duong HT, Kim KD, et al. Biomechanical analysis and review of lateral lumbar fusion constructs. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(26 Suppl):S361-7. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318202308b>

8. Costanzo G, Zoccali C, Maykowski P, Walter CM, Skoch J, Baaj AA. The role of minimally invasive lateral lumbar interbody fusion in sagittal balance correction and spinal deformity. *Eur Spine J* 2014;23(Suppl 6):699-704. doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3561-y>
9. 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. doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2087-9>
10. Oliveira L, Marchi L, Coutinho E, Pimenta L. A radiographic assessment of the ability of the extreme lateral interbody fusion procedure to indirectly decompress the neural elements. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(26 Suppl):S331-7. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182022db0>
11. 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. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318202495f>
12. Kepler CK, Sharma AK, Huang RC, Meredith DS, Girardi FP, Cammisa FP Jr, et al. Indirect foraminal decompression after lateral transpsoas interbody fusion. *J Neurosurg Spine* 2012;16(4):329-33. doi: <https://doi.org/10.3171/2012.1.SPINE11528>
13. Petracchi M, Camino Willhuber G, Tripodi M, Bassani J, Gruenberg M, Sola C. Monosegmental combined anterior posterior instrumentation for the treatment of a severe lumbar tuberculous spondylodiscitis: case report and literature review. *Rev Bras Ortop* 2016; doi: <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2016.12.010>
14. Acosta FL, Liu J, Slimack N, Moller D, Fessler R, Koski T. Changes in coronal and sagittal plane alignment following minimally invasive direct lateral interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar disease in adults: a radiographic study. *J Neurosurg Spine* 2011;15:92-6. doi: <https://doi.org/10.3171/2011.3.SPINE10425>
15. Sun JC, Wang JR, Luo T, Jin XN, Ma R, Luo BE, et al. Surgical incision and approach in thoracolumbar extreme lateral interbody fusion surgery: an anatomic study of the diaphragmatic attachments. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016;41(4):E186-90. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001183>
16. Karikari IO, Nimjee SM, Hardin CA, Hughes BD, Hodges TR, Mehta AI, et al. Extreme lateral interbody fusion approach for isolated thoracic and thoracolumbar spine diseases: initial clinical experience and early outcomes. *J Spinal Disord Tech* 2011;24(6):368-75. doi: <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181ffef2>
17. Meredith DS, Kepler CK, Huang RC, Hegde VV. Extreme lateral interbody fusion (XLIF) in the thoracic and thoracolumbar spine: technical report and early outcomes. *HSS J* 2013;9(1):25-31. doi: <https://doi.org/10.1007/s11420-012-9312-x>
18. Laws CJ, Coughlin DG, Lotz JC, Serhan HA, Hu SS. Direct lateral approach to lumbar fusion is a biomechanically equivalent alternative to the anterior approach: an in vitro study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37(10):819-25. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31823551aa>
19. Guerin P, Obeid I, Bourghli A, Masquefa T, Luc S, Gille O, et al. The lumbosacral plexus: anatomic considerations for minimally invasive retroperitoneal transpsoas approach. *Surg Radiol Anat* 2012;34(2):151-7. doi: <https://doi.org/10.1007/s00276-011-0881-z>
20. Kepler CK, Bogner EA, Herzog RJ, Huang RC. Anatomy of the psoas muscle and lumbar plexus with respect to the surgical approach for lateral transpsoas interbody fusion. *Eur Spine J* 2011;20(4):550-6. doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1593-5>
21. Malham GM, Ellis NJ, Parker RM, Blecher CM, White R, Goss B, Seex KA. Maintenance of segmental lordosis and disc height in stand-alone and instrumented extreme lateral interbody fusion (XLIF). *Clin Spine Surg* 2017;30(2):E90-E98. doi: <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3182aa4c94>
22. 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. doi: <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3182706ce7>
23. 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. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182022e04>
24. 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. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181e1040a>
25. 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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.06.066>
26. 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. doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3871-8>
27. 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 Journal* 2012;2012: 789698. doi: <https://doi.org/10.1100/2012/789698>

28. Cummock MD, Vanni S, Levi AD, Yu Y, Wang MY. An analysis of postoperative thigh symptoms after minimally invasive transpoas lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine* 2011;15:11-8. doi: <https://doi.org/10.3171/2011.2.SPINE10374>
29. Taher F, Hughes AP, Sama AA, Zeldin R, Schneider R, Holodny EI, et al. 2013 Young Investigator Award winner: How safe is lateral lumbar interbody fusion for the surgeon? A prospective in vivo radiation exposure study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38(16):1386-92. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31828705ad>
30. 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. doi: <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181ecf995>
31. 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. doi: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182023438>
32. Dakwar E, Cardona RF, Smith DA, Uribe JS. Early outcomes and safety of the minimally invasive, lateral retroperitoneal transpoas approach for adult degenerative scoliosis. *Neurosurg Focus* 2010;28(3):E8. doi: <https://doi.org/10.3171/2010.1.FOCUS09282>
33. Tormenti MJ, Maserati MB, Bonfield CM, Okonkwo DO, Kanter AS. Complications and radiographic correction in adult scoliosis following combined transpoas extreme lateral interbody fusion and posterior pedicle screw instrumentation. *Neurosurg Focus* 2010;28(3):E7. doi: <https://doi.org/10.3171/2010.1.FOCUS09263>
34. Fontes RB, Traynelis VC. Transpoas approach and complications. *J Neurosurg Spine* 2011;15(1):9-10; author reply p. 10. doi: <https://doi.org/10.3171/2010.12.SPINE10741>
35. Ahmadian A, Deukmedjian AR, Abel N, Dakwar E, Uribe JS. Analysis of lumbar plexopathies and nerve injury after lateral retroperitoneal transpoas approach: diagnostic standardization. *J Neurosurg Spine* 2013;18(3):289-97. doi: <https://doi.org/10.3171/2012.11.SPINE12755>
36. Moller DJ, Slimack NP, Acosta FL Jr, Koski TR, Fessler RG, Liu JC. Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion and transpoas approach-related morbidity. *Neurosurg Focus* 2011;31(4):E4. doi: <https://doi.org/10.3171/2011.7.FOCUS11137>
37. 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. doi: <https://doi.org/10.1177/230949901302100120>
38. Dakwar E, Le TV, Baaj AA, Smith WD, Akbarnia BA, Uribe JS. Abdominal wall paresis as a complication of minimally invasive lateral transpoas interbody fusion. *Neurosurg Focus* 2011;31(4):E18. doi: <https://doi.org/10.3171/2011.7.FOCUS11164>
39. 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. doi: <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3182098bfa>
40. 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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2010.07.007>
41. Brier-Jones JE, Palmer DK, Inceoglu S, Cheng WK. Vertebral body fractures after transpoas interbody fusion procedures. *Spine J* 2011;11(11):1068-72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2011.07.020>
42. Essig DA, Cho W, Hughes AP, Huang RC, Sama AA, Girardi FP, Cammisa FP Jr. Risk factors for implant subsidence after stand-alone lateral interbody fusion. *Spine J* 2014;14(11 Suppl):S114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.08.284>
43. 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. doi: <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181b31729>