



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN
Luis Guillermo Ibarra Ibarra ESPECIALIDAD EN:
ORTOPEDIA

***EVALUACIÓN DE LA INESTABILIDAD, FLEXIBILIDAD Y
REDUCCIÓN FINAL DE LA ESPONDILOLISTESIS
DEGENERATIVA DEL ADULTO, MEDIANTE
RADIOGRAFÍA EN BIPEDESTACIÓN NEUTRO Y
RESONANCIA MAGNÉTICA EN SUPINO***

T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE
MÉDICO ESPECIALISTA EN:
ORTOPEDIA

P R E S E N T A:
EDWIN FERNANDO PESANTEZ MOCHAS

PROFESOR TITULAR
JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA

DIRECTOR DE TESIS
BARÓN ZÁRATE KALFÓPULOS
CARLA GARCIA RAMOS



Ciudad de México

Junio 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**EVALUACIÓN DE LA INESTABILIDAD, FLEXIBILIDAD Y REDUCCIÓN FINAL DE LA ESPONDILOLISTESIS
DEGENERATIVA DEL ADULTO, MEDIANTE RADIOGRAFÍA EN BIPEDESTACIÓN NEUTRO Y RESONANCIA
MAGNÉTICA EN SUPINO**

**DR. JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA
PROFESOR TITULAR**

**DR. BARÓN ZÁRATE KALFÓPULOS
DIRECTOR DE TESIS**

**DRA. CARLA LISETTE GARCÍA RAMOS
ASESORA METODOLÓGICA CIRUGÍA DE COLUMNA**

**EVALUACIÓN DE LA INESTABILIDAD, FLEXIBILIDAD Y REDUCCIÓN FINAL DE LA ESPONDILOLISTESIS
DEGENERATIVA DEL ADULTO, MEDIANTE RADIOGRAFÍA EN BIPEDESTACIÓN NEUTRO Y RESONANCIA
MAGNÉTICA EN SUPINO**

**DRA. MATILDE L. ENRÍQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD**

**DR. HUMBERTO VARGAS FLORES
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MÉDICA**

**DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA DE POSGRADO**

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a mi familia, a mi madre Beatriz, mi padre Juan Carlos, mis hermanos Carlos y Enrique, quienes son las personas más importantes, quines a la distancia han sido mis pilares fundamentales durante toda la vida y en el desarrollo de este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quisiera agradecer a mi padre y madre, Juan Carlos y Beatriz, quienes me han apoyado y encaminado en este largo trayecto académico. Gracias por creer en mí y ayudarme en las decisiones que he tomado, muchas veces no fue fácil, pero nunca dejaron de estar para mí. Sin su trabajo, cariño y motivación a lo largo de mi vida, este logro no hubiese sido posible.

Carlos y Enrique, mis hermanos, quienes han sido parte de mis motivos para continuar mi formación y sobresalir, espero poder ser un ejemplo para ustedes como hermano mayor, siempre estaré para ustedes como apoyo, así como ustedes lo han estado para mí.

Finalmente, agradezco a mi tutor de tesis, Dr. Barón Zárate Kalfópulos, y a mi asesora metodológica, Dra. Carla Lisette García Ramos, al Dr. Irving Omar Estévez García por sus enseñanzas y orientación para la realización de este trabajo, así como por inculcarme la pasión por la Cirugía de Columna que ahora comparto con ustedes.

INDICE

RESUMEN -----	8
INTRODUCCIÓN -----	10
OBJETIVOS -----	12
HIPOTESIS -----	13
MARCO TEÓRICO -----	14
JUSTIFICACIÓN -----	31
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	32
ORGANIZACIÓN DE LAS VARIABLES -----	33
MATERIAL Y MÉTODOS -----	37
RESULTADOS-----	40
DISCUSIÓN -----	47
CONCLUSIONES -----	50
REFERENCIAS -----	51
ANEXOS-----	57
LISTA DE FIGURAS -----	64

RESUMEN

Antecedentes: La espondilolistesis degenerativa del adulto, se define como un desplazamiento anterior de una vértebra sobre otra vértebra subyacente, lo cual se ha asociado a diferentes cambios degenerativos, sin este causar defectos asociados en el complejo vertebral. Por lo mismo los mecanismos compensatorios que se presentan como la hipertrofia y el desplazamiento de facetas, así como el de los ligamentos que conducen a la compresión de estructuras nerviosas, causantes de sintomatología como lumbalgia pudiendo llegar hasta la discapacidad. **Objetivo:** evaluar y comparar los parámetros sagitales lumbares y de deslizamiento utilizando radiografías en bipedestación y RMN en decúbito supino preoperatorias en pacientes con diagnóstico de espondilolistesis degenerativa del adulto para determinar si existe una relación entre la evaluación radiográfica y RMN preoperatoria con los resultados radiográficos y clínico funcionales obtenidos en pacientes posoperatorios. **Materiales y métodos:** Estudio retrospectivo de imágenes radiográficas, resonancia magnética supina, registros quirúrgicos y escalas clínicas funcionales de pacientes que se sometieron a descompresión abierta y fusión con diagnóstico de espondilolistesis degenerativa del adulto desde enero de 2017 hasta de 2020 con un seguimiento mínimo de 24 meses. **Resultados:** La espondilolistesis preoperatoria promedio fue de $6,68 \pm 4,31$ mm, que se redujo a $3,65 \pm 5,21$ mm a los 6 meses, al año $3,41 \pm 3,10$ mm, a los 2 años de seguimiento $3,81 \pm 3,36$ mm de la cirugía con una pérdida de reducción de la de 0,84 mm entre el postoperatorio inmediato y la radiografía a los seis meses ($2,81 \pm 2,74$ mm vs $3,65 \pm 5,21$ mm). Las medidas preoperatorias mostraron que la mayor cantidad de desplazamiento se encontró en la radiografía de flexión 8,00 mm (21,06%) y el menor desplazamiento se midió en las radiografías intraoperatorias $2,57 \pm 2,63$ mm ($7,02 \pm 6,37$ %), la misma que se relaciona con una mejoría en las escalas clínicas funcionales posoperatorias, en el cual se obtuvo media de la diferencia preoperatoria y posoperatoria en ODI $-18,50 (\pm 16,34)$, RM $-6,22 (\pm 5,60)$, SF-36 físico $+23,28 (\pm 17,83)$, SF-36 mental $+8,93 (\pm 14,52)$, todas estas diferencias fueron estadísticamente significativas con una

$p=0.0001$. **Discusión:** Estudios previos han demostrado que el desplazamiento aumenta con el paciente en bipedestación en comparación con las imágenes en posición supina con un estado relativamente relajado de los músculos, lo que da como resultado una mejor evaluación de la traslación sagital en comparación con las imágenes de flexión-extensión de pie¹². Se observó una diferencia media de 0,43 mm de deslizamiento entre la resonancia magnética preoperatoria en decúbito supino y las radiografías de seis meses después de la operación, 0.19 mm a los 12 meses y 0.59mm a los 24 meses, a diferencia de 3,46 mm entre las radiografías preoperatorias de pie y la resonancia magnética prequirúrgicas. **Conclusiones:** El uso de una radiografía lateral neutra de pie con RMN en decúbito supino identifica mejor la inestabilidad. Las mediciones en la resonancia magnética preoperatoria no fueron diferentes de los resultados radiográficos en el seguimiento final de pacientes posoperados. La cuantificación del cambio entre la radiografía neutra en posición vertical y la resonancia magnética en posición supina se correlacionó positivamente con la reducción del deslizamiento, SLL y TLL, al final del seguimiento. Finalmente, la mejoría clínica de pacientes sometidos a cirugías se correlacionó con mejoría de los valores en escalas clínicas funcionales.

INTRODUCCIÓN

La espondilolistesis degenerativa del adulto se define como un desplazamiento anterior de una vértebra sobre otra subyacente, la cual se asocia a diferentes cambios degenerativos, sin que estos causen defectos asociados en el complejo vertebral¹. Tanto los mecanismos compensatorios, como la hipertrofia, el desplazamiento de facetas, así como ligamentos que conducen a la compresión de estructuras nerviosas, causantes de síntomas como lumbalgia, o en casos más complejos hasta la discapacidad. La inestabilidad en la espondilolistesis degenerativa se ha caracterizado por hallazgos radiográficos como desplazamiento, alteraciones en el ángulo sagital del disco, altura del disco intervertebrales, orientación de la articulación facetaria, presencia de edema facetario y aceleración del cambio degenerativo vertebral. Como resultado, se han empleado radiografías de flexión-extensión para evaluar la inestabilidad medida por la diferencia en el porcentaje de deslizamiento. En presencia de inestabilidad y compresión, los objetivos quirúrgicos son lograr la descompresión nerviosa, la fusión ósea, la restauración de la lordosis lumbar y la alineación sagital de la columna vertebral.

Se ha determinado que la alineación sagital lumbar postoperatoria adecuada es uno de los factores más importantes para la obtención de resultados clínicos aceptables³. En un estudio de 33 pacientes, Takahashi et al. encontraron que un aumento en la lordosis segmentaria después de la fusión intersomática lumbar posterior (PLIF) presentó mejores resultados clínicos⁴. De manera similar, en un estudio que incluyó a 84 pacientes con espondilolistesis degenerativa, Radovanovic et al⁵. concluyeron que los pacientes con eje vertical sagital (SVA) ≥ 50 mm en el postoperatorio tenían peores puntuaciones en el SF-36, índice de discapacidad de Oswestry y más lumbalgia en comparación con los pacientes con valores SVA ≤ 50 mm, teniendo en cuenta, el cambio en el equilibrio sagital puede diferir entre técnicas quirúrgicas.

En otro estudio Su et al⁶. realizaron un estudio comparativo de 25 pacientes que fueron sometidos a fusión intersomática lumbar transforaminal mínimamente invasiva (TLIF) y 23 pacientes que se sometieron a PLIF abierta, encontraron mayores tasas de reducción de

deslizamiento, cambio de ángulo de deslizamiento y cambio del eje L1 y distancia de S1 en aquellos que fueron sometidos a PLIF abierto.

La resonancia magnética (RM) de columna lumbar es uno de los principales auxiliares diagnósticos al momento de diagnosticar una inestabilidad en pacientes con espondilolistesis degenerativa del adulto⁷. En esta línea, Chan et al. en su estudio retrospectivo de 56 pacientes, identificaron la inestabilidad en un 60.7% utilizando solo una radiografía lateral lumbar y una resonancia magnética en decúbito supino, mientras que con el uso de radiografías de pie en flexión y extensión solo identificaron correctamente el 21.4%. Del mismo modo, Sharma et al. estudiaron a 138 pacientes con desequilibrio sagital, encontrando una diferencia media de 2.9° entre la lordosis lumbar medida en la RMN en decúbito supino en comparación con las radiografías intraoperatorias, frente a 5.51° entre las radiografías de pie y la radiografía intraoperatoria, concluyendo que la RMN determinaba de una manera más precisa el desequilibrio sagital que en las radiografías sagitales dinámicas⁸.

Además, la cantidad de reducción de deslizamiento, la lordosis lumbar y la alineación lumbar sagital son factores que no se pueden determinar con precisión en el período preoperatorio. Salem et al.⁹ en una serie de 84 pacientes compararon radiografías laterales intraoperatorias versus radiografías laterales verticales a los seis meses de la operación y encontraron que la corrección se pierde en gran medida después de la deambulación con una corrección a los seis meses de 1.8° de lordosis lumbar segmentaria y 4.3° de lordosis lumbar total después de una TLIF de un solo nivel.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la reducción del deslizamiento y los parámetros sagitales lumbares en la resonancia magnética supina preoperatoria y las radiografías en bipedestación preoperatorias y posoperatorias a los seis, doce y veinticuatro meses, determinando la asociación de los parámetros de resonancia magnética supina con los resultados radiográficos posoperatorios, así como los resultados clínicos del paciente evaluado mediante escalas preoperatorias y postoperatorias.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar los factores preoperatorios que influyen en la reducción de la espondilolistesis y la restauración de los parámetros sagitales lumbares.
- Determinar la utilidad de la radiografía neutra lateral y RMN versus las radiografías dinámicas de columna lumbar en el diagnóstico de inestabilidad vertebral.
- Determinar la relación entre los resultados de la RMN preoperatoria con los resultados radiográficos postquirúrgico y a los 6, 12 y 24 meses.
- Conocer los cambios radiográficos en pacientes postoperados a los 6, 12 y 24 meses.
- Conocer los cambios de la sintomatología obtenidos en el seguimiento mediante escalas clínicas.
- Determinar la relación existente entre los resultados radiográficos posoperatorios con los resultados clínicos.

HIPOTESIS

- Las mediciones de los parámetros pélvicos en la RM preoperatoria puede predecir los resultados obtenidos en el seguimiento radiográfico a los 6, 12 y 24 meses, que a su vez se correlación con los resultados clínicos obtenidos en pacientes posoperados con Espondilolistesis Degenerativa del Adulto en el Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra”.

MARCO TEÓRICO

El término de espondilolistesis degenerativa fue acuñado en 1963 por Newman¹⁷. Esta entidad se define por el deslizamiento anterior de un cuerpo vertebral sobre otra vértebra inferior, sin afección de la estructura conocida como istmo. Esta patología es más frecuente a partir de la quinta década de la vida, con una relación entre el sexo femenino:masculino de 4:1. En pacientes que cursan con lumbalgia se ha reportado una prevalencia de 7.5% en hombres, y de 16.7 y 28% en mujeres nulíparas y multíparas respectivamente¹⁸.

El segmento que se encuentra afectado con más frecuencia es el nivel L4-L5, presentándose en el 85% de los casos, seguido del segmento L3-L4 y en mucho menor medida el nivel L5-S1, esta última observándose con mayor frecuencia como espondilolistesis ístmica¹⁸. Se ha fundamentado que la fisiopatología para el desarrollo de esta patología es una combinación entre la degeneración facetaria y la discal, este tipo secundario a un daño en diversas estructuras, como los cambios en las superficies articulares de las facetas por osteoartrosis, la disrupción de las fibras de colágeno en el anillo fibroso del disco intervertebral, el engrosamiento del ligamento amarillo y la esclerosis del hueso subcondral.

Los pacientes suelen referir claudicación neurogénica como el síntoma principal, posteriormente se presentan otros síntomas en miembros pélvicos, como disminución en la fuerza, dolor o alteraciones en la sensibilidad. El tratamiento conservador, consistente en rehabilitación de columna, control de peso, el uso de antiinflamatorios no esteroideos, implementar medidas de higiene de columna lumbar, entre otras medidas, el que puede disminuir de manera significativa los síntomas. El tratamiento quirúrgico es el que brinda una mejoría más rápida y duradera, el cual se debe instaurar una vez que se haya implementado previamente el tratamiento conservador, sin mejoría significativa. Vázquez et al¹⁹ concluyeron en su estudio de 46 pacientes que no se encontró correlación entre el Índice de Masa Corporal y el grado de discapacidad funcional.

En cuanto al tratamiento quirúrgico para estenosis pura se puede realizar únicamente descompresión limitada, sin embargo, se ha observado que la laminectomía y la instrumentación lumbar en conjunto presentan mejores resultados, sobre todo a largo plazo. En pacientes con comorbilidades importantes y con osteoporosis, es primordial que se realice únicamente la fusión sin fijación, aun teniendo en cuenta que el "estándar de oro" para el manejo de lumbalgia crónica es la fusión dorsal.

En 1931 Henry W. Meyerding, describió la subluxación lumbar de acuerdo al porcentaje de desplazamiento, dividiéndolo en cinco grados distintos. Esta clasificación refleja la severidad del deslizamiento basándose en las mediciones en la proyección lateral de la columna lumbar, mide la distancia del borde posterior de la vértebra superior al borde posterior de la vértebra inferior²⁰. La clasificación es como sigue:

Grado	Porcentaje de desplazamiento
I	0- 25%
II	26 – 50%
III	51 – 75%
IV	76 – 100%
V	> 100%, espondiloptosis.

Cuadro Clínico

La espondilolistesis degenerativa lumbar puede ser asintomática y ser diagnosticado como un hallazgo incidental en una radiografía o en una tomografía, sin embargo, puede llegar a presentar una gran variedad de síntomas, los cuales pueden limitar las actividades de la vida diaria de quienes lo padecen. Este cuadro depende de la magnitud del daño estructural, del grado de movilidad en el segmento afectado y de la compresión nerviosa.

El dolor no debe ser el único factor a tomar para determinar el tipo de tratamiento, este debe ser determinado en conjunto con el paciente²¹.

Las principales características de la sintomatología son:

- Lumbalgia.

- Dolor radicular.
- Claudicación neurogénica intermitente.

Lumbalgia

El dolor lumbar es variable, caracterizándose por dolor fluctuante, donde hay días con dolor intenso, así como días en el cual el paciente se encuentre asintomático, sin conocer la causa de dicha molestia. Esta fluctuación puede retrasar el diagnóstico debido a la creencia que con eventualmente su cuadro clínico desaparecerá²¹. De primera instancia, el uso de analgésicos puede tener una respuesta adecuada, no obstante, esta respuesta tiende a perderse con el pasar del tiempo, a pesar de aumentar dosis y de escalar medicamentos. El dolor se localiza en las articulaciones facetarias, siendo de tipo inflamatorio, dolor en faja, que se irradia a glúteos. En un inicio el dolor puede ser asimétrico en intensidad y extenderse a las regiones trocántéricas, hasta la cara lateral del muslo y la rodilla en algunas ocasiones. A veces hay irradiación a la región inguinal.

Una característica distintiva del dolor lumbar presentado en esta entidad es que el pico de intensidad se presenta en la mañana, al intentar bajar o girar de la cama, al estar de pie por tiempo prolongado y con la marcha lenta o en segmentos cortos. El dolor disminuye una vez iniciada las actividades, y con la marcha. Los pacientes suelen tomar una posición característica, la posición sedente o en flexión de tronco, la cual brinda alivio a estos pacientes, también conocido como signos de “shopping cart” al provocar una liberación de los segmentos comprimidos.

Dolor radicular

Esta radiculopatía tiene como característica el permanecer con dolor por tiempos prolongados, para luego desaparecer o bien, hacerse crónico, lo cual interfiere con las actividades diarias del paciente²².

Con frecuencia, se puede ver la aparición de un quiste sinovial intrarraquídeo, lo cual aumenta la compresión de la raíz correspondiente.

La distribución es radicular, pero menos localizada que en compresiones agudas, como las causadas por una hernia discal. La intensidad es variable entre los días e incluso durante un mismo día, este suele aumentar con la marcha y al apoyar la extremidad inferior correspondiente.

En esta patología no suelen ser positivas las pruebas de irritación radicular como el Test de Elevación de la Pierna (TEPE) o Lassege.

El déficit neurológico es mínimo, que puede variar al caminar unos minutos, por lo que se suele indicar la caminata y reexaminar al paciente posteriormente para evidenciar algún grado de déficit motor o sensitivo ya que, en muchos casos, sigue un proceso compresivo dinámico.

Claudicación neurogénica intermitente

Este síntoma refleja una fase avanzada de la enfermedad, en la cual la marcha se torna dificultosa, y el paciente debe detenerse, sentarse y flexionar el tronco para aumentar el diámetro del canal y así mejorar la sintomatología al cabo de unos minutos, permitiendo al paciente continuar con la deambulación una distancia limitada y determinada, repitiendo el ciclo para mejorar la sintomatología²¹. Con esto, la sintomatología se alivia en unos minutos y permite al paciente seguir caminando una distancia limitada hasta repetir el ciclo. La capacidad de marcha varía de día en día, pero al ser un signo de estado avanzado de la enfermedad quienes lo presenten requerirán de descompresión quirúrgica.

Diagnóstico

El diagnóstico se realiza al documentar el desplazamiento anterior de una vértebra sobre la subyacente, pero sin existir solución de continuidad de la pars interarticularis. Existe una degeneración facetaria y puede encontrarse, además, una elongación de la pars que permita el desplazamiento. Los principales estudios de gabinete de utilidad para su diagnóstico son los siguientes:

Radiología

La radiología es de gran importancia al momento del diagnóstico desde etapas iniciales, como para la evolución del mismo y establecer quienes seguirán con un curso progresivo o estable²³.

Existen diversos elementos a evaluar que son de vital importancia al momento del diagnóstico como para establecer un adecuado seguimiento:

- Relación de la altura del disco vertebral de L4-L5 respecto de las crestas ilíacas.
- Vértebra de transición lumbosacra.
- Movilidad de los segmentos L4-L5.
- Presencia o ausencia de la degeneración del disco L5-S1.

En la actualidad no hay consenso en la literatura al momento de estandarizar el método para medir los desplazamientos radiológicos. SPORT Trial definen un método para la medición la distancia traslacional, el ángulo intervertebral y la altura discal (Pearson et al.)²⁴. Cabraja, Mohamed, Koeppen y Kroppenstedt (2012) evaluaron la translación sagital en 100 pacientes sintomáticos con espondilolistesis, en los cuales 83 pacientes presentan un diagnóstico espondilolistesis degenerativa del adulto. Existen diferentes proyecciones en las cuales se pueden valorar una columna vertebral, cada uno aportara información para el diagnóstico y con alta reproductibilidad. Sin embargo, se debe conocer que las radiografías en flexión y extensión llamadas radiografías dinámicas mostraron un mayor grado de desplazamiento sin que nunca excede los 4 mm de traslación anterior.

No existen parámetros radiológicos descritos que se correlacionen con progresión o no de la enfermedad en la cual se habla fusión parcial o total de L5 al sacro y la existencia de degeneración severa del disco L5-S1 pueden ser indicadores indirecto de progresión de la enfermedad.

Al mismo tiempo existen parámetros lumbopélvicos que cada vez más utilizados al momento de la evaluación de pacientes. Dentro de estos parámetros los de mayor importancia son la incidencia pélvica que consiste un valor constante y propio de cada

individuo, y equivale a la suma de la inclinación sacra y el tilt pélvico²⁵. Es decir, la retroversión pélvica aumenta con una hiperlordosis lumbar, en el cual el *sacral slope* disminuye su valor, y aumentando el tilt pélvico, que a su vez se compensa con una hiperlordosis, que cuando se sobrepasa su límite de compensación se produce un desbalance sagital anterior, con flexión de rodillas y caderas dando una posición característica del paciente, que cada vez tiene mayor importancia los hallazgo de descompensación sagital de pacientes operados, con deterioro importante de la calidad de vida.

Se recomienda como protocolo durante la evaluación radiográfica el solicitar panorámicas de pie frontal y lateral, el mismo que permite una correcta evaluación prequirúrgica.

Resonancia magnética nuclear (RMN)

La resonancia magnética (RMN) es un estudio que permite una adecuada visualización de todos elementos de partes blandos que comprende el complejo vertebral, además se puede agregar el uso de medios de contraste en cierto pacientes que ayudan a identificar procesos inflamatorios como el gadolinio.

La presencia de derrame articular facetario ha sido sindicada como factor de inestabilidad (Chaput, Padon, Rush, Lenehan y Rahm, 2007). Chaput et al²⁶. (2007) estudiaron sobre radiografías dinámicas y RM en 193 pacientes que presentaban dolor lumbar secundario a enfermedad degenerativa, en el cual se excluyen pacientes con diagnóstico de espondilólisis, listesis ístmicas, cirugía previa, escoliosis, artritis y neoplasia de los cuales 54 presentaban espondilolistesis degenerativa, en el cual, la presencia de derrame articular se consideraron elementos de gran significación estadística.

Al mismo tiempo en este estudio aproximadamente el 22% de los pacientes no de evidencia desplazamiento, pero sí en las radiografías estáticas y dinámicas. La presencia de derrame articular facetario en un grado significativo en L4- L5, en una RM, obliga a tomar radiografías de pie y dinámicas.

Tomografía computada (TC)

La tomografía computada (TC) es de gran utilidad para la medición del ángulo Theta, el cual se refiere al valor de la inclinación de las facetas articulares, en el cual la orientación facetaria más sagital se considera responsable de la progresión de la listesis.

Love, Fagan y Fraser (1999) observaron en pacientes en diferentes grupo de edades el ángulo facetario era secundario de la remodelación ósea y a los cambios artrósicos, y no la causa primaria de la espondilolistesis²⁷.

Mielografía y mielotomografía computada

Su principal indicaciones es en aquellos pacientes que no se pueden someter a RMN como portadores de marcapasos que es un estudio dinámico y permite la valoración de las raíces de los procesos laterales y donde la TC no está indicada para aportar datos de partes blandas²⁸.

Tratamiento

Al momento de la decisión del tratamiento se debe tomar en cuenta todos las características de la enfermedad, así como las herramientas que tenemos a nuestro alcance, teniendo en cuentas la evolución propia de la enfermedad. Matsunaga, Ijiri y Hayashi (2000), realizaron una revisión retrospectiva en 145 pacientes, en los que encontraron que el 83% de los pacientes con compromiso neurológico empeoraron su condición clínica.

Dada esta historia natural de la enfermedad, el problema es identificar, entre los pacientes que se diagnostican solo por presentar dolor lumbar, cuales evolucionaran hacia un compromiso neurológico. Como esto no se puede predecir, se debe iniciar siempre terapia conservadora en ausencia de compromiso neurológico²⁹.

Tratamiento conservador

El tratamiento médico se basa en terapia con fármacos, en los cuales se incluyen antiinflamatorios no esteroideos que se recomiendan para los periodos de dolor de gran

intensidad, acompañado por el pilar del manejo conservador como la terapia física, que incluyen una pauta de ejercicios en flexión y de estabilización de la columna lumbosacra junto con el control de peso, si posterior a las 4 a 6 semanas no se obtiene resultados en el control del peso se puede indicar la infiltración facetaria previo a pensar en el tratamiento quirúrgico³⁰.

Frymoyer determino un esquema de manejo conservador incluye medicamentos antiinflamatorios, ejercicio de bajo impacto de tipo aeróbico, terapia de ultrasonido, electro estimulación, natación, caminar y hacer ejercicio en máquinas elípticas, el cual se puede iniciar con reposo de 48 horas, seguido de un período de AINES combinado con fisioterapia con la finalidad de reducir el dolor, que faciliten la recuperación de los rangos de movilidad, la función para realizar sus actividades mejorando el equilibrio, fortalecimiento y estabilización de la columna³¹. La terapia antiinflamatoria, tiene como objetivo actuar directamente sobre las articulaciones y la raíces nerviosa comprimidas, reduciendo los mediadores inflamatorios.

En caso de fracaso o de suspensión de la rehabilitación se puede escalar a la infiltración que consiste en la inyección epidural de corticosteroides con anestésico local. Este se inyecta sobre la región afectada por la listesis la cuales son efectivas para aliviar la lumbalgia, dolor radicular y la claudicación neurogénica³². En el seguimiento a largo plazo en pacientes sometidos a inyección epidural de esteroides, no se demostró ningún beneficio a largo plazo en la enfermedad degenerativa del disco, la hernia discal, el dolor lumbar radicular o la estenosis, a corto plazo tiene una mejoría significativa con beneficios para el alivio del dolor, mejora funcional para sus actividades diarias reduciendo el dolor entre un 64 y un 81%, la discapacidad entre un 60 y un 63 % y la depresión en un 56 % en pacientes con dolor lumbar, mejorando la tolerancia a la deambulacion incluso un año después del procedimiento³³. Un beneficio a corto plazo podría ser el control temporal del dolor que permitirá al paciente llevar a cabo un mejor régimen de fisioterapia.

El estudio SPORT21 siglas en inglés (ensayo de investigación de resultados de pacientes de columna vertebral), estudio a 395 pacientes en el 2013, los cuales fueron sometidos a

cirugía y a 210 pacientes con tuvieron un manejo conservador, el cual determinan que todos los pacientes que se sometieron a cirugía tuvieron una mejoría mayor que aquellos a los que se les administró un tratamiento conservador³⁴.

Tratamiento quirúrgico

Se debe considerar el tratamiento quirúrgico cuando han fallado las medidas conservadoras y el paciente presenta sintomatología persistente³⁵.

Entre las principales indicaciones tenemos:

- Dolor lumbar, claudicación neurogénica, que reduce la calidad de vida y que no respondió al tratamiento conservado por de mínimo tres meses.
- Déficit neurológico progresivo.
- Sexo, vejiga e intestino neurogénico.

Los diferentes procedimientos para el manejo conservador se encuentran fusión vertebral, descompresión y la instrumentación. Estos procedimientos tienen como objetivo:

- Descompresión: liberar las estructuras nerviosas.
- Fusión: estabilizar la lesión, alivio del dolor lumbar.
- Instrumentación: lograr mayores porcentajes de fusión y corregir lordosis y listesis.

Lattig et al³⁶. compararon cuatro grupos con un total 160 pacientes, en los cual no encontraron mayor diferencia en la evolución posoperatoria a los dos años

- Grupo 1: derrame articular, tratado con descompresión pura.
- Grupo 2: derrame articular, tratado con descompresión más artrodesis instrumentada.
- Grupo 3: sin derrame, tratado con descompresión pura.
- Grupo 4: sin derrame articular, tratado con descompresión y artrodesis instrumentada.

Si se trata de un paciente joven con predominio sintomático de lumbalgia, inestabilidad en radiografías dinámicas, puede estar indicado una fusión como parte del tratamiento. Por el

contrario, un paciente de más edad, con dolor y compresión radicular más claudicación neural, colapso discal, estenosis severa, escaso derrame facetario y artropatía hipertrófica podría ser un candidato para realizar una descompresión aislada.

Entre las alternativas quirúrgicas tenemos:

- Descompresión sin fusión.
- Descompresión con fusión sin instrumentación.
- Descompresión con fusión con instrumentación.

Técnica quirúrgica

Descompresión sin fusión

Algunos estudios como los realizados por Lombardi, Wiltse, Reynolds, Widell y Spencer en 1985, donde realizaron seguimiento de dos a siete años, encontraron buenos y excelentes resultados solamente en 33% de los casos donde se realizaba facetectomía sin artrodesis, en el 80% de los casos si no se resecaban las facetas articulares, y en el 90% se agregaba artrodesis simple posterolateral³⁷.

En 1986, Johnsson, Willner y Johnsson realizaron un estudio de descompresión pura en 45 pacientes con estenosis de canal, en donde 20 pacientes presentaban Espondilolistesis degenerativa, evidenciando progresión del desplazamiento en 13 pacientes, contra solo cinco del grupo con estenosis pura. Los que tuvieron desplazamiento postoperatorio se relacionaron con peores resultados clínicos³⁸.

Bydon, Xu et al. en su estudio de 2010 observaron que el porcentaje de recurrencia de quistes sinoviales facetarios es similar en todos los grupos de pacientes operados, pero la lumbalgia de características mecánicas es significativamente mayor en pacientes a quienes les realizaron hemilaminectomía o laminectomía aisladas, que los grupos con fusión con o sin instrumentación. No hubo diferencia entre estos dos últimos grupos. Además, la presencia de espondilolistesis degenerativa no aumentó la tasa de recurrencia del quiste sinovial³⁹.

La liberación sin fusión está indicada en pacientes con patología estable, con ausencia de lumbalgia, en aquellos con únicamente dolor mono radicular, con colapso discal, columna balanceada y sin derrame articular facetario en pacientes con múltiples comorbilidades, en los que no respondieron al tratamiento conservador y el bloqueo peridural.

Técnica

La descompresión sin fusión es en teoría el procedimiento quirúrgico sin tantas complicaciones en comparación con otras técnicas quirúrgicas descritas para de espondilolistesis degenerativa del adulto. Sin embargo, solo reseca la espinosa de L4, las láminas y el ligamento amarillo, en parte, el canal central, no suele ser suficiente y podría ser la causa de que el dolor radicular continúe.

Motivo por el cual es necesario llegar hasta la faceta superior hipertrófica, que es la que cierra el canal foraminal y, por lo tanto, comprime la raíz contra el disco intervertebral. Se debe reseca esta hipertrofia hasta poder observar la raíz y pasando a nivel del borde medial del pedículo. Esto es fundamental en la descompresión para poder mitigar el dolor radicular, y requiere de resección parcial de las facetas.

Aunque haya un solo lado sintomático, se recomienda realizar descompresión bilateral debido al probable colapso secundario del disco, evitando así la aparición de sintomatología contralateral.

Descompresión con fusión sin instrumentación

En 1991 Herkowitz y Kurz et al. publicaron un trabajo donde compararon dos grupos de 50 pacientes en total, uno con descompresión sola y otro con descompresión con fusión observando una mejor evolución de pacientes fusionados que en los del grupo de descompresión sola. En este estudio con seguimiento a tres años, el 36% de los pacientes con fusión presentaron pseudoartrosis, sin afectar en el resultado clínico del paciente⁴⁰. Kornblum et al. en 2004 realizaron un seguimiento más prolongado, demostrando que los

pacientes con fusión sólida tuvieron un 86% de buenos resultados a largo plazo, mientras que los portadores de pseudoartrosis solo tuvieron un 56% de buenos resultados⁴¹.

La indicación de liberación con artrodesis no instrumentada podría darse en la Espondilolistesis degenerativa con características de estabilidad, donde se realiza amplia descompresión del canal lateral, en columnas balanceadas.

Técnica

Se deben respetar las facetas articulares para tener superficie de fusión facetaria, una vez reseca el cartílago articular se deben preparar adecuadamente las apófisis transversas, evitando su fractura, y decorticarlas al igual que la pars articularis.

Cada vez es más común el uso de autoinjerto, obtenido de la laminectomía descompresiva o de la cresta iliaca. También el uso de materiales que se podrían agregar al injerto óseo está plenamente justificado entre los más usados esta la hidroxiapatita, fosfato tricálcico.

Descompresión con fusión con instrumentación

En el año de 1993, Zdeblick en un estudio prospectivo, randomizado, de 124 pacientes de los cuales 56 de ellos tenían espondilolistesis sin separación de las ístmicas de degenerativas, tuvo significativo mayor porcentaje de fusión de los segmentos en los pacientes instrumentados⁴².

Bridwell publicó, en un estudio prospectivo en 44 pacientes, en los cuales se observó una mejor tasa de fusión y mejores resultados clínicos, alineación vertebral en los pacientes con fusión e instrumentación, con diferencias estadísticamente significativa⁴³.

Mardjetko, Connolly y Shott (1994) realizaron uno de los estudios más grandes el cual consistía en un metaanálisis de la literatura entre los años de 1970 y 1993, sobre espondilolistesis degenerativa, en el cual se tomaron en cuenta 25 artículos en el cual se tomaron en cuenta la evolución clínica y la tasa de fusión los mismo que fueron comparados en cuatro grupos⁴⁴:

- Descompresión pura

- Descompresión con fusión no instrumentada
- Descompresión con fusión instrumentada con tornillos pediculares
- Descompresión con fusión instrumentada con sistemas sin tornillos pediculares.

En el cual se observó no hubo diferencia significativa dentro de los grupos con fusión, sugiriendo que la instrumentación no mejora la evolución clínica.

Estudios posteriores de cohortes controladas y metaanálisis de la literatura han encontrado resultados ligeramente superiores en pacientes con artrodesis instrumentada, pero no son estadísticamente significativos. Esto es relevante en términos económicos. Se considera necesaria una mejor calidad de estudios para poder resolver este es problema al momento de elegir el tratamiento quirúrgico.

Martin et al. (2007) hicieron una revisión de la literatura, incluyendo solo artículos referidos al tratamiento quirúrgico de la espondilolistesis en el cual se encontraron mejores resultados en los pacientes en que se asocia una fusión sobre la descompresión pura, pero no se puede sacar una conclusión clara acerca del beneficio de la instrumentación⁴⁵.

Respecto a la indicación de asociar una instrumentación a mediano y largo plazo, encontraron que tener un segmento fusionado se relaciona con una mejor evolución clínica que tener un segmento con pseudoartrosis. Por esto, en caso de ser necesaria una artrodesis, se aconseja hacerla con instrumentación.

Abdu et al. en 2009 no encontraron diferencias estadísticamente significativas en un estudio prospectivo controlado, no randomizado, en 380 pacientes divididos en grupos con solo fusión in situ, instrumentación con tornillos pediculares y fusión de 360°. Los resultados no fueron randomizados y los grupos no eran comparables. Sin embargo, se debe considerar que, a los cuatro años, los pacientes con fusión en 360° tuvieron una mejor evolución. A corto plazo, en cambio, la fusión in situ dio mejores resultados clínicos⁴⁶.

Técnica

La fijación con tornillos transpediculares fue descrita en 1944 por King, la cual se agregó una fusión intercorporal en un intento de evitar la no unión en la espondilolistesis, con uso de cajas intersomáticas desarrolladas Roy-Camille.

La liberación con fusión instrumentada, se agrega la descompresión, y la colocación de los injertos de las técnicas previas.

Desde las iniciales descripciones con artrodesis posterolateral instrumentada con tornillos pediculares, han aparecido diversas variaciones de instrumentación²¹.

Los siguientes son los tipos de fusiones instrumentadas más usadas:

- Fusión posterolateral con instrumentación posterior
- Fusión intersomática posterior (PLIF) + instrumentación posterior
- Descompresión con fusión con instrumentación
- Fusión intersomática transforaminal (TLIF) + instrumentación posterior
- Fusión intersomática por vía lateral transpsoas (XLIF)
- Fusión anterior (ALIF)

Fusión posterolateral con instrumentación posterior

La instrumentación pedicular, añade complicaciones al procedimiento quirúrgico, que permite mayores niveles de descompresión sin limitarse en la resección facetaria.

En este procedimiento el porcentaje de complicaciones ha disminuido por la experiencia y el adecuado control radiográfico y monitoreo electrofisiológico intraoperatorio.

Técnicamente, la colocación de los tornillos pediculares, antes de realizar la descompresión quirúrgica, minimiza el exceso de sangrado y disminuye el riesgo de lesión de la duramadre, al no estar expuesta al momento de instrumentar²¹.

Fusión intersomáticas lumbar posterior (PLIF) + instrumentación posterior

En este procedimiento se realiza una fenestración en las láminas y reseca de forma parcialmente la faceta, retrayendo el saco dural y las raíces nerviosas, para acceder al espacio intersomático para realizar una descompresión y laminectomía.

Esta técnica presenta mayor complicaciones que los que son sometidos a TLIF en L4-L5, en el cual la reducción del diámetro transversal del canal hace más difícil la colocación estas cajas.

Es necesario completar la fusión con instrumentación pedicular, ya que la colocación de las cajas implica una facetectomía subtotal bilateral. La pérdida de *stock* óseo posterior, por tal grado de descompresión, puede hacer disminuir la tasa de fusión posterior, por lo que se debe utilizar en la fusión intersomática⁴⁷.

Fusión intersomática transforaminal (TLIF) + instrumentación posterior

Harms and Rollinger desarrollaron en 1982 la técnica de fusión intercorporal lumbar transforaminal (TLIF), que tiene una ventaja sobre el PLIF, al evitar la retracción del saco dural y las raíces nerviosas. La zona de entrada del implante está a través del foramen, facilitando el acceso al espacio intersomático⁴⁸.

En la fusión intersomática transforaminal (TLIF), la colocación de una sola caja intersomática se realiza por la zona posterolateral del disco, a nivel foraminal.

La técnica requiere de la resección de la articulación facetaria, para permitir visualizar la zona segura consistente en un triángulo de seguridad formado por el saco dural hacia medial, la raíz emergente por supero lateral y la pasante por inferomedial.

Se abre una ventana en el disco intervertebral, se preparan las placas vertebrales y se coloca la caja más grande que se pueda logrando así la apertura del foramen y la descompresión indirecta.

Fusión intersomáticas por vía lateral transpsoas (XLIF)

En la fusión intersomática por vía lateral transpsoas (XLIF), se utiliza una vía de abordaje lateral, transpsoas, en forma mínima invasiva.

Se logra la colocación de una gran caja intersomática cuyo pie de apoyo va entre los dos ángulos posterolaterales del cuerpo vertebral. Se han descrito buenos resultados con el uso de esta técnica²¹.

Fusión anterior (ALIF)

Bono y Lee sugieren que la artrodesis anterior es la técnica con el mejor porcentaje de fusión, esta requiere de un segundo abordaje para lograr la descompresión neural.

Cuando se presenta una listesis con escaso compromiso del diámetro se puede lograr un aumento del área foraminal y del canal por una reducción indirecta.

Puede considerarse el ALIF como una alternativa frente al fracaso de cirugía por vía posterior, como cirugía de rescate.

Complicaciones del tratamiento quirúrgico

Infecciones

Las infecciones ocurren entre el 1% y el 8% de las cirugías de fusión.

La mayor tasa de riesgo lo presentan pacientes reparados, diabetes mellitus, mayor estadía hospitalaria preoperatoria. También son factores contribuyentes el descenso importante del hematocrito intra y posoperatorio²¹.

Malposición de tornillos

La mal posición de los tornillos es una de las complicaciones que ha disminuido en los últimos tiempos debido al uso intraoperatorio de radiografías e intensificador de imágenes y al aumento de entrenamiento en el uso de ellos.

Lesión del saco dural

La lesión del saco dural es aproximadamente entre el 1% y el 17% de cirugías de descompresión. En estos casos, si la reparación es eficiente, no se compromete el resultado final de la cirugía.

El estudio SPORT Trial³⁴, que contaba de 389 pacientes, un 10,5% presento una durotomía incidental. No hubo afección del resultado final a pesar de este. En caso de diagnóstico tardío la lesión debe ser tratada mediante drenajes o reparación quirúrgica dependiendo del caso.

Desplazamiento de las cajas intersomáticas

El desplazamiento de las cajas intersomáticas es una complicación de frecuencia no clara.

Patología del segmento adyacente

En general, parece que la aparición de la enfermedad transicional solo es mayor con las instrumentaciones de mayor número de niveles.

JUSTIFICACIÓN

Al momento de la elaboración de esta tesis existe escasa literatura en México, en él se aborde la espondilolistesis degenerativa del adulto por parámetros pélvicos mediante mediciones radiográficas prequirúrgicas y posquirúrgicas, menos la correlación predictiva que podría existir entre la resonancia magnética prequirúrgica con los resultados radiográficos posoperatorios que podrían ayudar al momento de la planeación que afectan directamente con los resultados clínicos finales de los pacientes. Esto se llevará a cabo con el análisis detallado de estudios de imagen obtenidos previo y posterior a la cirugía junto con la valoración clínica mediante cuestionarios validados mundialmente para valorar la capacidad funcional y la calidad de vida a 24 meses de seguimiento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Esta patología que puede variar en cuanto a la intensidad de su sintomatología, que va desde una ligera molestia inespecífica hasta llegar a ser incapacitante, con un gran impacto en la población mexicana en el aspecto económico, así como para instituciones públicas, limitado sus actividades laborables e incluso hasta sus actividades recreativas y que una vez fracasado el manejo conservador requerirán de tratamiento quirúrgico. En México no existe un adecuado registro y relación imagenológica preoperatoria de la inestabilidad en pacientes con espondilolistesis degenerativa del adulto mediante radiografías en bipedestación con resonancia magnética con los resultados postoperatorios radiográficos y clínico funcionales.

ORGANIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Definición operacional	Unidad de medida	Tipo de variable
Edad	Tiempo que ha pasado desde el nacimiento hasta la cirugía	Años	Cuantitativa discreta
Sexo	Sexo al nacimiento	Masculino Femenino	Cualitativa nominal
Peso	Fuerza con la que la Tierra atrae a un cuerpo, por acción de la gravedad	Kilogramos (kg)	Cuantitativa continua
Talla	Dimensión vertical de un cuerpo en su posición anatómica	Metros (m)	Cuantitativa continua
Índice de Masa Corporal (IMC)	Medida de asociación entre el peso y la talla de una persona, usado como uno de varios indicadores para evaluar el estado nutricional	Kilogramo/metro al cuadrado (kg/m ²)	Cuantitativa continua
Complicaciones	Presencia de alteraciones de la evolución del paciente en el trans o posquirúrgico	Si, No	Cualitativa nominal
Dolor	Percepción sensorial localizada y subjetiva que puede ser molesta o desagradable en una parte del cuerpo	Escala visual análoga (EVA) del 0 al 10	Cuantitativa discreta
Listesis	Desplazamiento de una vértebra sobre otra en el plano sagital	Milímetros (mm)	Cuantitativa continua

Inclinación Pélvica (PT)	Rotación de la pelvis en torno al eje transversal que atraviesa el centro de ambas articulaciones coxofemorales	Grados (°)	Cuantitativa continua
Incidencia Pélvica (PI)	Ángulo formado por una línea perpendicular a la plataforma del sacro que inicia en la mitad del mismo hacia distal y una segunda línea que va del centro de las cabezas femorales a la mitad de la plataforma del sacro	Grados (°)	Cuantitativa continua
Pendiente Sacra (SS)	Ángulo que se forma entre una línea sobre la plataforma superior de S1 y una línea horizontal trazada a la porción más alta del sacro	Grados (°)	Cuantitativa continua
Eje Vertical Sagital (SVA)	Medida utilizada para documentar la ubicación de la cabeza con respecto al centro de gravedad normal, desplazamiento de la cabeza del promontorio sacro	Milímetros (mm)	Cuantitativa continua
Lordosis Lumbar Total (TLL)	La medida sagital del ángulo de Cobb desde el platillo terminal superior de L1 hasta la plataforma del sacro	Grados (°)	Cuantitativa continua

Lordosis Lumbar Segmentaria (SLL)	Medida sagital del ángulo de Cob entre los platillos de las vertebrae con listesis	Grados (°)	Cuantitativa continua
Sangrado	Cantidad de sangre perdida durante el evento quirúrgico	Mililitros (ml)	Cuantitativa continua
Tiempo quirúrgico	Tiempo transcurrido desde el inicio hasta el termino del evento quirúrgico	Minutos (min)	Cuantitativa continua
SF36	Estudio en salud, pequeño, multiusos que consiste en 36 preguntas. Arroja un perfil de 8 escalas y al mismo tiempo resume las medidas en cuanto a salud mental y física. Se estableció una calificación para cada tema que va de 0-100 correspondiendo el 100 al mejor estado de salud.	0-100 puntos	Cuantitativa continua
Oswestry	Cuestionario autoaplicado, específico para dolor lumbar, que mide las limitaciones en las actividades cotidianas. Consta de 10 preguntas con 6 posibilidades de respuesta cada una	0-100 puntos	Cuantitativa continua
Roland-Morris	Cuestionario para determinar el grado de incapacidad, basado en contar el número de frases	0-24 puntos	Cuantitativa continua

	señaladas por el paciente. Los valores extremos oscilan entre 0 (ausencia de incapacidad por lumbalgia) y 24 (máxima incapacidad posible).		
Posición de la caja intersomática	Sitio dentro de la superficie entre los cuerpos vertebrales donde esta localizada la caja intersomática	1 = 1/3 posterior 2 = 1/3 medio 3 = 1/3 anterior	Cualitativa nominal

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio retrospectivo de una sola institución con imágenes radiográficas, resonancia magnética, registros quirúrgicos y escalas clínico funcionales de pacientes que se sometieron a cirugía primaria de uno o dos niveles con TLIF abierta o PLIF con diagnóstico de espondilolistesis degenerativa del adulto desde enero de 2017 hasta diciembre de 2020 con un seguimiento mínimo de 24 meses, el primero a los 6 meses, posterior a los 12 meses y finalmente a los dos años. Se obtuvo la aprobación del comité de investigación institucional antes del estudio. Los pacientes fueron excluidos si tenían cirugía lumbar previa, había evidencia de deformidad rotacional en las radiografías de pie de la columna lumbosacra o tenían datos faltantes. De todos los participantes se recogieron datos de edad, sexo, nivel de cirugía, abordaje quirúrgico. Todos los pacientes completaron escalas como Índice de discapacidad de Oswestry (ODI v2.1), Escala analógica visual de dolor (EVA), Roland-Morris y SF-36.

Todas las resonancias magnéticas y radiografías preoperatorias fueron revisadas por medico residente de 4to año de ortopedia del Instituto Nacional de Rehabilitación “Luis Guillermo Ibarra Ibarra” y cirujano de columna con el mismo nivel de capacitación, los mismos cegados a la información del paciente para evaluar la confiabilidad intraobservador e interobservador. Radiografías verticales estandarizadas de la columna lumbosacra obtenidas antes de la cirugía, antes del alta del hospital (dentro de una semana de la cirugía) a los 6, 12 y 24 meses durante consultas de seguimiento después de la cirugía. Se obtuvieron imágenes sagitales ponderadas en T2 de resonancia magnética preoperatoria en todos los pacientes (Figuras 1 y 2). Se tomaron las siguientes medidas: lordosis lumbar segmentaria (SLL) del segmento índice, medida por el ángulo de Cobb entre la línea tangente al platillo superior del cuerpo vertebral superior y la línea tangente al platillo inferior del cuerpo vertebral inferior en ese segmento. Lordosis lumbar total (TLL) medida por el ángulo de Cobb entre una línea tangente al platillo superior de L1 y una línea tangente al platillo superior de S1. La incidencia pélvica (PI) se midió calculando el ángulo entre la línea

perpendicular a la placa sacra en su punto medio y la línea que conecta este punto con el eje de la cabeza femoral. Se utilizaron imágenes intraoperatorias para determinar la posición final de la caja intervertebral. La posición de la jaula se calculó para las placas terminales por encima y por debajo de la jaula. La espondilolistesis degenerativa se clasificó de acuerdo con la clasificación de espondilolistesis degenerativa clínica y radiográfica (CARDS) ¹⁰.

En resumen, el procedimiento quirúrgico se realizó con pacientes en decúbito prono, se realizó un abordaje de línea media con disección sobre las facetas y la apófisis transversa, se realizó descompresión bilateral y los pacientes recibieron TLIF abierta más fusión lateral posterior o fusión lumbar posterolateral abierta (PLF) sola. En los casos en los que se realizó TLIF se realizó facetectomía total en el lado de inserción de la caja. Las jaulas eran de polietileno de alta densidad (PEEK) llenas de autoinjerto y matriz ósea desmineralizada. Se colocaron barras, se aplicó una compresión suave y se bloquearon los tornillos (Figuras 1 y 2). Las heridas se cerraron en capas. No se utilizó inmovilización externa durante el postoperatorio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizaron frecuencias y porcentajes para describir datos categóricos, y las diferencias se probaron mediante la prueba de χ^2 . Se utilizaron medias \pm desviación estándar (DE) para variables continuas, y la prueba de Kruskal-Wallis (prueba post hoc de comparaciones múltiples de Dunn) para comparaciones entre más de 2 grupos, mientras que la prueba U de Mann-Whitney se utilizó cuando solo 2 grupos se compararon. Las correlaciones se evaluaron mediante la correlación de rangos de Pearson o Spearman (r) con intervalos de confianza del 95%, según corresponda. La concordancia entre observadores para la medición se calculó utilizando el kappa de Cohen ($\text{kappa} = 0,776$). Todos los análisis fueron de dos colas, y el valor de $P < 0.05$ fue considerado significativo. Todos los análisis se realizaron utilizando el software SPSS versión 20 y se consideró valor de $p < 0.5$ como estadísticamente significativo.

COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

APROBADO: **22/21 E 2023-1**

INVESTIGACIÓN: SIN RIESGO

RESULTADOS

Análisis sociodemográfico

Se obtuvo una muestra total de 79 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, la muestra contaba con las siguientes características sociodemográficas, la edad media fue 62.76 ± 12.08 años en un rango de 27 a 85 años, el peso promedio fue de 67.28 ± 9.65 kg, la talla 1.59 ± 0.08 m, el IMC de 26.25 ± 3.76 kg/m². El 73.4% (58/79) del sexo femenino y el 26.6% (21/79) del sexo masculino. La descripción de la muestra se observa en la Tabla 1.

Dentro de las comorbilidades reportadas se encontró que el 44.3% (35/79) padecía Hipertensión Arterial Sistémica (HAS), el 20.3% (16/79) era portador de Diabetes Mellitus 2, el 27.8% (22/79) era fumador activo, el 15.2% (12/79) tenía diagnóstico de dislipidemia, el 6.3% (5/79) tenía diagnóstico de artritis reumatoide, hipoacusia en el 5.1% (4/79), hipotiroidismo en el 8.9% (7/79), EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica) en el 2.5% (2/79), insuficiencia venosa en el 3.8% (3/79), CCE (Conducto Cervical Estrecho) en el 2.5% (2/79), sobrepeso, osteopenia, gonartrosis, neuropatía periférica en la misma frecuencia de 1.3% (1/79). Y solamente el 22.8% (18/79) no padecía ningún padecimiento agregado.

Tabla 1. Características sociodemográficas

Parámetro	Escala	N=79		Sig.
		Media	(±DE/%)	
Edad	años	62.76	(±12.08)	0.051
Sexo	masculino	21	(26.6%)	0.062
	femenino	58	(73.4%)	
Peso	kg	67.28	(±9.65)	0.941
Talla	m	1.59	(±0.08)	0.692
IMC	kg/m ²	26.25	(±3.76)	0.026
Dolor	EVA	55.28	(±15.73)	0.023
Estado físico	SF-36 PCS	30.94	(±12.73)	0.119
Estado mental	SF-36 MCS	46.14	(±14.41)	0.065
Discapacidad	ODI	55.28	(±15.73)	0.413
Incapacidad	RM	15.61	(±4.34)	0.174
Listesis	mm	6.68	(±4.31)	0.969
PT	grados	22.82	(±6.88)	0.904
PI	grados	61.01	(±11.32)	0.896
SS	grados	36.35	(±12.24)	0.336
SVA	mm	38.13	(±53.59)	0.094
TLL	grados	52.47	(±16.02)	0.308
SLL	grados	21.48	(±14.77)	0.541
Sangrado	ml	553.16	(±363.3)	0.089
Tiempo quirúrgico	min	220.5	(±76.14)	0.974

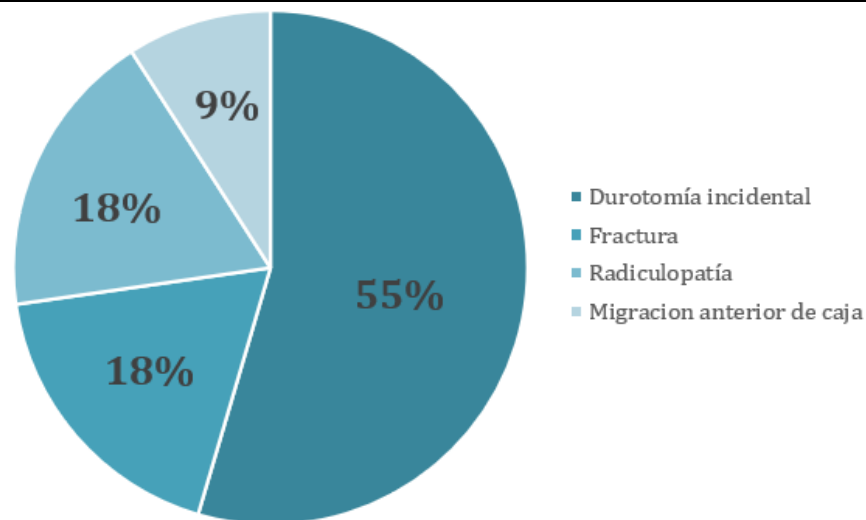
DE = Desviación Estándar, kg = kilogramos, m = metros, IMC = Índice de Masa Corporal, kg/m² = kilogramos/metros cuadrados, EVA = Escala Visual Análoga, SF-36 PCS = Short Form 36 Physical Component Summary, SF-36 MCS = Short Form 36 Mental Component Summary, ODI = Oswestry Disability Index, RM = Roland-Morris, mm = milímetros, PT = Inclinação pélvica, PI = Incidencia Pélvica, SS = Pendiente Sacra, SVA = Eje Vertical Sagital, TLL = Lordosis Lumbar Total, SLL = Lordosis Lumbar Segmentaria ml = mililitros, min = minutos.

**p* ≤ 0.05

Variables quirúrgicas

Se reportó una media de 5.51 ± 1.70 días de estancia intrahospitalaria, el tiempo quirúrgico fue de 220 ± 76 min y el sangrado promedio de 553.16 ± 363.33 cc, el 13.9% (11/79) de los pacientes intervenidos presentaron alguna complicación, las cuales se describen en la Gráfica 1. La que se presentó en el 55% de los pacientes con complicaciones fue la durotomía incidental, la cual se reparó al momento de detectarla.

Gráfica 1. Complicaciones



Evaluación clínica

La evaluación clínica postoperatoria se reportó mejoría clínica estadísticamente significativa ($p = 0.0001$) en todas las pruebas, con los siguientes resultados: La prueba de Oswestry Disability Index (ODI) tuvo diferencia de 18.50 ± 16.34 puntos (IC 15.03-21.96) en promedio del resultado preoperatorio y el resultado a los 24 meses postoperatorio, la prueba de Roland-Morris presentó una media de diferencias de 6.22 ± 5.60 puntos (IC 5.04 – 7.41), las pruebas de SF-36 físico y mental tuvieron mejoría con diferencias de -23.28 ± 17.83 y de -

8.93 \pm 14.52 respectivamente, así como mejoría en el dolor evaluado con la Escala Visual Análoga tanto en la región de columna axial y como en el dolor radicular con una diferencia de 4.18 \pm 2.69 y 3.85 \pm 2.76 puntos menos de dolor.

Tabla 2. Evaluación clínica, prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas				T	Sig.
	Media de Δ	(\pm DE)	Error	95% IC (Inf - Sup)		
ODI	18.50	(\pm 16.34)	1.74	(15.03 - 21.96)	10.61	0.0001
RM	6.22	(\pm 5.60)	0.59	(5.04 - 7.41)	10.42	0.0001
SF-36 físico	-23.28	(\pm 17.83)	1.90	(-27.06 -19.50)	-12.2	0.0001
SF-36 mental	-8.93	(\pm 14.52)	1.54	(-12.00 -5.85)	-5.76	0.0001
EVA axial	4.18	(\pm 2.69)	0.36	(3.45 - 4.91)	11.50	0.0001
EVA radicular	3.85	(\pm 2.76)	0.395	(3.06 - 4.65)	9.75	0.0001

Δ = diferencia entre los resultados preoperatorios y postoperatorios a 2 años, DE = Desviación Estándar, IC = Intervalo de Confianza, SF-36 = Short Form 36, ODI = Oswestry Disability Index, RM = Roland-Morris, EVA = Escala Visual Análoga, en negritas $p < 0.05$.

Análisis por nivel

Se obtuvieron un total de 108 niveles operados, el 7.4% (8/108) no contaron con caja intersomática, y en el resto de los niveles 98/108 la colocación de la caja se estableció de acuerdo a como se observa en la Tabla 3. En el tercio posterior del cuerpo vertebral se colocaron 38 cajas (35.2%), en el tercio medio 40 cajas (37.0%) y en el anterior 20 (18.5%). Se perdieron los valores de dos cajas.

Tabla 3. Posición de caja intersomática

Posición	Frecuencia	Porcentaje	% válido	% acumulado
0	8	7.4	7.4	7.4
1	38	35.2	35.2	44.6
2	40	38.9	38.9	81.5
3	20	18.5	18.5	100.0
Total	108	100.0	100.0	

0 = sin caja, 1 = 1/3 posterior, 2 = 1/3 medio, 3 = 1/3 anterior

Mediciones de imagen

Se realizó la medición de los parámetros radiográficos previo a la cirugía, en el transquirúrgico, y en el postquirúrgico inmediato, así como en el seguimiento a 6, 12 y 24 meses. Los parámetros medidos son la listesis en milímetros y en porcentaje de desplazamiento. De parámetros pélvicos se realizó la medición de la pendiente sacra (SS), la inclinación e incidencia pélvica (PT y PI respectivamente). También se registró el eje vertical sagital (SVA), la lordosis lumbar total (TLL) y la segmentaria (SLL) y la altura de los discos.

La listesis tuvo una mejoría entre las medidas preoperatorias y postoperatorias inmediatas de 3.87 mm, con un 10.97% de disminución de la listesis, sin embargo, este valor fue disminuyendo al año y a los dos años con una diferencia en relación a las radiografías preoperatorias de 3.27 y 2.87 mm respectivamente (10.01 y 11.08%), lo que representa un cambio estadísticamente significativo al final del seguimiento, $p=0.0001$.

Dentro de los parámetros pélvicos, el SS en las radiografías pre y postoperatorias se mantuvieron igual, mientras que a los 6 meses presentó una disminución de 0.19° , y a los 12 y 24 meses este pendiente aumentó 1.77 y 2.83 grados, $p=0.033$. La inclinación pélvica en el postquirúrgico inmediato presentó una disminución de 1.73 grados, la cual se perdió discretamente a los 6 meses de la cirugía (Δ 1.64 grados), a los 12 meses la diferencia con las radiografías preoperatorias únicamente era de 0.18 grados, sin embargo, a los 24 meses

vuelve a aumentar la diferencia 3.52 grados (22.82° vs 19.3° en el preoperatorio vs a los 24 meses respectivamente) con cambios estadísticamente significativos al final del seguimiento $p=0.002$. Finalmente, la incidencia pélvica disminuyó 2.79 grados en el postquirúrgico inmediato, sin embargo, esta diferencia fue disminuyendo hasta ser únicamente de 0.46° a los dos años de la cirugía, $p=0.404$.

El SVA tuvo una diferencia en el postoperatorio de 8.87 mm, dicha diferencia aumento a 16.63 mm al año postquirúrgico y a 23.64 mm a los dos años, en relación a las medidas preoperatorias, con mejoría estadísticamente significativa $p=0.010$. El TLL presentó una diferencia postoperatoria de una disminución de 1.92 grados, mientras que a los 6 meses y al año fueron de 1.63 y 2.01 grados respectivamente, y a los dos años se registró un aumento de 1.51 grados respecto a las radiografías iniciales, $p=0.670$. El SLL registró un aumento de las medias de 2.57 grados en el postquirúrgico inmediato, sin embargo, a los 24 meses esta fue de 1.23 grados, $p=0.526$.

Por último, la altura de los discos mejoró con un aumento de 2.07 mm en el postquirúrgico inmediato, hacia los 6 meses, esta mejoría disminuyó a 1.41, hasta los 2 años del postoperatorio donde únicamente había una mejoría de 0.65 mm de altura, sin ser estadísticamente significativo $p=0.253$.

En resonancia magnética se hicieron los registros preoperatorios de las listesis, que en promedio fueron de 3.22 ± 3.19 mm (10.68 ± 8.63 %), TLL con una media de 53.15 ± 10.42 grados, un SLL de 26.65 ± 10.81 grados y la altura de los discos media de 7.78 ± 2.90 mm.

El reporte de las mediciones radiográficas se observa en Tabla 4.

Tabla 4. Mediciones radiográficas y por resonancia magnética

		Preop M (±DE)	Transop M (±DE)	Postop M (±DE)	6 meses M (±DE)	1 años M (±DE)	2 años M (±DE)	IRM preop M (±DE)
Listesis	mm	6.68±4.31	2.57±2.63	2.81±2.74	3.65±5.21	3.41±3.10	3.81±3.36	3.22±3.19
	%	18.29±10.96	7.02±6.37	7.32±6.48	9.05±8.05	8.28±5.54	7.21±6.78	10.68±8.63
Parámetros pélvicos	SS,°	36.35±12.24		36.35±11.52	36.16±9.26	38.12±10	39.18±8.36	
	PT,°	22.82±6.88		21.09 ±8.70	21.18±7.17	22.64±7.21	19.30±12.02	
	PI,°	61.01±11.32		58.22±12.31	57.88±11.18	59.68±11.70	60.55±13.31	
SVA	mm	38.13±53.59		29.26±46.15	30.87±45.15	21.50±37.17	14.49±37.51	
TLL	°	52.47±16.02	50.42±11.38	50.55±20.67	50.84±18.69	50.46±16.11	53.98±12.52	53.15±10.42
SLL	°	21.48±14.77	27.66±10.97	24.05±13.56	20.82±11.46	25.03±12.55	22.71±15.71	26.65±10.81
Altura del disco	mm	7.18±3.47	10.49±3.01	9.25±2.60	8.59±2.72	9.16±3.22	7.83±4.86	7.78±2.90

Rx = radiografías, preop = preoperatorio, transop = transoperatorio, postop = postoperatorio, IRM = Imagen por Resonancia Magnética, DE = desviación estándar, mm = milímetros, ° = grados, SS = Pendiente Sacra, PT = Inclinación pélvica, PI = Incidencia Pélvica, SVA = Eje Vertical Sagital, TLL = Lordosis Lumbar Total, SLL = Lordosis Lumbar Segmentaria

Se realizaron correlaciones entre las variables listesis preoperatoria en resonancia magnética y la radiografía postoperatoria en las diferentes evaluaciones, se encontro un valor de $r=0.277$, $p=0.005$, lo que indica una correlación entre estas variables.

DISCUSIÓN

El estudio de 108 segmentos lumbares tratados quirúrgicamente en setenta y ocho pacientes con espondilolistesis degenerativa del adulto de bajo grado mostró que a los seis meses de seguimiento el deslizamiento vertebral fue de 3.65 ± 5.21 mm, al año 3.41 ± 3.10 mm, y los 2 años de seguimiento 3.81 ± 3.36 mm, no es diferente de las mediciones en la RM preoperatoria en decúbito supino pre quirurgicos que fue de 3.22 ± 3.19 mm. Estos resultados indican que las mediciones de deslizamiento mediante resonancia magnética supina pueden ayudar a predecir la reducción de deslizamiento posoperatorio en el espondilolistesis y reflejar la flexibilidad de la deformidad lumbar preoperatoria. La medición de la movilidad segmentaria y la tasa de reducción es fundamental para el tratamiento adecuado del paciente con deformidades de la columna, y creemos que esta información puede ser valiosa en la planificación preoperatoria¹¹. En esta línea, los métodos de reducción tradicionales se basan en la distracción del espacio discal y la elevación directa de los tornillos pediculares proximales para obtener una reducción satisfactoria por lo tanto, conocer la cantidad potencial de reducción antes de la operación puede ayudar a evitar métodos de reducción que podrían provocar complicaciones intraoperatorias y/o postoperatorias.

Estudios previos han demostrado que el desplazamiento aumenta con el paciente en bipedestación en comparación con las imágenes en posición supina con un estado relativamente relajado de los músculos, lo que da como resultado una mejor evaluación de la traslación sagital en comparación con las imágenes de flexión-extensión de pie¹². De manera comparable, observamos una diferencia media de 0,43 mm de deslizamiento entre la resonancia magnética preoperatoria en decúbito supino y las radiografías de seis meses después de la operación, 0.19 mm a los 12 meses y 0.59 mm a los 24 meses, a diferencia de 3,46 mm entre las radiografías preoperatorias de pie y la resonancia magnética prequirúrgicas. Además, el uso de imágenes por resonancia magnética en decúbito supino es una alternativa de diagnóstico fácilmente disponible^{13,14}.

En un estudio de 56 pacientes Chan et al. encontró una diferencia promedio de 3,77 mm entre la radiografía de pie neutral y la resonancia magnética supina; en nuestro estudio la diferencia fue de 3,46 mm, lo que confirma inestabilidad dinámica (diferencia ≥ 3 mm). Además, los autores encontraron una correlación significativa entre la inestabilidad dinámica y el cambio en el dolor de espalda y de pierna después del tratamiento quirúrgico⁷. Hasta donde sabemos, existe una falta de información sobre la evaluación preoperatoria de la inestabilidad en pacientes con espondilolistesis degenerativa mediante radiografías y resonancias magnéticas en relación con los resultados postoperatorios, así como sus resultados clínicos evaluados mediante escalas.

Yan et al.² en un estudio de 176 pacientes con espondilolistesis degenerativa el deslizamiento preoperatorio promedio fue de $30,1 \pm 7,2\%$ en un grupo de fusiones intersomáticas posterolaterales (PLF) y de $31,4 \pm 8,3\%$ en un grupo de TLIF que se redujeron a $8,1 \pm 2,8\%$ y $8,2 \pm 2,6\%$ en el seguimiento final, respectivamente. De manera similar, Wegmann et al.¹⁵ describieron un deslizamiento anterior preoperatorio de $34,2 \pm 14,7\%$ que se redujo a $16,2 \pm 16,2\%$ a los 24 meses de seguimiento en los que se les realizó el procedimiento de FLP. Además, este estudio describe una correlación positiva entre la cantidad de reducción de la vértebra deslizada y la mejora de los resultados clínicos. En nuestro estudio el porcentaje de desplazamiento preoperatorio $18,29\% \pm 10,96$ fue menor que reportes previos y el desplazamiento final de seguimiento $7,21\% \pm 6,78$ es similar. Estos resultados están en línea con nuestro estudio en términos de reducción total del deslizamiento y la necesidad de restaurar la alineación fisiológica de la columna así como el desplazamiento tanto como sea posible.

Existe controversia acerca de hasta qué punto el tratamiento quirúrgico de la espondilolistesis degenerativa del adulto induce hacia la lordosis o cifosis. En esta línea, Carlson et al.¹⁶ en una revisión sistemática de TLIF mínimamente invasiva encontraron una diferencia de $5,2^\circ \pm 5,9^\circ$ en TLL y $2,1^\circ \pm 1,7^\circ$ en SLL. Además, Liu et al. encontraron un aumento de $1,96^\circ$ en el ángulo del disco vertebral (DA) y de $1,88^\circ$ en la lordosis segmentaria y los factores que se asociaron con TLIF produciendo cifosis o lordosis fueron el ángulo del disco

vertebral preoperatorio, la SLL y la posición de la caja; y los segmentos menos lordóticos se volvieron más lordóticos postoperatorios, y los segmentos altamente lordóticos pueden perder lordosis después de TLIF ¹³. Esta falta de significancia puede deberse al tamaño de la muestra donde se incluyeron más niveles operados por TLIF.

Encontramos que los valores que se modifican de manera significativa a los 2 años de seguimiento son PT, SS, SVA, mientras que la lordosis segmentaria y total no tienen modificaciones relevantes, esto difiere de los hallazgos del estudio de Sharma et al. [08] donde la lordosis lumbar medida en la resonancia magnética predijo con mayor precisión la lordosis lumbar intraoperatoria que la medida en la radiografía en bipedestación. Además, la capacidad de la resonancia magnética supina para predecir los parámetros sagitales finales puede ser útil en la planificación quirúrgica y el asesoramiento del paciente con respecto a las expectativas de sus resultados clínicos evaluados mediante escalas posoperatorias. Se observó una correlación entre la listesis observada en resonancia magnética preoperatoria y el resultado final a 2 años en radiografías neutras, esta correlación no se había reportado previamente en la literatura.

Existen varias limitaciones en este estudio. Primero, no se consideran factores como hundimiento o aflojamiento de tornillos que pueden afectar la alineación sagital final evaluada en radiografías y con afectación en la clínica del paciente. Al momento del seguimiento en consulta externa varios pacientes no cuentan con radiografías panorámicas AP y lateral de columna, lo cual no permite una adecuada medición de los parámetros pélvicos. A pesar de estas limitaciones, creemos que los datos contribuyen a una comprensión más clara de la evaluación de la inestabilidad de la espondilolistesis degenerativa mediante rayos X y resonancia magnética supina y su capacidad para ofrecer una mirada a los posibles resultados radiográficos y clínicos en los pacientes posoperatorios.

CONCLUSIONES

El uso de una radiografía lateral neutra en bipedestacion y una resonancia magnética en decúbito supino pueden identificar mejor la inestabilidad. Además, las mediciones de la resonancia magnética preoperatoria no fueron diferentes de los resultados radiográficos inmediatamente después de la cirugía y a los 6, 12 y 24 meses de seguimiento. La cuantificación del cambio entre la radiografía neutra en posición vertical y la resonancia magnética en decúbito supino (flexibilidad de la deformidad lumbar), se correlacionó positivamente con la reducción del deslizamiento del SLL y TLL en el seguimiento final.

Existe relacion estrecha de las escalas clinicas aplicadas con los resultados radiograficos y los resultados clinico funcionales que presentaron los pacientes durante el seguimiento de control.

REFERENCIAS

1. Matz PG, Meagher RJ, Lamer T, et al. Guideline summary review: An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J*. 2016;16(3):439-448. doi:10.1016/j.spinee.2015.11.055
2. Yan D, Pei F, Li J, Soo C. Comparative study of PILF and TLIF treatment in adult degenerative spondylolisthesis. *Eur spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2008;17(10):1311-1316. doi:10.1007/s00586-008-0739-1
3. Lamartina C, Berjano P, Petrucci M, et al. Criteria to restore the sagittal balance in deformity and degenerative spondylolisthesis. *Eur spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2012;21 Suppl 1(Suppl 1):S27-31. doi:10.1007/s00586-012-2236-9
4. Takahashi Y, Okuda S, Nagamoto Y, Matsumoto T, Sugiura T, Iwasaki M. Effect of segmental lordosis on the clinical outcomes of 2-level posterior lumbar interbody fusion for 2-level degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine*. July 2019:1-6. doi:10.3171/2019.4.SPINE181463
5. Radovanovic I, Urquhart JC, Ganapathy V, et al. Influence of postoperative sagittal balance and spinopelvic parameters on the outcome of patients surgically treated for degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine*. 2017;26(4):448-453. doi:10.3171/2016.9.SPINE1680
6. Su K, Luan J, Wang Q, Yang Y, Mei W, Zhang Z. Radiographic Analysis of Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion versus Conventional Open Surgery on Sagittal Lumbar-Pelvic Alignment for Degenerative Spondylolisthesis. *World Neurosurg*. January 2019. doi:10.1016/j.wneu.2019.01.011
7. Chan V, Marro A, Rempel J, Nataraj A. Determination of dynamic instability in lumbar spondylolisthesis using flexion and extension standing radiographs versus neutral standing radiograph and supine MRI. *J Neurosurg Spine*. April 2019:1-7. doi:10.3171/2019.2.SPINE181389

8. Sharma A, Pourtaheri S, Savage J, et al. The Utility of Preoperative Magnetic Resonance Imaging for Determining the Flexibility of Sagittal Imbalance. *Neurosurgery*. 2018;83(3):465-470. doi:10.1093/neuros/nyx431
9. Salem KMI, Eranki AP, Paquette S, et al. Do intraoperative radiographs predict final lumbar sagittal alignment following single-level transforaminal lumbar interbody fusion *J Neurosurgery Spine*. 2018;28(5):486-491. doi:10.3171/2017.8.SPINE161231
10. Kepler CK, Hilibrand AS, Sayadipour A, et al. Clinical and radiographic degenerative spondylolisthesis (CARDS) classification. *Spine J*. 2015;15(8):1804-1811. doi:10.1016/j.spinee.2014.03.045
11. Kong C, Wang W, Li X, Sun X, Ding J, Lu S. A new lever reduction technique for the surgical treatment of elderly patients with lumbar degenerative Spondylolisthesis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):11. doi:10.1186/s12891-019-3028-8
12. Cabraja M, Mohamed E, Koeppen D, Kroppenstedt S. The analysis of segmental mobility with different lumbar radiographs in symptomatic patients with a spondylolisthesis. *Eur spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2012;21(2):256-261. doi:10.1007/s00586-011-1870-y
13. Liu J, Duan P, Mummaneni P V, et al. Does transforaminal lumbar interbody fusion induce lordosis or kyphosis? Radiographic evaluation with a minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2021;35(4):419-426. doi:10.3171/2020.12.SPINE201665
14. Kashigar A, Laratta JL, Carreon LY, et al. Is There Additional Value to Flexion-Extension Radiographs for Degenerative Spondylolisthesis? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021;46(7):E458-E462. doi:10.1097/BRS.0000000000003809
15. Wegmann K, Gundermann S, Siewe J, Eysel P, Delank K-S, Sobottke R. Correlation of education and clinical outcome in patients with degenerative spondylolisthesis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(12):1639-1644. doi:10.1007/s00402-013-1857-8
16. Carlson BB, Saville P, Dowdell J, et al. Restoration of lumbar lordosis after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a systematic review. *Spine J*. 2019;19(5):951-958. doi:10.1016/j.spinee.2018.10.017

17. García-Ramos CL, Valenzuela-González J, Baeza-Álvarez VB, Rosales-Olivarez LM, Alpízar-Aguirre A, Reyes-Sánchez A. Degenerative spondylolisthesis I: general principles. *Acta Ortop Mex.* 2020; 34(5): Sep.-Oct. 324-328.
18. Newman PH. Spondylolisthesis, its cause and effect. *Ann R Coll Surg Engl.* 1955; 16(5): 305-23.
19. Vázquez-Aguilar A, Torres-Gómez A, Atlitec-Castillo PT, De León-Martínez JE. Espondilolistesis degenerativa. Influencia del índice de masa corporal en la evolución postquirúrgica [Degenerative spondylolisthesis. Body mass index influence on the post-surgical evolution]. *Acta Ortop Mex.* 2016 Jan-Feb;30(1):13-6
20. Félix-Garza R, Lagarda-Cuevas J, Chávez-Maqueda MF, Ladewig-Bernáldez GI. Espondilolistesis lumbar degenerativa de un solo segmento tratada con espaciador interespinoso. *Acta ortop. mex [revista en la Internet].* 2014 Abr [citado 2023 Jun 22]; 28(2): 88-94.
21. Arriagada G, Postigo R. Programa de formación continua AO Spine. Patología Degenerativa. Espondilolistesis degenerativa. *AO Spine Latin America.* 2023.
22. Boos, N. y Aebi, M. (2008) *Spinal disorders: Fundamentals of diagnosis and treatment.* Berlin: Springer.
23. Dupuis, P. R., Yong-Hing, K., Cassidy, J. D. y Kirkaldy-Willis, W. H. (1985) Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. *Spine*, 10(3), 262–276.
24. Cummins J, Lurie JD, et al. Descriptive epidemiology and prior healthcare utilization of patients in the spine patient outcomes research trial's (SPORT) three observational cohorts. *Spine.* 2006. 31(7):806-814.
25. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J.* 2011 Sep;20 Suppl 5(Suppl 5):609-18
26. Chaput, C., Padon, D., Rush, J., Lenehan, E. y Rahm, M. (2007) The significance of increased fluid signal on magnetic resonance imaging in lumbar facets in relationship to degenerative spondylolisthesis. *Spine*, 32(17), 1883-1887.

27. Love TW, Fagan AB, Fraser RD. Degenerative spondylolisthesis. Developmental or acquired J Bone Joint Surg Br. 1999 Jul;81(4):670-4.
28. Dupuis, P. R., Yong-Hing, K., Cassidy, J. D. y Kirkaldy-Willis, W.H. (1985) Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. Spine, 10(3), 262–276.
29. Matsunaga S, Ijiri K, Hayashi K. Nonsurgically managed patients with degenerative spondylolisthesis: a 10- to 18-year follow-up study. J Neurosurg. 2000 Oct;93(2 Suppl):194-8. doi: 10.3171/spi.2000.93.2.0194. PMID: 11012048.
30. Vibert BT, Sliva CD, Herkowitz HN. Treatment of instability and spondylolisthesis: surgical versus nonsurgical treatment. Clin Orthop Relat Res. 2006; 443: 222-7.
31. Frymoyer JW. Degenerative spondylolisthesis: diagnosis and treatment. J Am Acad Orthop Surg. 1994; 2(1): 9-15.
32. Cuckler JM, Bernini P, Wiesel SW, Booth JRE, Rothman RH, Pickens GT. The use of epidural steroids in the treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, double-blind study. J Bone Joint Surg Am. 1985; 67(1): 63-6.
33. Rosen CD, Kahanovitz N, Bernstein R, Viola K. A retrospective analysis of the efficacy of epidural steroid injections. Clin Orthop Relat Res. 1988; 228: 270-2.
34. Trial R. Who should undergo surgery for degenerative spondylolisthesis? Spine (Phila Pa 1976). 2013; 38(21): 1799-811.
35. García-Ramos CL, Valenzuela-González J, Baeza-Álvarez VB, Rosales-Olivarez LM, Alpízar-Aguirre A, Reyes-Sánchez A. Lumbar degenerative spondylolisthesis II: treatment and controversies. Acta Ortop Mex. 2020 Nov-Dec;34(6):433-440.
36. Lattig F, Fekete TF, Kleinstück FS, Porchet F, Jeszenszky D, Mannion AF. Lumbar facet joint effusion on MRI as a sign of unstable degenerative spondylolisthesis: should it influence the treatment decision J Spinal Disord Tech. 2015 Apr;28(3):95-100. doi: 10.1097/BSD.0b013e318269c261. PMID: 22832556.
37. Lombardi JS, Wiltse LL, Reynolds J, Widell EH, Spencer C 3rd. Treatment of degenerative spondylolisthesis. Spine (Phila Pa 1976). 1985 Nov;10(9):821-7. doi: 10.1097/00007632-198511000-00008. PMID: 4089657.

38. Cobian DW, Caldera HG. Comparación clínica y radiológica de pacientes postoperados de espondilolistesis lumbar con instrumentación posterior con tornillos transpediculares con caja intersomática y sin caja intersomática. *COLUMNA*. 2011;1(4):83-90.
39. Bydon A, Xu R, Parker S, et al. Recurrent back and leg pain and cyst reformation after surgical resection of spinal synovial cysts: systematic review of reported postoperative outcomes. *Spine J*. 2010;10:820–826.
40. Herkowitz HN, Kurz LT. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis. A prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 1991 Jul;73(6):802-8.
41. Kornblum MB, Fischgrund JS, Herkowitz HN, Abraham DA, Berkower DL, Ditkoff JS. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective long-term study comparing fusion and pseudarthrosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004 Apr 1;29(7):726-33; discussion 733-4. doi: 10.1097/01.brs.0000119398.22620.92. PMID: 15087793.
42. Zdeblick TA. A prospective, randomized study of lumbar fusion. Preliminary results. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993 Jun 15;18(8):983-91.
43. Lapp MA, Bridwell KH, Lenke LG, Daniel Riew K, Linville DA, Eck KR, Ungacta FF. Long-term complications in adult spinal deformity patients having combined surgery a comparison of primary to revision patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001 Apr 15;26(8):973-83.
44. Mardjetko SM, Connolly PJ, Shott S. Degenerative lumbar spondylolisthesis. A meta-analysis of literature 1970-1993. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994 Oct 15;19(20 Suppl):2256S-2265S. PMID: 7817240.
45. Martin CR, Gruszczynski AT, Braunsfurth HA, Fallatah SM, O'Neil J, Wai EK. The surgical management of degenerative lumbar spondylolisthesis: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Jul 15;32(16):1791-8.

46. Abdu WA, Lurie JD, Spratt KF, Tosteson AN, Zhao W, Tosteson TD, Herkowitz H, Longely M, Boden SD, Emery S, Weinstein JN. Degenerative spondylolisthesis: does fusion method influence outcome? Four-year results of the spine patient outcomes research trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Oct 1;34(21):2351-60.
47. Yan, D. L., Pei, F. X., Li, J. y Soo, C.-L. (2008) Comparative study of PILF and TLIF treatment in adult degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J*, 17(10), 1311–1316.
48. Harms J, Rolinger H. Die operative Behandlung der Spondylolisthese durch dorsale Aufrichtung und ventrale Verblockung [A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl)]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1982 May-Jun;120(3):343-7. German. doi: 10.1055/s-2008-1051624. PMID: 7113376.

ANEXOS

ANEXO 1. Oswestry Disability Index (ODI)

SECTION 1 - PAIN INTENSITY

- I can tolerate the pain I have without having to use painkillers.
- The pain is bad but I manage without taking painkillers.
- Painkillers give complete relief from pain.
- Painkillers give moderate relief from pain.
- Painkillers give very little relief from pain.
- Painkillers have no effect on the pain and I do not use them.

SECTION 2 - PERSONAL CARE (washing, dressing etc.)

- I can look after myself normally, without causing extra pain.
- I can look after myself normally, but it causes extra pain.
- It is painful to look after myself and I am slow and careful.
- I need some help, but manage most of my personal care.
- I need help every day in most aspects of self-care.
- I do not get dressed, wash with difficulty and stay in bed.

SECTION 3 - LIFTING

- I can lift heavy weights without extra pain.
- I can lift heavy weights, but it gives extra pain.
- Pain prevents me from lifting heavy weights off the floor, but I can manage if they are conveniently positioned (e.g., on a table).
- Pain prevents me from lifting heavy weights but I can manage light to medium weights if they are conveniently positioned.
- I can lift only very light weights.
- I cannot lift or carry anything at all.

SECTION 4 - WALKING

- Pain does not prevent my walking any distance.
- Pain prevents me walking more than 1 mile.
- Pain prevents me walking more than ½ of mile.
- Pain prevents me walking more than ¼ mile.
- I can only walk using a stick or crutches.
- I am in bed most of the time and have to crawl to the toilet.

SECTION 5 - SITTING

- I can sit in any chair as long as I like.
- I can sit in my favourite chair as long as I like.
- Pain prevents me sitting more than 1 hour.
- Pain prevents me from sitting more than ½ an hour.
- Pain prevents me from sitting more than 10 minutes.
- Pain prevents me from sitting at all.

SECTION 6 - STANDING

- I can stand as long as I want without extra pain.
- I can stand as long as I want but it gives me extra pain.
- Pain prevents me from standing for more than 1 hour.
- Pain prevents me from standing for more than 30 minutes.
- Pain prevents me from standing for more than 10 minutes.
- Pain prevents me from standing at all.

SECTION 7 - SLEEPING

- Pain does not prevent me from sleeping well.
- I can sleep well only by using tablets.
- Even when I take tablets, I have less than 6 hours sleep.
- Even when I take tablets, I have less than 4 hours sleep.
- Even when I take tablets, I have less than 2 hours sleep.
- Pain prevents me from sleeping at all.

SECTION 8 - SEX LIFE (If applicable)

- My sex life is normal and causes no extra pain.
- My sex life is normal but causes some extra pain.
- My sex life is nearly normal but is very painful.
- My sex life is severely restricted by pain.
- My sex life is nearly absent because of pain.
- Pain prevents any sex life at all.

SECTION 9 - SOCIAL LIFE

- My social life is normal and gives me no extra pain.
- My social life is normal, but increases the degree of pain.
- Pain has no significant effect on my social life apart from limiting my more energetic interests, e.g., dancing, etc.
- Pain has restricted my social life and I do not go out as often.
- Pain has restricted my social life to my home.
- I have no social life because of pain.

SECTION 10 - TRAVELLING

- I can travel anywhere without extra pain.
- I can travel anywhere but it gives extra pain.
- Pain is bad but I manage journeys over 2 hours.
- Pain restricts me to journeys of less than 1 hour.
- Pain restricts me to short necessary journeys under 30 minutes.
- Pain prevents travel except to the doctor or hospital.

Oswestry Disability Index Version 1.0, tomado de

https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-28753-4_3021

ANEXO 2. Escala de Roland – Morris

© Fundación Kovacs. La utilización de la versión española de la escala de Roland-Morris es libre para su uso clínico. No obstante, debe indicar que su copyright pertenece a la Fundación Kovacs y para cualquier otro fin debe citar la referencia de su publicación (Kovacs FM, Llobera J, Gil del Real MT, Abraira V, Gestoso M, Fernández C and the Kovacs-Atención Primaria Group. Validation of the Spanish version of the Roland Morris Questionnaire. Spine. 2002;27:538-42).

Cuando le duele la espalda, puede que le sea difícil hacer algunas de las cosas que habitualmente hace. Esta lista contiene algunas de las frases que la gente usa para explicar cómo se encuentra cuando le duele la espalda (o los riñones). Cuando las lea, puede que encuentre algunas que describan su estado de *hoy*. Cuando lea la lista, piense en cómo se encuentra usted *hoy*. Cuando lea usted una frase que describa como se siente hoy, póngale una señal. Si la frase no describe su estado de hoy, pase a la siguiente frase. Recuerde, tan sólo señale la frase si está seguro de que describe cómo se encuentra usted hoy:

- 1.- Me quedo en casa la mayor parte del tiempo por mi dolor de espalda.
- 2.- Cambio de postura con frecuencia para intentar aliviar la espalda.
- 3.- Debido a mi espalda, camino más lentamente de lo normal.
- 4.- Debido a mi espalda, no puedo hacer ninguna de las faenas que habitualmente hago en casa.
- 5.- Por mi espalda, uso el pasamanos para subir escaleras.
- 6.- A causa de mi espalda, debo acostarme más a menudo para descansar.
- 7.- Debido a mi espalda, necesito agarrarme a algo para levantarme de los sillones o sofás.
- 8.- Por culpa de mi espalda, pido a los demás que me hagan las cosas.
- 9.- Me visto más lentamente de lo normal a causa de mi espalda.
- 10.- A causa de mi espalda, sólo me quedo de pie durante cortos periodos de tiempo.
- 11.- A causa de mi espalda, procuro evitar inclinarme o arrodillarme.
- 12.- Me cuesta levantarme de una silla por culpa de mi espalda.
- 13.- Me duele la espalda casi siempre.
- 14.- Me cuesta darme la vuelta en la cama por culpa de mi espalda.
- 15.- Debido a mi dolor de espalda, no tengo mucho apetito.
- 16.- Me cuesta ponerme los calcetines - o medias - por mi dolor de espalda.
- 17.- Debido a mi dolor de espalda, tan sólo ando distancias cortas.
- 18.- Duermo peor debido a mi espalda.
- 19.- Por mi dolor de espalda, deben ayudarme a vestirme.
- 20.- Estoy casi todo el día sentado a causa de mi espalda.
- 21.- Evito hacer trabajos pesados en casa, por culpa de mi espalda.
- 22.- Por mi dolor de espalda, estoy más irritable y de peor humor de lo normal.
- 23.- A causa de mi espalda, subo las escaleras más lentamente de lo normal.
- 24.- Me quedo casi constantemente en la cama por mi espalda.

Tomado de Kovacs FM. El uso del cuestionario de Roland-Morris en los pacientes con lumbalgia asistidos en Atención Primaria. Medicina de Familia. SEMERGEN. 2005. 31(7):333-335.

ANEXO 3. Cuestionario SF-36

SF-36 QUESTIONNAIRE

Name: _____

Ref. Dr: _____

Date: _____

ID#: _____

Age: _____

Gender: M / F

Please answer the 36 questions of the **Health Survey** completely, honestly, and without interruptions.

GENERAL HEALTH:

In general, would you say your health is:

Excellent

Very Good

Good

Fair

Poor

Compared to one year ago, how would you rate your health in general now?

Much better now than one year ago

Somewhat better now than one year ago

About the same

Somewhat worse now than one year ago

Much worse than one year ago

LIMITATIONS OF ACTIVITIES:

The following items are about activities you might do during a typical day. Does your health now limit you in these activities? If so, how much?

Vigorous activities, such as running, lifting heavy objects, participating in strenuous sports.

Yes, Limited a lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Moderate activities, such as moving a table, pushing a vacuum cleaner, bowling, or playing golf

Yes, Limited a Lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Lifting or carrying groceries

Yes, Limited a Lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Climbing several flights of stairs

Yes, Limited a Lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Climbing one flight of stairs

Yes, Limited a Lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Bending, kneeling, or stooping

Yes, Limited a Lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Walking more than a mile

Yes, Limited a Lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Walking several blocks

Yes, Limited a Lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Walking one block

Yes, Limited a Lot

Yes, Limited a Little

No, Not Limited at all

Bathing or dressing yourself

- Yes, Limited a Lot Yes, Limited a Little No, Not Limited at all

PHYSICAL HEALTH PROBLEMS:

During the past 4 weeks, have you had any of the following problems with your work or other regular daily activities as a result of your physical health?

Cut down the amount of time you spent on work or other activities

- Yes No

Accomplished less than you would like

- Yes No

Were limited in the kind of work or other activities

- Yes No

Had difficulty performing the work or other activities (for example, it took extra effort)

- Yes No

EMOTIONAL HEALTH PROBLEMS:

During the past 4 weeks, have you had any of the following problems with your work or other regular daily activities as a result of any emotional problems (such as feeling depressed or anxious)?

Cut down the amount of time you spent on work or other activities

- Yes No

Accomplished less than you would like

- Yes No

Didn't do work or other activities as carefully as usual

- Yes No

SOCIAL ACTIVITIES:

Emotional problems interfered with your normal social activities with family, friends, neighbors, or groups?

- Not at all Slightly Moderately Severe Very Severe

PAIN:

How much bodily pain have you had during the past 4 weeks?

- None Very Mild Mild Moderate Severe Very Severe

During the past 4 weeks, how much did pain interfere with your normal work (including both work outside the home and housework)?

- Not at all A little bit Moderately Quite a bit Extremely

ENERGY AND EMOTIONS:

These questions are about how you feel and how things have been with you during the last 4 weeks. For each question, please give the answer that comes closest to the way you have been feeling.

Did you feel full of pep?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

Have you been a very nervous person?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

Have you felt so down in the dumps that nothing could cheer you up?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

Have you felt calm and peaceful?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

Did you have a lot of energy?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

Have you felt downhearted and blue?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

Did you feel worn out?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

Have you been a happy person?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

Did you feel tired?

- All of the time
- Most of the time
- A good Bit of the Time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

SOCIAL ACTIVITIES:

During the past 4 weeks, how much of the time has your physical health or emotional problems interfered with your social activities (like visiting with friends, relatives, etc.)?

- All of the time
- Most of the time
- Some of the time
- A little bit of the time
- None of the Time

GENERAL HEALTH:

How true or false is each of the following statements for you?

I seem to get sick a little easier than other people

Definitely true Mostly true Don't know Mostly false Definitely false

I am as healthy as anybody I know

Definitely true Mostly true Don't know Mostly false Definitely false

I expect my health to get worse

Definitely true Mostly true Don't know Mostly false Definitely false

My health is excellent

Definitely true Mostly true Don't know Mostly false Definitely false

Reproducido de https://www.rand.org/health-care/surveys_tools/mos/36-item-short-form.html

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo clínico en el caso de un paciente sometido a TLIF con espondilolistesis flexible. A. Radiografía preoperatoria en bipedestación que muestra desplazamiento de espondilolistesis de 6 mm (15 %), altura 8.8mm B. La flexibilidad de la deformidad se muestra en la resonancia magnética supina con deslizamiento 1.0 mm (3 %) de reducción de deslizamiento y recuperación de altura del disco de 13.7 mm.



Figura 2. A. Seguimiento de 6 meses que muestra que desplazamiento de espondilolistesis de 0.3 mm (1 %), altura 11.7 mm B. Seguimiento de 12 meses muestra una flexibilidad de la deformidad con reducción de deslizamiento de 0.5 mm (1 %) y recuperación de la altura del disco de 10.3 mm. C. Seguimiento de 24 meses que muestra reducción de deslizamiento de 1.3 mm (3 %) y disminución de la altura del disco a 8.9 mm.

