

**Incidencia y factores relacionados
con la degeneración del segmento adyacente
en pacientes con patología degenerativa e inestabilidad
intervenidos mediante un procedimiento
de fusión lumbar**

Presentada por:

José Ramírez Villaescusa

Dirigida por:

Francisco Gomar Sancho

Jesús López-Torres Hidalgo

Juan Antonio Martín Benlloch



VNIVERSITAT
D VALÈNCIA

FRANCISCO GOMAR SANCHO, Catedrático de Traumatología del Departamento de Cirugía de la Facultat de Medicina i Odontologia de la Universitat de València,

JESÚS LÓPEZ-TORRES HIDALGO, Profesor Asociado de Medicina Preventiva y Salud Pública y Comunitaria. Departamento de Ciencias Médicas, Facultad de Medicina de Albacete, Universidad de Castilla-la Mancha.

JUAN ANTONIO MARTÍN BENLLOCH, Profesor Asociado Universitario del Departamento de Cirugía de la Facultat de Medicina i Odontologia de la Universitat de València,

CERTIFICAN:

Que el trabajo presentado por D. José Ramírez Villaescusa, con el tema "Incidencia y factores relacionados con la degeneración del segmento adyacente en pacientes con patología degenerativa e inestabilidad intervenidos mediante un procedimiento de fusión lumbar", ha sido realizado bajo nuestra dirección, reuniendo todos los requisitos necesarios para ser defendida ante un tribunal y optar al grado de doctor.

Y para que así conste, firmamos el presente certificado en Valencia a diez de diciembre de dos mil quince.

Fdo.: Prof. Francisco Gomar Sancho

Fdo.: Dr. Jesús López-Torres Hidalgo

Prof. Juan Antonio Martín Benlloch

DEDICADA : A MI HIJA ANA

AGRADECIMIENTOS:

- *A mis padres, por estar siempre y permitirme llegar hasta aquí.*
- *A mis hermanos, Javier y Ana, siempre tan lejos y tan cerca.*
- *A Consuelo mi mujer, por respetar tantas horas de ausencia.*
- *A mis tíos Pepe y Encarna, por considerarme como uno más y a Encarna, Jaime y Pepe, con quienes compartí mis años universitarios. A mi tía Gloria por su esfuerzo durante años y transmitir su fuerza de voluntad para superar momentos difíciles.*
- *A Juan mi suegro, por enseñar los mejores valores a toda la familia.*
- *A mis compañeros, especialmente a Eloy y David. A Chema y Antonio con quienes inicié mis primeros pasos en la cirugía.*
- *A Conchi y Gloria, por su ayuda en el proceso de localizar y citar a los pacientes.*
- *A Llanos, Cristina e Isabel por su paciencia y colaboración en la consulta.*
- *A Lola ML, Lola C, Consuelo y Encarna por superar los momentos más difíciles.*
- *A Julián, Javier y Pedro por prestarme su ayuda en la realización del estudio radiológico sin importar las horas.*
- *A Lina y M. Ángeles del servicio de documentación por su ayuda en el proceso de recuperar historias y digitalizar el estudio radiológico. A Virgilio por su ayuda en la grabación de imágenes. A Mercedes del servicio de informática por su ayuda en la documentación del programa informático y a Mabel por la recuperación de artículos.*
- *A Amador Cañizares, porque su espíritu siempre inquieto despertó el mío.*
- *A Enrique por su cuidado en cada detalle durante la realización del libro.*
- *A María por su ayuda en los comienzos.*
- *Al Profesor Gomar por creer en el proyecto desde el principio. Al Dr. Martín por su experiencia y ayuda en momentos difíciles. Y sobretodo, al Dr. López-Torres, por todas las horas compartidas, por su rigor, por su implicación y dedicación desde el principio con el proyecto y posterior elaboración del trabajo.*
- *A Pedro y Daniel por su colaboración incondicional.*
- *A Pablo y Alberto por su ayuda para seguir creciendo.*
- *A todos los pacientes, que participaron y consintieron su inclusión en el estudio.*

INDICE DE ACRÓNIMOS

| | |
|--------------------------------|--|
| AINES | Antiinflamatorios no esteroideos |
| ALIF | Anterior lumbar interbody fusion |
| AMSAs | Alteraciones del segmento adyacente móvil |
| ANOVA | Análisis de la varianza |
| AP | Anteroposterior |
| ASA | American Society of Anesthesiologists |
| ASDeg | Adjacent segment degeneration |
| ASDet | Adjacent segment deterioration |
| ASDis | Adjacent segment disease |
| ASP | Adjacent segment pathology |
| BMP | Proteínas morfogenéticas óseas |
| CASP | Patología del segmento adyacente clínica |
| CEIC | Comité Ético de Investigación Clínica |
| CHUA | Complejo Hospitalario Universitario de Albacete |
| CVRS | Calidad de vida relacionada con la salud |
| DBM | Demineralized bone matrix |
| DRCA | Análisis radiológico de distorsión compensado |
| DSA | Degeneración del segmento adyacente |
| EDD | Enfermedad discal degenerativa |
| EGF | Factor de crecimiento epidérmico |
| EN | Escala numérica |
| EVA | Escala Visual Analógica |
| FDA | Food and Drug Administration |
| HLA-B27 | Antígeno leucocitario humano B27 |
| FGF- β | Factor de crecimiento de fibroblastos beta |
| ICC | Coefficiente de correlación intraclase |
| IGF-1 | Factor de crecimiento insulínico tipo 1 |
| LOPD | Ley orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal |
| L | Lateral |
| LL | Lordosis lumbar |
| LLS | Lordosis lumbosacra |
| LLT | Lordosis lumbar total |
| LVCS | Línea vertical centro del sacro |

| | |
|--------------------------------------|---|
| MCD | Mínimo cambio detectable |
| MCID | Diferencia clínica mínima importante |
| MIS | Cirugía mínimo invasiva |
| MOS | Medical Outcomes Studies |
| NICE | National Institute for Health and Clinical Excellence |
| ODI | Oswestry Disability Index |
| OP-1 | Osteogenic protein-1 |
| PEEK | Polieter-eter-ketona |
| PI-LL | Discordancia incidencia pélvica-lordosis lumbar |
| PL | Posterolateral |
| PLIF | Posterior lumbar interbody fusion |
| PMMA | Polimetilmetacrilato |
| RAIM-PC | Radiological Archive and Image Management |
| RASP | Patología del segmento adyacente radiológica |
| RM | Resonancia magnética |
| SDSG | Spinal Deformity Study Group |
| SF-36 | Short Form Health Survey |
| SIADH | Secreción inadecuada de hormona antidiurética |
| SPECT | Single Photon Emission Computed Tomography |
| SPORT | Spine Patient Outcomes Research Trial |
| SRS | Scoliosis Research Society |
| SVA | Sagital Vertical Axis |
| TC | Tomografía Computerizada |
| TDA | Total Disc Arthroplasty |
| TGF-β1 | Transforming growth factor beta 1 |
| TLIF | Transforaminal lumbar interbody fusion |
| TRALL | Tangencial Radiological Assesment of Lumbar Lordosis |
| TSDI | Técnicos superiores en diagnóstico por imagen |
| T1-TPA | T1-Pelvic angle |
| T1-SPi | T1-Spino-pelvic inclination |
| T9-SPi | T9-Spino-pelvic inclination |
| UCLA | University of California at Los Angeles |
| VAC | Vacuum Assisted Closure |

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1** Clasificación de la degeneración discal (Traducida/adaptada según Thompson) (8).
- Tabla 2** Índice de discapacidad de Oswestry (70).
- Tabla 3** Grados de degeneración discal RM según Pfirrmann (77).
- Tabla 4** Criterios de RM según Weisaupt de artrosis facetaria (79).
- Tabla 5** Criterios de Weiner de degeneración discal radiológica (110).
- Tabla 6** Criterios radiológicos de degeneración discal según escala UCLA (111).
- Tabla 7** Grado de degeneración facetaria radiológica de Pathria (78).
- Tabla 8** Criterios de fusión radiológica de Lenke y Bridwell (59).
- Tabla 9** Criterios de fusión radiológica de Brantigan (115).
- Tabla 10** Criterios de Lee de fusión radiológica (118).
- Tabla 11** Valores y grado de acuerdo de medidas cuantitativas (ICC) y cualitativas (Kappa) según escala Landis y Koch.
- Tabla 12** Distribución de los pacientes incluidos en el estudio según fecha de inclusión (2006-2010).
- Tabla 13** Distribución de los pacientes según su diagnóstico.
- Tabla 14** Evolución de las escalas de dolor lumbar y radicular (EN) y discapacidad (ODI).
- Tabla 15** Diferencia en grados de la apertura discal preoperatoria y al final del seguimiento en los discos no fusionados.
- Tabla 16** Diferencia en la altura discal anterior preoperatoria y al final de seguimiento (mm) en los discos libres (Método de Farfan).
- Tabla 17** Diferencia en la altura discal posterior preoperatoria y al final de seguimiento (mm) en los discos libres (Método de Farfan).

Tabla 18 Diferencia en la altura discal central preoperatoria y al final de seguimiento (mm) en los discos libres (Método de Miyakoshi).

Tabla 19 Grados de degeneración discal de los discos libres preoperatoria y al final del seguimiento según escala de Pfirrmann (77).

Tabla 20 Frecuencia de aparición de las variables radiológicas relacionadas con DSA.

Tabla 21 Distribución de los pacientes con degeneración radiológica (RASP) y clínica (CASP).

Tabla 22 Frecuencia de aparición de cambios radiológicos y/o clínicos en los discos libres.

Tabla 23 Número de cambios radiológicos y RM en los discos libres.

Tabla 24 Coeficiente correlación intraclase (CCI) para medidas cuantitativas.

Tabla 25 Fiabilidad Kappa para medidas cualitativas.

Tabla 26 Proporción acumulada de supervivencia de discos libres en diferentes intervalos de tiempo.

Tabla 27 Media y mediana de supervivencia (periodo de tiempo sin DSA).

Tabla 28 Media y mediana del tiempo de supervivencia en pacientes mayores y menores de 60 años.

Tabla 29 Probabilidad acumulada de DSA en pacientes mayores y menores de 60 años.

Tabla 30 Media y mediana del tiempo de supervivencia según sexo.

Tabla 31 Probabilidad acumulada de DSA según el sexo.

Tabla 32 Media y mediana del tiempo de supervivencia según tipo de fusión.

Tabla 33 Probabilidad acumulada de DSA según tipo de fusión.

Tabla 34 Media y mediana del tiempo de supervivencia según niveles de fusión.

Tabla 35 Media y mediana del tiempo de supervivencia según tipo de instrumentación pedicular.

Tabla 36 Probabilidad acumulada de DSA según tipo de instrumentación pedicular.

Tabla 37 Media y mediana del tiempo de supervivencia según lordosis lumbar total (LLT) postoperatoria.

Tabla 38 Probabilidad acumulada de DSA según los cambios en la lordosis lumbar total (LLT).

Tabla 39 Media y mediana del tiempo de supervivencia según la lordosis lumbosacra postoperatoria (LLS).

Tabla 40 Probabilidad acumulada de DSA según los cambios en la lordosis lumbosacra (LLS).

Tabla 41 Media y mediana del tiempo de supervivencia según diagnóstico.

Tabla 42 Probabilidad acumulada de DSA según diagnóstico.

Tabla 43 Variables asociadas mediante regresión de Cox a la degeneración del segmento adyacente.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fisiopatología de la degeneración discal (Tomado de Karppinen) (9).

Figura 2 Degeneración del complejo triarticular (Kirkaldy-Willis) (10).

Figura 3 Enfermedad discal degenerativa: A) Radiografía lateral: Pérdida de altura discal y esclerosis subcondral L4-L5. B) Imagen sagital RM secuencia T2: Degeneración discal moderada L4-L5. C) Artrodesis posterolateral. D-E) Imágenes AP y L de artrodesis circunferencial L4-L5.

Figura 4 Espondilolistesis degenerativa: A) Radiografía lateral. B-C) Imagen sagital T2 y axial RM con estenosis de canal por hipertrofia facetaria de ligamento amarillo. D-E) Laminectomía con artrodesis PL y circunferencial L4-L5.

Figura 5 Estenosis de canal: A-B) Imagen sagital y axial de RM con estenosis de canal lumbar. C) Laminectomía descompresiva. D) Laminectomía mas artrodesis PL instrumentada .

Figura 6 Escoliosis lumbar degenerativa: Descompresión y fusión T4-S1 con fijación pélvica. A-B) Las imágenes preoperatorias AP y L muestran deformidad coronal y sagital severas. C-D) Imágenes postoperatorias. Corrección

coronal y sagital (LVCS y SVA) mediante fijación con tornillos pediculares. T4-S1 con fijación pélvica, artrodesis circunferencial L5-S1 (PLIF) y osteotomía de substracción pedicular (PSO) en L3.

Figura 7 Espondilolistesis por lisis ístmica: A-B) Imágenes RX lateral y RM de espondilolistesis Grado I. C) Imágen RM de espondilolistesis displásica. D-E) Reducción y artrodesis circunferencial L4-S1.

Figura 8 Escalas de dolor visual y numérica (EVA) y (EN).

Figura 9 Signos TC : Signo del vacío facetario y sacroilíaca. Artrosis facetaria. Signo del vacío discal.

Figura 10 Imágenes RM: Secuencias T1, STIR, T2 y Mielo RM en proyecciones sagital y axial. Degeneración proximal post-fusión con estenosis L2-L3 por hipertrofia facetaria.

Figura 11 Degeneración discal y cambios en médula ósea según Modic (12).

Figura 12 Radiografías de columna completa en bipedestación. Imágenes RX: A) Imagen anteroposterior (equilibrio coronal determinado por línea vertical del centro del sacro LVCS). B) Imagen sagital (cifosis torácica, lordosis lumbar, incidencia pélvica, pendiente sacra y báscula pélvica).

Figura 13 Métodos de medida de la lordosis lumbar (86).

Figura 14 Métodos de medida (Cobb) de la lordosis total lumbosacra (LLT) y lordosis lumbar (LL) (90).

Figura 15 Métodos de medida (Cobb) de la lordosis lumbosacra (LLS) (90).

Figura 16 Medida de la medida de altura discal según Hurxthal y Farfan (91).

Figura 17 Método de medida de la altura discal según Miyakoshi (93).

Figura 18 Método de medida de la altura discal según Mochida (94,95).

Figura 19 Método de medida de la altura discal (Vialle) (96).

Figura 20 Método de medida de la altura discal (Ekman) (97).

Figura 21 Método de análisis radiológico de distorsión compensado según Frobin (100).

Figura 22 Método de medida de la rotación vertebral según Nash y Moe (103).

Figura 23 Método de medida de la rotación vertebral mediante torsiómetro según Perdriolle (104).

- Figura 24** Signos radiológicos de inestabilidad vertebral segmentaria.
- Figura 25** Medida del ángulo de horizontalización de la lámina y tropismo facetario según Okuda (139).
- Figura 26** Indicaciones de fusión: A) Enfermedad discal degenerativa. B) Espondilolistesis degenerativa. C) Estenosis de canal. D) Escoliosis lumbar degenerativa. E) Espondilolistesis por lisis ístmica.
- Figura 27** Posición intraoperatoria del paciente para procedimiento de fusión lumbar.
- Figura 28** Tipos de fusión: A) Artrodesis posterolateral (PL). B-C) Artrodesis circunferencial (PLIF).
- Figura 29** Tipos de instrumentación: Tornillos poliaxiales y tornillos con conector lateral. Implante intersomático para fusión PEEK.
- Figura 30** Medida de la lordosis lumbar total (LLT) L1-S1 según método de Cobb (89).
- Figura 31** Medida de la lordosis lumbar lumbosacra (LLS) L4-S1 según método de Cobb (89).
- Figura 32** Anterolistesis L4-L5 tras fusión L5-S1 y retrolistesis L3-L4 tras fusión L4-L5.
- Figura 33** Grados de rotación vertebral según Nash-Moe (103).
- Figura 34** Altura discal anterior, posterior y media (Método de Farfan y Miyakoshi).
- Figura 35** Apertura discal en grados de segmentos no fusionados.
- Figura 36** Degeneración discal radiológica según escala de Weiner (Grados 0-3) y UCLA (I-IV) (110,111).
- Figura 37** Grados de fusión según criterios modificados de Lenke y Bridwell: A) Fusión: puente óseo bilateral intertransverso. B) Probable fusión: puente óseo unilateral y discontinuidad contralateral. C) Probable no fusión: ausencia de puente óseo bilateral. D) Pseudoartrosis: líneas radiolucetas peri implante o rotura de implantes (59).
- Figura 38** Grados de fusión según criterios de Hackenberg: A) Fusión. B) Probable fusión. C) Probable no fusión. D) Pseudoartrosis (118).

- Figura 39** Grado de degeneración discal RM según Pfirrmann (77).
- Figura 40** Imágenes intraoperatorias de técnica quirúrgica.
- Figura 41** Distancia tubo-película.
- Figura 42** Radiografías AP y L de columna lumbar realizadas mediante técnica de colimado para mejorar calidad de imagen y reducción de la radiación dispersa.
- Figura 43** Calibración manual de medidas radiológicas. Moneda de diámetro previamente determinado (1euro=2,33 cm). Mediante medida en milímetros del sistema Raim-PC, obtiene la misma medición a la distancia de 1 metro.
- Figura 44** Acceso al gestor de imágenes Dulcingest y Raim-PC. Herramientas de medida del sistema de Raim-PC en milímetros y grados.
- Figura 45** Distribución de los pacientes según la duración del periodo de seguimiento.
- Figura 46** Distribución de los pacientes según edad y sexo.
- Figura 47** Distribución de hombres y mujeres según grupos de edad.
- Figura 48** Distribución de los pacientes según tipo de fusión. PL: Posterolateral; PLIF: Fusión lumbar intersomática posterior.
- Figura 49** Distribución de los pacientes según los niveles de fusión.
- Figura 50** Distribución de los pacientes según tipo de instrumentación pedicular.
- Figura 51** Distribución de los pacientes según número de discos lumbares libres.
- Figura 52** Distribución de los pacientes según la lordosis lumbar total (LLT) L1-S1 preoperatoria y al final de seguimiento.
- Figura 53** Lordosis lumbosacra (LLS) L4-S1 preoperatoria y al final de seguimiento.
- Figura 54** Distribución de los pacientes en los que se observaron cambios preoperatorios y al final del seguimiento en el grado de rotación vertebral de los segmentos libres.
- Figura 55** Distribución de los pacientes con retrolistesis/anterolistesis en segmentos superiores o inferiores (>3mm).
- Figura 56** Degeneración discal radiológica preoperatoria y al final del seguimiento según escala de Weiner.

Figura 57 Degeneración discal radiológica preoperatoria y al final del seguimiento según escala UCLA.

Figura 58 Distribución de los pacientes con criterios de Lenke y Bridwell modificados para valoración de la fusión posterolateral.

Figura 59 Distribución de los pacientes con criterios de Hackenberg para valoración de la fusión circunferencial (PLIF).

Figura 60 Representación gráfica de los cambios en el grado de degeneración discal de los discos libres preoperatoria y al final del seguimiento evaluados mediante RM según escala de Pfirrmann.

Figura 61 Distribución de pacientes con cambios radiológicos compatibles con DSA durante el seguimiento.

Figura 62 Momento de aparición de los síntomas.

Figura 63 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de supervivencia de discos libres.

Figura 64 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según grupos de edad.

Figura 65 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según sexo.

Figura 66 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según el tipo de fusión.

Figura 67 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según niveles de fusión.

Figura 68 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según el tipo de instrumentación pedicular.

Figura 69 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según la LLT postoperatoria hiper o normolordótica frente a hipolordótica.

Figura 70 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según la lordosis lumbosacra hipolordótica frente a normo o hiperlordótica.

Figura 71 Representación gráfica de la probabilidad acumulada de discos libres según el diagnóstico.

Figura 72 Representación gráfica de las variables asociadas a la probabilidad de DSA mediante un modelo de regresión de Cox.

Figura 73 Estenosis de canal lumbar. Laminectomía descompresiva L2-L4 y artrodesis PL L2-L5. Las imágenes RX en proyecciones AP y L al final del seguimiento, muestran todos los signos relacionados con la DSA en el nivel L1-L2. Fusión sólida (puente óseo bilateral), rotación, cifosis toracolumbar, pérdida de altura discal, osteofitos, retrolistesis y degeneración discal severa.

Figura 74 Espondilolistesis por lisis ístmica L4-L5. Artrodesis circunferencial PLIF. Degeneración discal severa del tercer disco libre superior L1-L2.

Figura 75 EDD L5-S1. Artrodesis circunferencial L5-S1 PLIF. Fusión sólida. Retrolistesis en todos los niveles superiores lumbares libres, más acusada en el nivel L2-L3.

Figura 76. Imágenes de TC en proyección axial. A) Tornillos con conector lateral sin lesión articulación facetaria. B) Tornillo poliaxial con punto de entrada medial y lesión de la articulación facetaria.

Figura 77 A) Espondilolistesis degenerativa L4-L5. Degeneración discal L5-S1. B) Imagen lateral RX con artrodesis circunferencial PLIF L4-L5. C) Fusión sólida TC. D) Hernia discal L5-S1 con dolor lumbar y radicular. E) Descompresión radicular y ampliación de artrodesis con fusión circunferencial L5-S1.

Figura 78 Estenosis de canal lumbar L4-L5 y EDD L3-L4. Laminectomía descompresiva y fusión híbrida hipolordótica (PL+PLIF L3-L5). Degeneración superior L2-L3 e inferior L5-S1.

Figura 79 Escoliosis lumbar degenerativa. Laminectomía descompresiva y fusión L1-S1. Deformidad sagital y coronal severas. Corrección mediante ampliación artrodesis columna torácica proximal.

Figura 80 EDD L4-L5. Artrodesis PL L4-L5. Imágenes de TC en proyección coronal lumbosacra y pélvis. Fusión sólida intertransversa. Esclerosis subcondral y signo del vacío en ambas articulaciones sacroilíacas.

Figura 81 Artrodesis L3-S1. Degeneración proximal y deformidad rotacional L2-L3. Ampliación de artrodesis a nivel torácico inferior T11 y fusión intersomática. Deformidad sagital severa y fractura vertebral T10. Descompresión transpedicular por vía posterior con soporte anterior mediante malla de titanio y ampliación artrodesis proximal torácica.

**INCIDENCIA Y FACTORES RELACIONADOS
CON LA DEGENERACIÓN DEL
SEGMENTO ADYACENTE EN PACIENTES
CON PATOLOGÍA DEGENERATIVA
E INESTABILIDAD INTERVENIDOS
MEDIANTE UN PROCEDIMIENTO DE
FUSIÓN LUMBAR**

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 23 |
| 1.1. Antecedentes y estado actual del tratamiento quirúrgico de la columna lumbar degenerativa mediante un procedimiento de fusión | 23 |
| 1.1.1. <i>Evolución de la instrumentación vertebral</i> | 23 |
| 1.1.2. <i>Indicaciones</i> | 24 |
| 1.1.2.1. <i>Enfermedad discal degenerativa (EDD)</i> | 25 |
| 1.1.2.2. <i>Espondilolistesis degenerativa</i> | 32 |
| 1.1.2.3. <i>Estenosis de canal lumbar</i> | 36 |
| 1.1.2.4. <i>Escoliosis lumbar degenerativa</i> | 40 |
| 1.1.2.5. <i>Espondilolistesis por lisis ístmica</i> | 44 |
| 1.1.3. <i>Importancia. Coste económico</i> | 47 |
| 1.2. Evaluación de resultados..... | 49 |
| 1.2.1. <i>Calidad de vida relacionada con la salud</i> | 49 |
| 1.2.1.1. <i>Escalas de dolor</i> | 49 |
| 1.2.1.2. <i>Índice de Discapacidad de Oswestry</i> | 50 |
| 1.2.1.3. <i>Short-Form-Health-Survey (SF-36)</i> | 51 |
| 1.2.2. <i>Diferencia clínica mínima importante (MCID)</i> | 52 |
| 1.2.3. <i>Años de vida ajustados por calidad (QALY)</i> | 53 |
| 1.2.4. <i>Estudios de imagen</i> | 54 |
| 1.2.4.1. <i>Tomografía computerizada (TC)</i> | 54 |
| 1.2.4.2. <i>Resonancia magnética (RM)</i> | 55 |
| 1.2.4.3. <i>Radiología</i> | 58 |
| 1.3. Complicaciones..... | 75 |
| 1.3.1. <i>Complicaciones médicas</i> | 75 |
| 1.3.1.1. <i>Complicaciones respiratorias</i> | 75 |

| | |
|---|----|
| 1.3.1.2. <i>Complicaciones renales</i> | 75 |
| 1.3.1.3. <i>Complicaciones cardiovasculares</i> | 76 |
| 1.3.1.4. <i>Complicaciones neurológicas</i> | 77 |
| 1.3.1.5. <i>Alteraciones nutricionales y endocrinas</i> | 77 |
| 1.3.2. <i>Complicaciones quirúrgicas</i> | 78 |
| 1.3.2.1. <i>Malposición de implantes</i> | 79 |
| 1.3.2.2. <i>Pseudoartrosis</i> | 79 |
| 1.3.2.3. <i>Lesión neurológica</i> | 81 |
| 1.3.2.4. <i>Lesiones vasculares</i> | 82 |
| 1.3.2.5. <i>Infecciones</i> | 83 |
| 1.3.3. <i>Degeneración del segmento adyacente</i> | 85 |
| 1.3.3.1. <i>Terminología</i> | 85 |
| 1.3.3.2. <i>Definición</i> | 86 |
| 1.3.3.3. <i>Biomecánica</i> | 86 |
| 1.3.3.4. <i>Degeneración previa</i> | 87 |
| 1.3.3.5. <i>Factores predisponentes y factores relacionados</i> | 87 |
| 1.3.3.6. <i>Sistemas de protección</i> | 91 |
| | |
| 2. HIPÓTESIS | 93 |
| | |
| 3. OBJETIVO | 95 |
| 3.1. <i>Objetivo general</i> | 95 |
| 3.2. <i>Objetivos específicos</i> | 95 |
| | |
| 4. MATERIAL Y MÉTODOS | 97 |
| 4.1. <i>Diseño</i> | 97 |
| 4.2. <i>Sujetos de estudio</i> | 97 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.1. <i>Criterios de inclusión</i> | 98 |
| 4.2.2. <i>Criterios de exclusión</i> | 100 |
| 4.2.3. <i>Cálculo del tamaño muestral</i> | 100 |
| 4.2.4. <i>Definición de las variables</i> | 100 |
| 4.3. Técnicas y procedimientos..... | 108 |
| 4.3.1. <i>Técnicas quirúrgicas</i> | 108 |
| 4.3.2. <i>Estudio radiológico</i> | 109 |
| 4.4. Recogida de datos y fuentes de información..... | 113 |
| 4.5. Aspectos éticos..... | 114 |
| 4.6. Análisis estadístico..... | 115 |
| 5. RESULTADOS | 119 |
| 5.1. Descripción de los participantes..... | 119 |
| 5.2. Escalas de dolor y discapacidad..... | 125 |
| 5.3. Estudio radiológico..... | 125 |
| 5.4. Estudio de RM..... | 131 |
| 5.5. Incidencia de degeneración del segmento adyacente..... | 133 |
| 5.6. Análisis de fiabilidad..... | 137 |
| 5.7. Análisis de supervivencia..... | 139 |

| | |
|--|-----|
| 6. DISCUSIÓN | 157 |
| 6.1. Comentarios al método..... | 157 |
| 6.2. Comentarios a los resultados..... | 158 |
| 6.2.1. Terminología..... | 158 |
| 6.2.2. Definición..... | 159 |
| 6.2.3. Incidencia..... | 160 |
| 6.2.4. Signos..... | 160 |
| 6.2.5. Factores predisponentes..... | 167 |
| 6.2.6. Factores relacionados..... | 170 |
| 6.2.7. Análisis de supervivencia..... | 181 |
| 6.2.8. Sistemas de protección..... | 182 |
| 6.2.9. Técnicas de reintervención..... | 184 |
| 6.3. Comentario final..... | 186 |
| 7. CONCLUSIONES | 189 |
| 8. REFERENCIAS | 193 |
| 9. ANEXOS | 219 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TRATAMIENTO QUIRÚRGICO DE LA COLUMNA DEGENERATIVA LUMBAR E INESTABILIDAD MEDIANTE UN PROCEDIMIENTO DE FUSIÓN

1.1.1. Evolución de la instrumentación vertebral

El procedimiento de fusión vertebral comienza a principios del siglo XX. En 1911 Albee en EEUU describe el procedimiento de artrodesis vertebral para el tratamiento de una deformidad vertebral, secundaria a infección tuberculosa mediante la colocación de un injerto de tibia (1). Hibbs realiza el mismo procedimiento utilizando apófisis espinosa para obtener la fusión interlaminar (2).

En 1960 Paul Harrington utiliza las primeras instrumentaciones vertebrales para el tratamiento de una deformidad vertebral, mediante la colocación de una varilla distractora (3). Harry Luque describe las primeras instrumentaciones con la colocación de ganchos y alambres sublaminares (4). Son los pre-

cursores en el tratamiento de la deformidad vertebral y la llamada primera generación de la instrumentación vertebral.

En 1963 en Francia, Roy-Camille introduce la fijación vertebral mediante placas y utiliza por primera vez tornillos pediculares para el tratamiento de una fractura vertebral (5). Es la llamada segunda revolución y el precursor de la instrumentación pedicular moderna.

En 1983 Yves Cotrel y Jean Dubousset inician el procedimiento de instrumentación segmentaria para el tratamiento de una escoliosis con los principios de corrección mediante translación y rotación vertebral (6). Son los precursores de las técnicas utilizadas en la actualidad y la llamada tercera generación.

En los últimos 30 años el número de procedimientos para tratamiento de deformidades, tumores, patología traumática y sobre todo patología degenerativa se han incrementado de forma significativa. Este aumento se ha debido a un mejor conocimiento biomecánico de la columna, la mejora de las técnicas diagnósticas de imagen, la disponibilidad de los dispositivos de fijación, la mejora de las técnicas anestésicas, la utilización de procedimientos percutáneos o mínimamente invasivos (MIS), la utilización de sustitutos óseos y el aumento de la expectativa de vida de la población (7).

1.1.2. Indicaciones

Permanecen como indicaciones absolutas de un procedimiento de fusión la estabilización con descompresión directa o indirecta para tratamiento de fracturas vertebrales inestables con o sin déficit neurológico, la reconstrucción tras cirugía vertebral de tumores vertebrales primarios o metastásicos con indicaciones curativa o paliativa, así como los procedimientos de estabilización más fusión tras la cirugía correctora para tratamiento de deformidades de origen congénito, neuromuscular, idiopática y deformidad del adulto asociada o

no al uso de osteotomías correctoras para realineación coronal y sagital. Sin embargo, aunque permanece como indicación absoluta la cirugía descompresiva en presencia de compromiso neurológico en columna degenerativa, la cirugía de fusión sigue siendo controvertida en ausencia de inestabilidad.

1.1.2.1. Enfermedad discal degenerativa (EDD)

La unidad funcional vertebral está representada por dos vértebras contiguas, unidas en la región anterior por el disco intervertebral y en la parte posterior por las articulaciones facetarias. El disco intervertebral está formado por el anillo fibroso en la periferia, dispuesto en capas concéntricas de colágeno tipo I y el núcleo pulposo en el centro, cuyo componente principal son proteoglicanos (keratán sulfato y condroitin-6 sulfato), sintetizados por células notocordales y por condrocitos presentes en el cartílago hialino de la placa terminal. La naturaleza hidrófila de estas glucoproteínas contribuye a la absorción de agua para mantener su hidratación. La nutrición del disco se realiza por un mecanismo de difusión a través del cartílago.

En condiciones normales el anillo fibroso proporciona resistencia a las fuerzas de tensión y el núcleo pulposo a las fuerzas de compresión, permitiendo la función fisiológica de flexo-extensión y distribución y absorción de cargas. La inervación de la columna lumbar se realiza a partir del ramo dorsal del nervio espinal (apófisis articulares, ligamento amarillo, supra e interespinosos y musculatura espinal), nervio sinuvertebral de Luschka (duramadre, ligamento vertebral común posterior y zona posterior del disco) y ramos ventrales de la cadena simpática (ligamento vertebral común anterior y parte lateral del disco).

La degeneración de la columna es consecuencia del envejecimiento fisiológico y generalmente es asintomática, siendo difícil de distinguir de la enfermedad discal. Thompson establece una clasificación morfológica de la degeneración discal basada en la evaluación de imágenes fotográficas de cortes sagitales de columnas en cadáver (Tabla 1) (8).

Tabla 1. Clasificación de la degeneración discal
(Traducida de Thompson) (8).

| GRADO | NÚCLEO | ANILLO | END-PLATE | CUERPO VERTEBRAL |
|-------|---|--|--|------------------------------|
| I | Abombamiento discal | Discretas lamelas fibrosas | Engrosamiento hialino uniforme | Márgenes redondeados |
| II | Tejido fibroso periférico blanco | Material mucinoso interlamelar | Engrosamiento irregular | Márgenes puntiformes |
| III | Tejido fibroso consolidado | Extensa infiltración mucinosa. Pérdida límite núcleo-annulus | Defectos focales del cartilago | Inicio osteofitos marginales |
| IV | Hendidura horizontal paralela a platillos vertebrales | Disrupción focal | Fibrocartilago en hueso subcondral; irregularidad y esclerosis focal en hueso subcondral | Osteofitos < 2mm |
| V | Hendidura extendida a través del núcleo y annulus | - | Esclerosis difusa | Osteofitos >2mm |

La causa de la degeneración discal es desconocida, aunque puede ser multifactorial y se han implicado teorías genéticas, traumáticas, inflamatorias, infecciosas y tóxicas (9) (Figura 1).

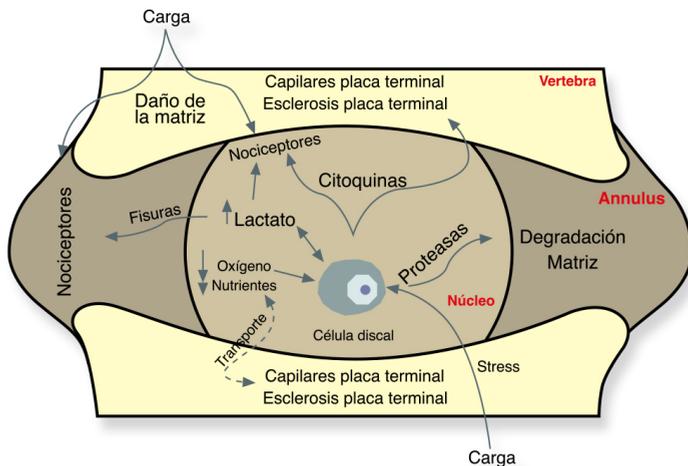


Figura 1. Fisiopatología de la degeneración discal (Tomado de Karpinen) (9).

La cascada degenerativa descrita por Kirkaldy-Willis ha sido ampliamente aceptada como modelo para explicar el mecanismo fisiopatológico del proceso degenerativo lumbar (10) (Figura 2).

La fase I, o de disfunción, se caracteriza por roturas o fisuras circunferenciales del annulus, con separación de la placa terminal e interrupción del aporte nutricional del disco. Las roturas del tercio externo del anillo fibroso pueden ser fuente de dolor debido a la presencia de fibras nerviosas. El núcleo pulposo pierde su capacidad de absorción de agua, con cambios bioquímicos en la agregación de proteoglicanos. La destrucción de proteoglicanos resulta en un desequilibrio entre la matriz metaloproteinas-3 y el inhibidor de metaloproteinas-1, con disminución de la presión hidrostática y abombamiento de las annulus. En esta fase los estudios de RM pueden mostrar deshidratación, protrusión discal o zonas de alta intensidad del annulus. Los cambios en las articulaciones facetarias con sinovitis e hipomovilidad pueden ser generadores de dolor en esta fase.

La fase II, o inestable, es el resultado de la pérdida progresiva de integridad mecánica del complejo triarticular. Los cambios relacionados con la degeneración discal incluyen fisuras del annulus circunferenciales y radiales, con disrupción y reabsorción interna del disco o pérdida de altura discal. Los cambios facetarios incluyen degeneración del cartílago, laxitud capsular y subluxación. El resultado de estos cambios se traduce en inestabilidad segmentaria, síndrome de disrupción interna del disco y hernia discal.

La fase III o de estabilización, se caracteriza por el aumento de la reabsorción discal, pérdida de altura y destrucción de las placas terminales con fibrosis y osteofitos, que se traducen en aumento del dolor discógeno.

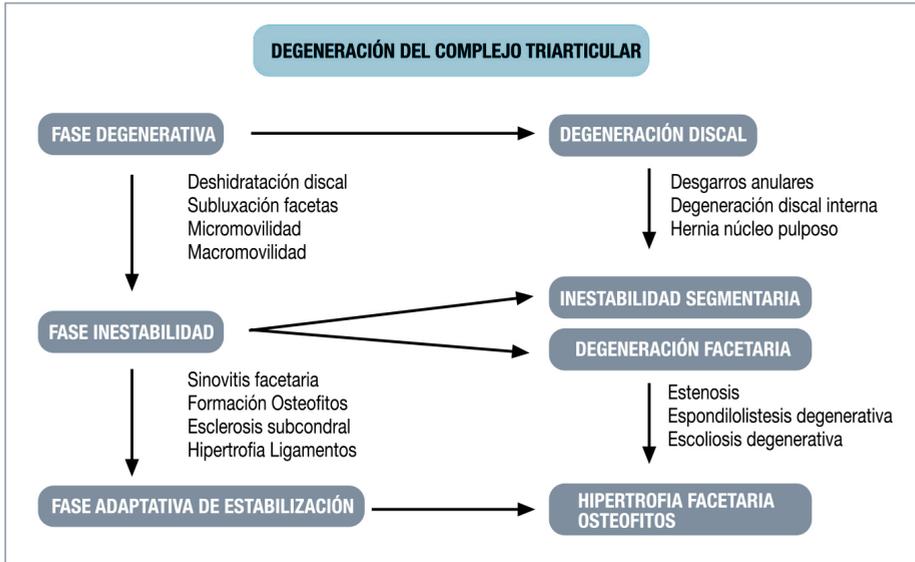


Figura 2. Degeneración del complejo triarticular (Kirkaldy-Willis) (10).

La clínica referida por el paciente con dolor discógeno es variable, con inicio insidioso de forma espontánea o agudo, relacionado con movimientos de flexión o rotación y localizado en región lumbar baja y glútea. El dolor aumenta con actividades de sobrecarga del disco, flexión, rotaciones o inclinación lateral, con mejoría de los síntomas en decúbito y flexión de rodillas. La exploración del paciente permite valorar la presencia de deformidades asociadas. La palpación puede revelar contractura y dolor de la musculatura paraespinal. La exploración neurológica es imprescindible y se realiza mediante el examen de maniobras de tensión radicular, función sensitiva, motora y reflejos osteotendinosos. La exploración de la movilidad de la columna lumbar en flexión, extensión e inclinaciones laterales permite observar limitaciones secundarias al dolor.

El diagnóstico se confirma mediante pruebas de imagen. El estudio radiológico en proyecciones anteroposterior y lateral puede mostrar pérdida de altura discal, esclerosis subcondral y formación de osteofitos en la fase avanzada de degeneración discal. En proyecciones oblicuas es posible visualizar espondilolisis, generalmente en niveles L4-L5 y L5-S1. En proyecciones forzadas de

flexo-extensión se puede demostrar inestabilidad segmentaria. La Tomografía Computerizada (TC) muestra mejor visualización de los cambios óseos secundarios, con esclerosis e irregularidad de los platillos vertebrales y pérdida de altura discal. El signo del vacío discal o facetario es visto como áreas lineales o focales de marcada disminución de densidad dentro del disco y articulaciones facetarias. Los cambios facetarios con esclerosis, osteofitos e hipertrofia también pueden ser valorados en imágenes coronales, sagitales y axiales. La Resonancia Magnética (RM) es el método diagnóstico de imagen de elección para detectar la degeneración discal, con cambios en secuencias potenciadas en T1 y T2 que traducen la pérdida de contenido en agua y proteoglicanos y el incremento de colágeno. En imágenes sagitales se puede demostrar la pérdida de altura discal. El abombamiento del annulus mayor de 1,5 mm puede verse en imágenes sagitales y axiales y traduce la presencia de fisuras radiales del annulus. Además las fisuras del anillo pueden ser visualizadas como zonas de alta intensidad (HIZ) (11). El signo del vacío discal se visualiza mejor en secuencias T1 y se traduce en áreas sin intensidad de señal en el disco. Los cambios en el cartílago de la placa terminal se demuestran mediante cambios en la médula ósea y han sido descritos como cambios tipo Modic (12). Los cambios tipo I se caracterizan por disminución de la señal en secuencias T1 y aumento de señal en T2. Los cambios tipo II son consecuencia de la disrupción del platillo vertebral y el reemplazo del tejido hematopoyético por grasa, y se traducen en hiperintensidad en secuencias T1 con señal isointensa ó hipointensa en T2. Los cambios tipo III demuestran baja intensidad de señal en secuencias T1 y T2, consecuencia del adelgazamiento subcondral y la extensa esclerosis. Sin embargo, las anomalías observadas en RM se encuentran en pacientes asintomáticos hasta en un 35% de los de 20-40 años y casi en el 100% de los de entre 60-80 años. Los cambios tipo I, se han relacionado con pacientes sintomáticos y estarían asociados a microtraumatismos o inestabilidad con estudios positivos mediante discografía (13). La discografía con inyección de contraste ha sido usada para reproducción del dolor del disco degenerado. Sin embargo, se ha cuestionado su uso, ya que la reproducción del dolor puede ser negativa

en pacientes con discos previamente intervenidos y también por la ausencia de reproducción del dolor determinada por la presión del contraste, además de falsos positivos en pacientes simuladores o con dolor crónico debido a factores emocionales. Los estudios electrodiagnósticos de conducción nerviosa se consideran en los siguientes casos: pacientes con sospecha de cauda equina con estudios de imagen no concluyentes, estudios de imagen sin concordancia con los síntomas, estudios de imagen no concluyentes a pesar de la sospecha clínica y la presencia de signos de compresión radicular, polineuropatía o miopatía. Otros estudios pueden ser necesarios si se sospecha origen inflamatorio (factor reumatoide, ácido úrico, anticuerpos antinucleares, HLA-B27), tumoral o hematológico (gammagrafía con Tc⁹⁹, recuento celular, proteínas séricas, fosfatasas alcalinas y velocidad de sedimentación globular).

El tratamiento del dolor lumbar de pacientes con enfermedad discal degenerativa se inicia con participación activa del paciente en programas de terapia física específicos. El reposo relativo con restricción de la actividad laboral se indica en las primeras horas del inicio de los síntomas. El reposo prolongado no ha mostrado beneficios y se ha relacionado con pérdida de la densidad mineral ósea, disminución de la nutrición discal y pérdida de flexibilidad y fuerza muscular con incremento de la rigidez segmentaria. El tratamiento médico adyuvante con analgésicos, antiinflamatorios no esteroideos (AINES), relajantes musculares, anticonvulsivantes y antidepresivos puede estar indicado en fase iniciales, con duración y grados de respuesta variables. Las inyecciones epidurales con corticoides en pacientes sin respuesta al tratamiento conservador, son una alternativa al tratamiento quirúrgico. Sin embargo, no han resultado eficaces en pacientes con ausencia de dolor radicular, dolor sin respuesta al tratamiento médico y altas dosis de medicación previas o dolor que no interfiere con actividad normal.

El tratamiento quirúrgico se indica tras el fracaso de tratamiento conservador, siendo la técnica estándar el abordaje abierto con fusión del segmento por

vía anterior (ALIF), artrodesis posterolateral por vía posterior (PL) o artrodesis circunferencial mediante técnica de fusión intersomática por vía posterior o transforaminal (PLIF/TLIF), con o sin instrumentación con tornillos pediculares e implantes intersomáticos de titanio o polietileno-eter-ketona (PEEK) e injerto autólogo. En los últimos años las complicaciones relacionadas con la fusión, principalmente la degeneración del segmento adyacente, han hecho surgir nuevos procedimientos. Las técnicas de fusión mediante abordaje mínimo-invasivos (MIS) se han propuesto para disminuir la morbilidad del daño tisular relacionada con la técnica abierta. Las técnicas de estabilización sin fusión con dispositivos de fijación dinámica y la prótesis discal (TDA) son alternativas al procedimiento de fusión estándar para mantener el segmento móvil. Finalmente, las terapias biológicas con inyección de factores de crecimiento (IGF-1, OP-1, TGF- β 1, EGF, FGF- β) y la terapia génica pueden ser una alternativa para incrementar la producción de proteoglicanos y matriz extracelular.

Estudios previos prospectivos aleatorizados comparan la efectividad del tratamiento conservador con terapia intensa cognitiva, frente a tratamiento quirúrgico mediante fusión, con resultados similares (14,15). Chou et al., en un estudio de revisión sistemática concluyen que la fusión no es más efectiva que un programa de rehabilitación intensa en pacientes con enfermedad discal degenerativa (EDD), con moderados beneficios de la fusión frente a terapia conservadora con tratamiento físico estándar (16). Fritzell et al. en un estudio prospectivo multicéntrico comparan los resultados del tratamiento no quirúrgico utilizando terapia física, inyecciones epidurales, acupuntura y estimulación eléctrica transcutánea frente a un grupo quirúrgico tratado mediante fusión. Los resultados del tratamiento quirúrgico en pacientes bien seleccionados proporcionan mejor resultado funcional y mayor reincorporación laboral que en pacientes no intervenidos (17). Fritzell et al. comparan tres tipos de fusión para tratamiento del dolor lumbar por EDD (posterior, anterior o combinado), no encontrando diferencias relacionadas con el tipo de fusión en relación con la mejoría del dolor y función, siendo efectiva la inmovilización del segmento

afectado con independencia del tipo de fusión utilizado (18). Sin embargo, aunque los procedimientos con instrumentación pedicular aumentan las tasas de fusión, no siempre se relacionan con mejoría clínica (19).

Las opciones de tratamiento se relacionan con preferencias individuales y regionales, con gran variabilidad en la cantidad de procedimientos realizados y técnicas, así como con resultados dispares en los índices de fusión y grado de satisfacción del paciente (20).

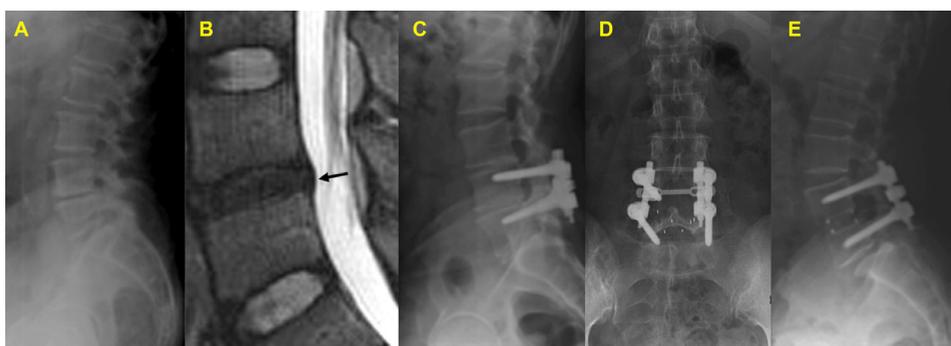


Figura 3. Enfermedad discal degenerativa: A) Radiografía lateral: Pérdida de altura discal y esclerosis subcondral L4-L5. B) Imagen sagital de RM en secuencia T2: Degeneración discal moderada L4-L5. C) Artrodesis posterolateral. D-E) Imágenes AP y L de artrodesis circunferencial L4-L5.

1.1.2.2. Espondilolistesis degenerativa

Espondilolistesis es el término que define el deslizamiento de una vértebra sobre la inferior, siendo la causa degenerativa la más común en la edad adulta. Junghanns en 1930 describe el deslizamiento vertebral con arco neural intacto (21), denominada por Macnab en 1950 como pseudo-espondilolistesis (22), y más tarde en 1955 definida por Newman como espondilolistesis degenerativa, resultado de los cambios degenerativos segmentarios (23). El deslizamiento es más frecuente en el sexo femenino, posiblemente por incremento de laxitud li-

gamentosa asociado a una orientación facetaria mas sagital, localizándose con más frecuencia en el nivel L4-L5, frente a la localización en L5-S1, donde la orientación más coronal de las facetas, unido a la restricción de los ligamentos ilio-lumbares, previene el deslizamiento.

La unidad funcional vertebral está representada por el complejo triarticular (disco y dos articulaciones facetarias). La degeneración discal inicia la llamada “cascada degenerativa”. La laxitud capsular y sobrecarga en las articulaciones facetarias alteran la relación normal intervertebral, iniciándose el proceso de inestabilidad segmentaria con deslizamiento anterior (espondilolistesis degenerativa) y/o subluxación rotatoria (escoliosis degenerativa lumbar o “de novo”). La inestabilidad segmentaria e hipermovilidad conducen al engrosamiento del ligamento amarillo e hipertrofia facetaria, provocando estenosis de canal secundaria.

Los síntomas clínicos referidos por el paciente son dolor lumbar, radicular y claudicación neurógena, que aumentan con la deambulación y mejoran en reposo y con flexión de raquis. Aunque es un hallazgo infrecuente, en casos de estenosis severas puede aparecer disfunción de esfínteres.

El diagnóstico se establece mediante la realización de estudio radiológico de columna lumbar en proyecciones anteroposterior y lateral en bipedestación. Las radiografías en flexoextensión pueden ayudar a determinar el grado de inestabilidad del segmento. El estudio mediante RM se realiza si existen signos o síntomas neurológicos. Sin embargo, el deslizamiento puede pasar desapercibido por la posición en decúbito durante la realización del estudio. En pacientes con contraindicación para estudio de RM puede ser necesaria la realización de TC o mielo-TC.

El riesgo de progresión es bajo, siendo del 30% la proporción de pacientes que experimentaron progresión de deslizamiento. No se observó deslizamien-

to en pacientes con formación de osteofitos, estrechamiento discal, esclerosis subcondral y osificación de ligamentos intervertebrales (24).

El tratamiento conservador se utiliza durante al menos 3 meses tras el diagnóstico y se inicia con terapia médica mediante analgésicos, AINES, terapia física y ejercicio aeróbico. Las infiltraciones epidurales de esteroides pueden usarse en pacientes con claudicación neurógena o síntomas radiculares, aunque el alivio puede ser temporal.

El tratamiento quirúrgico se indica en las siguientes situaciones: 1) dolor lumbar y/o radicular persistente o recurrente y claudicación neurógena, relacionados con el segmento estenótico, tras fracaso del tratamiento conservador durante 3-6 meses; 2) déficit neurológico progresivo, 3) afectación de esfínteres.

El estudio reciente Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) compara la efectividad del tratamiento quirúrgico frente al tratamiento conservador en pacientes con espondilolistesis degenerativa. El estudio es prospectivo aleatorizado de una cohorte de 304 pacientes intervenidos y 303 pacientes en una cohorte observacional. Los pacientes tratados quirúrgicamente experimentan una mejoría substancial en términos de dolor y función durante un período de dos años, superior a los pacientes tratados de forma conservadora (25).

El objetivo del tratamiento quirúrgico es la descompresión de elementos neurales, para aliviar la clínica radicular y la claudicación neurógena. La indicación de un procedimiento de fusión se realiza para eliminar el dolor discógeno y facetario del segmento degenerado causante de inestabilidad. La utilización de instrumentación vertebral permite la corrección del deslizamiento, mejora la cifosis segmentaria y aumenta la tasa de fusión. Sin embargo, Mardjetko et al. en metaanálisis de pacientes intervenidos con diagnóstico

de espondilolistesis degenerativa concluye que la presencia de fusión no siempre se correlaciona con el resultado clínico (19).

Las opciones de tratamiento quirúrgico incluyen: descompresión aislada (laminoforaminotomía abierta o MIS, microdescompresión y descompresión interlaminar), descompresión más fusión posterolateral (PL) con o sin instrumentación y fusión intersomática mediante técnica anterior (ALIF) o posterior (PLIF/TLIF). La descompresión aislada puede ser una opción de tratamiento en pacientes seleccionados de edad avanzada, con clínica unilateral, ausencia de cambios en radiografías en flexo-extensión y bajo potencial de inestabilidad postoperatoria, para evitar la morbilidad asociada con la fusión (26,27). Se recomienda artrodesis del segmento si existe inestabilidad preoperatoria (retrolistesis u olistesis rotatoria) o tras la desestabilización intraoperatoria con resección amplia de facetas o pars interarticularis (28,29). La fusión posterolateral con tornillos pediculares con técnica abierta ha mostrado mejores resultados a largo plazo, con ausencia de complicaciones y reintervenciones. Las técnicas de fusión intersomática no muestran diferencias en resultados frente a la fusión posterolateral en complicaciones y costes. Los resultados con técnicas MIS no se han mostrado superiores en la disminución del daño muscular, mejoría de resultados y disminución de complicaciones.

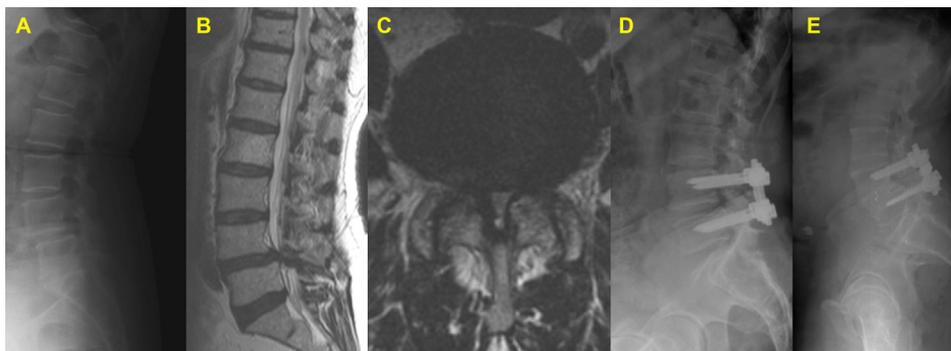


Figura 4. Espondilolistesis degenerativa: A) Radiografía lateral. B-C) Imagen sagital T2 y axial RM con estenosis de canal por hipertrofia facetaria y ligamento amarillo. D-E) Laminectomía con artrodesis PL y circunferencial L4-L5.

1.1.2.3. Estenosis de canal lumbar

El grupo de estudio de la estenosis espinal de la Sociedad Americana de Columna, define la estenosis de columna lumbar como el “síndrome clínico de dolor en región glútea y miembros inferiores con o sin dolor lumbar, asociado con disminución del espacio disponible para elementos neurales y vasculares de la columna lumbar”.

Las causa de estenosis puede ser congénita (9%) ó adquirida, siendo el origen degenerativo el mas frecuente, generalmente en pacientes de 50-60 años. La localización más frecuente se sitúa en los espacios L3-L4 y L4-L5 y con menos frecuencia en L2-L3 y L5-S1. Según la localización de la zona de estenosis, ésta ha sido definida como central, de recesos laterales o foraminal.

Con el envejecimiento las características del disco intervertebral cambian, aumentando la proporción de colágeno tipo II y disminuyendo el contenido en agua. Además los cambios en el metabolismo de los proteoglicanos determinan un aumento de la proporción de keratán-sulfato frente a condroitín sulfato, disminuyendo el potencial hidrófilo del disco. La disminución de la hidratación del disco incrementa el metabolismo del lactato con acumulación de enzimas proteolíticas y necrosis de condrocitos. Estos cambios determinan disminución de la resistencia del disco a las cargas axiales y perdida de la altura discal con disminución de la altura del foramen. La redistribución de cargas provoca un aumento de las cargas facetarias, con sinovitis, adelgazamiento del cartílago articular, eburneación y osteofitos secundarios a la hipertrofia facetaria. Estos cambios se asocian a la hipertrofia del ligamento amarillo, determinando de forma conjunta una disminución del área central y foraminal.

La clínica de los pacientes con estenosis de canal lumbar es variable, con presencia de dolor lumbar, dolor radicular o ambos. La exploración clínica

demuestra grados variables de afectación radicular, con alteración sensitiva, pérdida de función motora y abolición de reflejos osteo-tendinosos debidos a la afectación uni o polirradicular. La lesión radicular puede ser debida a la acción de mediadores inflamatorios, asociada a compresión mecánica o pérdida de aporte vascular. Estos mecanismos serían responsables de la clínica de claudicación neurógena. La forma mas severa de manifestación inicial, aunque infrecuente, es el síndrome de cauda equina, con dolor lumbar, ciática bilateral, anestesia perineal y debilidad motora en miembros inferiores, y con afectación de esfínteres en casos severos.

El diagnóstico se establece mediante pruebas de imagen. El estudio radiológico en proyecciones anteroposterior y lateral en bipedestación de columna lumbar puede ser útil en la valoración de cambios óseos, como inestabilidad segmentaria, pérdida de altura discal, esclerosis subcondral y osteofitos en el cuerpo vertebral y articulación facetaria en los segmentos afectos. La RM se considera la prueba diagnóstica estándar para pacientes con estenosis de canal lumbar. Los cambios en la hidratación discal y fisuras del annulus en secuencias potenciadas en T2, así como cambios degenerativos facetarios con hipertrofia en proyecciones axiales y sagitales, pueden relacionarse con los síntomas. El grado de estenosis central, de recesos laterales y foraminal puede ser valorado en los niveles afectos (30). La TC permite una valoración más adecuada de cambios óseos en proyecciones coronal, sagital y axial, con cambios en la morfología del canal y signos indirectos de compresión radicular. El estudio combinado TC-mielografía puede ser útil en pacientes con instrumentación previa. Las exploraciones deben completarse con pruebas vasculares que excluyan un origen vascular de los síntomas, así como los test electrodiagnósticos (EMG y pruebas de conducción motora).

El tratamiento conservador se inicia con medidas de restricción de la actividad física y tratamiento médico con antiinflamatorios. Otras medidas incluyen ortésis, terapia física, ultrasonidos y estimulación eléctrica transcutánea.

Las inyecciones epidurales con corticoides y los bloqueos radiculares pueden ser útiles con grados de respuesta variables.

El tratamiento quirúrgico se indica en pacientes con limitación funcional severa, dolor lumbar intenso y presencia de afectación radicular o claudicación neurógena, con el objetivo de descompresión de los elementos neurales. El procedimiento estándar se realiza mediante laminectomía central, asociada o no a la descompresión de recesos laterales y forámenes, hasta asegurar una descompresión central y radicular adecuadas. Opcionalmente técnicas de laminoplastia pueden ser usadas. La indicación de asociar un procedimiento de fusión se realiza en presencia de inestabilidad previa (inestabilidad segmentaria, espondilolistesis o deformidad) o inestabilidad iatrógena durante el proceso de descompresión por lesión de la pars interarticularis, resección amplia de facetas bilateral superior a 50% o cirugía descompresiva de revisión en el mismo nivel. Las técnicas de fusión son variables, con artrodesis posterolateral no instrumentada o instrumentada mediante fusión posterolateral con tornillos pediculares, fusión intersomática mediante técnica PLIF, TLIF o ALIF o técnicas combinadas. Más reciente, la utilización de dispositivos interespinosos mediante técnica abierta o percutánea tendría un efecto descompresivo, con el principio de limitación de la extensión del segmento estenótico, proporcionando descompresión indirecta y reduciendo la presión discal y las cargas facetarias. Las técnicas minimoinvasivas han surgido en los últimos años con el objetivo de reducir la morbilidad asociada a los procedimientos de descompresión abierta (menor pérdida hemática, reducción de la medicación analgésica postoperatoria, estancias hospitalarias y reincorporación laboral).

La utilización de procedimientos de fusión instrumentada, con o sin instrumentación, permanece controvertida en ausencia de inestabilidad. Estudios previos no demuestran diferencias en los resultados entre descompresión aislada y descompresión más fusión. Bono et al. en estudios de revisión concluyen que la instrumentación incrementa la tasa de artrodesis, sin embargo la

fusión radiológica no se correlaciona con el resultado clínico (31). Shivanad et al. en estudio retrospectivo de pacientes intervenidos en el periodo 2002-2009 en EEUU, con diagnóstico de estenosis de canal lumbar sin espondilolistesis, compara los resultados en pacientes con descompresión aislada (2385 pacientes) frente a pacientes con descompresión más fusión (448 con instrumentación y 172 sin instrumentación). Las complicaciones tras el procedimiento inicial y a los 90 días fueron significativamente más altas para aquellos con laminectomía y fusión, frente a pacientes con laminectomía aislada. El índice de reintervención fue similar en los que recibieron laminectomía aislada frente a laminectomía mas fusión (17,3% vs 16,0%), con mayor incidencia de reoperaciones en pacientes con instrumentación frente a fusiones no instrumentadas. Los costes asociados con el procedimiento a los 5 años (estancia inicial hospitalaria, consultas, tratamiento urgente y medicación) fueron similares en pacientes con descompresión aislada frente a descompresión más fusión. El uso de artrodesis no instrumentada, cuando es requerida, se asocia a disminución de costes y tasas similares de complicaciones y reintervenciones (32).



Figura 5. Estenosis de canal: A-B) Imagen axial y sagital en secuencia T2 de RM con estenosis de canal lumbar. C-D) Laminectomía descompresiva y artrodesis PL instrumentada L3-L5. Degeneración del segmento adyacente L2-L3.

1.1.2.4. Escoliosis lumbar degenerativa

El término escoliosis idiopática define la deformidad tridimensional de la columna de origen desconocido. En la edad adulta las curvas no tratadas en la adolescencia se definen como escoliosis del adulto. El término “de novo”, ó deformidad espinal degenerativa, es definida como la deformidad aparecida después de la madurez esquelética sin historia de deformidad previa, con ángulo de Cobb superior a 10° en el plano frontal o coronal (33) y relacionada con cambios degenerativos de las estructuras disco-ligamentosas que determinan cambios óseos (34).

El envejecimiento de la columna se relaciona con cambios celulares y extracelulares que afectan a los discos intervertebrales, ligamentos y articulaciones facetarias que finalmente provocan cambios óseos. Estos cambios se manifiestan en forma de hipertrofia ligamentosa, degeneración discal y osteofitos, que determinan rigidez de los segmentos afectados generalmente sin cambios sintomáticos de dolor o desequilibrio. Robin et al. en examen clínico de 554 pacientes con edades entre 50-84 años refieren un 30% de prevalencia de deformidad espinal (35).

El desarrollo y progresión de la deformidad degenerativa se ha relacionado con causas genéticas, rotación vertebral apical, magnitud de la curva, inestabilidad intervertebral, degeneración discal e hipolordosis lumbar. La naturaleza asimétrica de los cambios degenerativos podría ser el origen de la aparición y progresión de la curva (36,37).

Las manifestaciones clínicas más frecuentes referidas por los pacientes con deformidad en la edad adulta son dolor y discapacidad, con posible pérdida progresiva de la capacidad de deambulación y deformidad progresiva coronal, sagital o ambas. No son infrecuentes los síntomas relacionados con estenosis de canal central o lateral en forma de claudicación neurógena o dolor

radicular. El examen clínico puede mostrar dolor en columna torácica alta y raquis cervical, así como actitud en flexión de cadera y rodillas, expresión del uso de mecanismos de compensación del desequilibrio espino-pélvico, para mantener un eje sagital adecuado y visión frontal (38).

La evaluación radiológica debe incluir radiografías de columna completa en bipedestación, en proyección anteroposterior y lateral, incluyendo C2 y pelvis con visualización de las cabezas femorales, con caderas y rodillas en posición confortable, flexión de codos y manos en las clavículas, para minimizar los mecanismos de compensación. Mediante el estudio radiológico se valoran los cambios degenerativos, como degeneración discal y artrosis facetaria, hipolordosis e inestabilidad con subluxación rotatoria (rotación vertebral y olistesis). En el análisis del plano lateral la medida del eje sagital vertical (SVA), las curvas regionales espinales (cifosis torácica, cifosis toracolumbar y lordosis lumbar) mediante el método de Cobb y los parámetros pélvicos (incidencia pélvica, báscula pélvica y pendiente sacra) permiten evaluar el equilibrio sagital. En la radiografía antero-posterior, la línea vertical del centro del sacro (LVCS) determina el equilibrio coronal, siendo visibles la oblicuidad vertebral, la subluxación lateral y la magnitud de la curva, medida mediante el método de Cobb. El impacto clínico en las escalas de evaluación del dolor y discapacidad no parece relacionarse con la magnitud de la curva y sí con el grado de listésis lateral, oblicuidad de la tercera y cuarta vértebras lumbares, hipolordosis lumbar y cifosis toracolumbar (39). El estudio dinámico con radiografías en flexo-extensión puede ser útil para la valoración de inestabilidad segmentaria. El estudio mediante RM permite la valoración de la degeneración discal y facetaria, así como el grado de estenosis central, recesos y foraminal por hipertrofia facetaria y ligamento amarillo. Las imágenes de TC proporcionan una adecuada visualización de los cambios óseos, como la presencia de osteofitos, quistes sinoviales facetarios, hipertrofia facetaria y signo del vacío discal y facetario.

Schawb et al. establecen la clasificación de la deformidad del adulto adoptada por la Scoliosis Research Society (SRS). La clasificación incluye el tipo de curva en el plano coronal y tres modificadores en el plano sagital: alineación sagital global, báscula pélvica y la discordancia entre incidencia pélvica-lordosis lumbar (PI-LL) (40).

El tratamiento conservador está indicado cuando el diagnóstico de escoliosis de novo ha sido establecido y se han excluido otras causas de dolor radicular. Los métodos de tratamiento incluyen ortésis, terapia física, modificación de la actividad física, medicación antiinflamatoria, analgésicos e inyecciones epidurales de corticoides.

El tratamiento quirúrgico se establece cuando persisten síntomas que se relacionan con la deformidad. Una adecuada planificación preoperatoria resulta esencial para conseguir un buen resultado en términos de dolor, función y discapacidad. Los principios básicos de tratamiento incluyen la descompresión de elementos neurales y detener la progresión de la deformidad. Además, las técnicas de realineación en caso de deformidad coronal y sagital deben ser consideradas para restablecer el equilibrio adecuado y permitir la bipedestación y deambulación sin dolor. Sin embargo, existe gran variabilidad en las opciones de tratamiento y persiste debate en el papel de la descompresión y fusión limitadas, el abordaje combinado anterior/posterior, la selección de niveles de fusión proximal y distal, las zonas de transición (toracolumbar y lumbosacra), la necesidad de fijación pélvica, y el uso de técnicas de realineación mediante osteotomías (41).

Las opciones de tratamiento han sido establecidas por numerosos autores (42, 43) según la forma de presentación y las características de la deformidad:

- Descompresión sin fusión en pacientes con estenosis, columna estable y alineación aceptable.

- Descompresión y fusión con instrumentación con pequeñas técnicas de realineación, en pacientes con estenosis e inestabilidad, con moderada mala alineación, sin cifosis torácica ni toracolumbar y adecuado eje sagital.

- Descompresión y realineación con fusión larga fusión y osteotomías correctoras, en pacientes con inestabilidad y severa mala-alineación, con o sin estenosis incluso en presencia de comorbilidades (Figura 6).

Smith et al en estudio retrospectivo multicéntrico con dos años de seguimiento de pacientes con dolor radicular preoperatorio, muestran mejoría significativa en las escalas de dolor (5,4 vs 2,2 $p < 0,001$) y ODI (41 vs 24 $p < 0,001$) tras tratamiento quirúrgico frente a los tratados de forma conservadora ($p < 0,2$) (44). Smith et al. muestran mejoría del dolor lumbar y discapacidad tras tratamiento quirúrgico ($p < 0,001$) en pacientes operados frente a no intervenidos (45). Smith et al. aunque refieren mayor riesgo de complicaciones en pacientes de edad avanzada (65-85 años) no relacionadas con comorbilidades, demuestran en los resultados mayor beneficio que en pacientes jóvenes en términos de discapacidad (46).

Glassman et al. relacionan la presencia de un eje sagital SVA $> 5\text{cm}$ como el más fiable predictor radiológico de mal resultado funcional en términos de dolor, función y autoimagen, siendo peor el resultado en curvas toracolumbares (47).

Lafage et al. establecen como predictores de discapacidad la discordancia en restablecer una lordosis lumbar proporcional a la incidencia pélvica (PI-LL), asociadas al aumento del eje sagital vertical (SVA) (48).

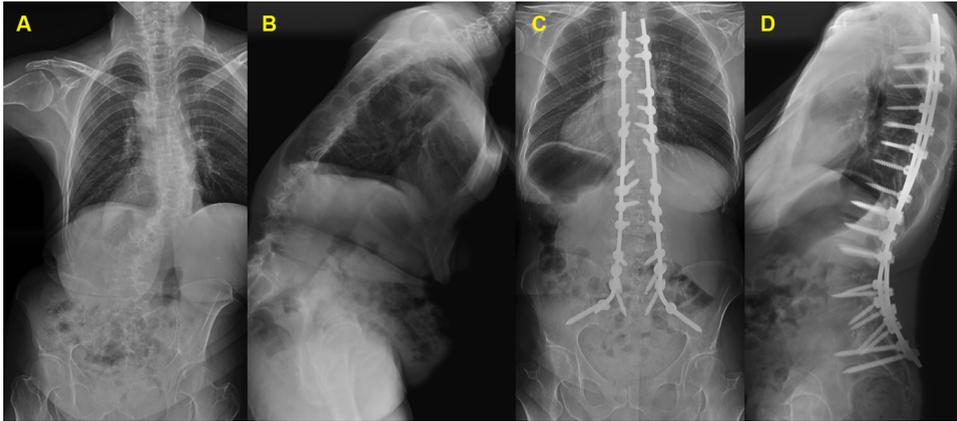


Figura 6. Escoliosis lumbar degenerativa: Descompresión y fusión T4-S1 con fijación pélvica. A-B) Las imágenes preoperatorias AP y L muestran deformidad coronal y sagital severas. C-D) Imágenes postoperatorias. Corrección coronal y sagital (LVCS y SVA) mediante fijación con tornillos pediculares. T4-S1 con fijación pélvica, artrodesis circunferencial L5-S1 (PLIF) y osteotomía de substracción pedicular (PSO) en L3.

1.1.2.5. Espondilolistesis por lisis ístmica

El término espondilolistesis define el deslizamiento de una vértebra sobre la inmediata inferior (spondylo: vértebra, olisthesis: deslizamiento). La localización más frecuente ocurre en L5 en 80% de casos. Aunque puede ser asintomática y descubrirse de forma casual en estudio radiológico, los casos sintomáticos se manifiestan con dolor lumbar bajo, rigidez y acortamiento de isquiotibiales, así como dolor en miembros inferiores con grados de variables de déficit neurológico.

El diagnóstico de sospecha debe confirmarse mediante la realización de radiografías de columna lumbosacra en bipedestación y columna completa en bipedestación anteroposterior y lateral, para determinar la morfología de la región lumbosacra, el grado de deslizamiento y el equilibrio espino-pélvico. La proyección cráneo-caudal de Ferguson permite la visualización de la zona lumbosacra. Las radiografías oblicuas ayudan a mostrar la pars interarticularis

con visualización de la zona de lisis ó elongación. Los estudios mediante TC pueden ayudar a visualizar con precisión la zona de lisis en casos de duda por ausencia de deslizamiento (espondilolisis sin espondilolistesis). Las imágenes de RM permiten la visualización del grado de degeneración discal en el nivel de deslizamiento, el grado de compromiso de la salida de las raíces en el foramen y el edema óseo a nivel de la pars interarticularis (49). Estudios de imagen avanzados como SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography), gammagrafía con Tc⁹⁹ y 18-Fluor desoxiglucosa-PET-TC pueden mostrar diferentes grados de actividad relacionadas con la ausencia o presencia de actividad ósea reparadora del defecto.

La clasificación de la espondilolistesis ha sido establecida en el pasado en función del grado y la etiología del deslizamiento. Meyerding la clasifica en grados según el porcentaje de deslizamiento (Grados I-IV y grado V o espondiloptosis) (50). Wiltse et al. establecen una clasificación etiológica e identifican 6 tipos: displásica ó congénita, ístmica, degenerativa, traumática, patológica y postoperatoria o iatrogénica (51). Marchetti y Bartolozzi modifican la anterior clasificación y establecen dos tipos etiológicos básicos: espondilolistesis del desarrollo (displásica de alto grado por espondilolisis o por elongación y displásica de bajo grado por espondilolisis o por elongación) y espondilolistesis adquirida (traumática, postquirúrgica, patológica y degenerativa). Espondilolistesis de bajo grado incluye grados I y II de deslizamiento y representan la mayoría de casos (90-95%) (52). McThiong et al. y el Grupo de Estudio de la Deformidad Espinal (SDSG) establecen una nueva clasificación basada en el deslizamiento, grado de displasia lumbosacra y equilibrio espino-pélvico (53), posteriormente revisada y simplificada eliminando el grado de displasia debido a la escasa fiabilidad interobservador (54). La relevancia clínica de la misma es establecer recomendaciones de tratamiento, basadas en los nuevos conceptos de restaurar el equilibrio espino-pélvico, mediante reducción de la vértebra deslizada en pacientes con desequilibrio sagital secundario, para la obtención de resultados óptimos (55).

El tratamiento conservador puede mejorar los síntomas hasta en un 68% de casos e incluye medidas de restricción de actividad, ejercicios isométricos de musculatura abdominal, isquiotibiales y pelvis, así como el uso opcional de ortésis.

El tratamiento quirúrgico se establece tras fracaso del tratamiento conservador en pacientes con dolor lumbar mecánico, lesión neurológica, alteraciones posturales o de la marcha o potencial riesgo de progresión de deslizamiento, con diferentes técnicas de reparación, descompresión y/o fusión, y el objetivo de descomprimir los elementos neurales, restaurar el equilibrio y estabilización del segmento. La técnica clásica de laminectomía sin fusión en el nivel de deslizamiento (Intervención de Gill) debe contraindicarse por el aumento de progresión de la inestabilidad. La reparación de la pars interarticularis puede estar indicada en pacientes jóvenes con espondilolisis o deslizamientos grados I sin cambios degenerativos discales o facetarios, con resultados clínicos y porcentaje de reintervención variables, no indicándose en adultos por la asociación de cambios degenerativos (56). La técnica de Buck (57) mediante reparación del defecto con tornillos, el cerclaje con alambre según la técnica de Scott (58) y construcciones híbridas con tornillos y ganchos han sido descritas como técnicas de reparación, con la ventaja de mantener el segmento móvil. La fusión posterolateral in situ sin instrumentación con hueso autólogo mediante abordaje posterior o para espinal de Wiltse puede considerarse en pacientes sintomáticos con bajo grado de deslizamiento, siendo variable la tasa de artrodesis, relacionada con los distintos criterios de valoración de la fusión (59). En los deslizamientos de bajo grado la fusión posterolateral instrumentada con tornillos pediculares asociada o no a laminectomía descompresiva, ha mostrado excelentes tasas de fusión y resultados, tanto con el uso de injerto autólogo como con aloinjerto y proteína ósea morfogenética (BMP). En deslizamientos grado II o superiores las técnicas de fusión circunferencial se han propuesto con el objetivo de reponer la altura discal, mantener o restaurar la lordosis del segmento y la alineación sagital, descompresión indirecta de elementos neurales y aumentar el área de fusión (60).

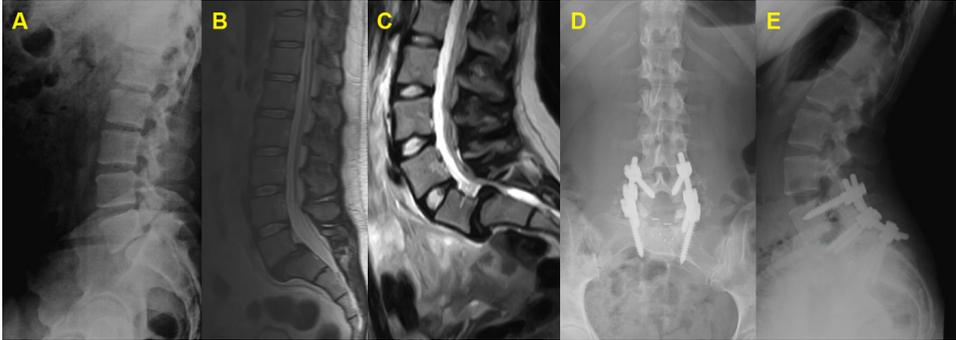


Figura 7. Espondilolistesis por lisis ístmica: A-B) Imágenes RX lateral y RM de espondilolistesis Grado I. C) Imagen RM de espondilolistesis displásica. D-E) Reducción y artrodesis circunferencial L4-S1.

1.1.3. Importancia. Coste económico

Los avances en los medios diagnósticos de imagen, un mejor conocimiento de la biomecánica de la columna y la mayor disponibilidad de dispositivos de instrumentación espinal, asociados al incremento de la expectativa de vida de la población, han contribuido en los últimos años al aumento de forma significativa de las indicaciones de fusión espinal.

En los últimos 20 años el incremento en el número de procedimientos de fusión lumbar ha sido constante. La tasa promedio de fusión lumbar en EEUU se ha triplicado en la década 1992-2003. El número de intervenciones en 1992 fue de 0,3 por cada 1.000 personas inscritas en Medicare, duplicándose a 0,6 por cada 1.000 personas inscritas en 1998 y triplicándose (1,1 por 1.000) en 2003 (61).

En 2001 se realizaron alrededor de 122.000 procedimientos de fusión por condiciones degenerativas lumbares en EEUU, cifra que representa un aumento de 220% en fusiones por 100.000 habitantes desde 1990. Este incremento se acentúa desde 1996, cuando se aprueba el uso de implantes intersomáticos.

En el periodo 1996-2001 los procedimientos de fusión lumbar se incrementaron de forma significativa hasta 113%, comparado con otros procedimientos ortopédicos (aumento en un 13% en prótesis de cadera y 15% en prótesis de rodilla). Las tasas de procedimientos de fusión se incrementaron para cualquier diagnóstico de patología lumbar y sobre todo entre los pacientes con edad superior a 60 años (62).

Este aumento se mantiene en la década 2000-2009, con un total de 380.305 pacientes intervenidos en este periodo con diagnóstico de enfermedad discal degenerativa, triplicándose el número de procedimientos de fusión intersomática por vía posterior (PLIF/TLIF) y el número de procedimientos mediante abordaje combinado anterior/posterior. Sin embargo, se mantienen las intervenciones mediante prótesis de disco lumbar (63).

Rajae et al. en un estudio reciente realiza un análisis comparativo del aumento de número de procedimientos de fusión espinal con otras intervenciones (laminectomía, artroplastia de cadera y rodilla, angioplastia coronaria y by-pas coronario). Aunque se duplican el número de procedimientos de laminectomía y artroplastias así como las técnicas de angioplastia y by-pass coronario, el número de fusiones espinales se ha triplicado durante el período 1998-2008. El estudio también refiere un incremento de la edad media de los pacientes intervenidos, con disminución de las tasa de mortalidad y días de ingreso hospitalario. Los costes asociados a la cirugía de fusión espinal se triplican en el mismo periodo, siendo en 1998 el gasto total de 24.676 millones de dólares, frente a 81.960 millones de dólares en 2008 (7).

Philips et al., definen el dolor lumbar crónico como aquel cuya duración es superior a tres meses y representa la segunda causa más frecuente de consulta médica y la primera causa de baja laboral en EEUU, con una incidencia de un 5-8% en la comunidad y 19% en la población trabajadora adulta (64). Katz en 2006, evalúa la importancia socioeconómica del dolor lumbar relacionado con

la degeneración discal. El total del coste económico estimado en 2005 fue de 100.000 millones de dólares, siendo dos terceras partes debidos a la pérdida de actividad laboral. El autor concluye en la necesidad de implementar estrategias de prevención y de sus consecuencias (65).

1.2. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

1.2.1. Calidad de vida relacionada con la salud

Los cuestionarios de la medida de la salud y de la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) son herramientas de medida de la percepción que tiene el paciente de su enfermedad y permiten la evaluación de los tratamientos realizados. McCormick et al. clasifican los sistemas de medida de resultados en tres categorías: escalas de dolor, calidad de vida y específicas de resultados relacionadas con la enfermedad específica (66). Chapman et al. realizan una revisión sistemática de los diferentes sistemas de medida para evaluar los resultados del tratamiento del dolor lumbar y establecen como recomendación para la evaluación de resultados tras un procedimiento de fusión lumbar el uso de escala visual analógica (EVA) y escalas numéricas (EN) para evaluar el dolor, el índice de discapacidad de Oswestry (ODI) y el cuestionario de Roland-Morris (RMDI) para evaluar el estado funcional y el Short-Form Health Survey (SF-36) para medición del estado psicosocial (67).

1.2.1.1. Escalas de dolor

Son escalas muy simples que miden la intensidad del dolor (68). La Escala Visual Analógica (EVA) permite medir la intensidad del dolor que describe el paciente con la máxima reproductibilidad entre los observadores. Consiste en una línea horizontal de 10 cm, en cuyos extremos se encuentran las expresiones extremas de un síntoma. En el lado izquierdo se ubica la ausencia de

dolor y en el derecho la máxima intensidad. Se pide al paciente que marque en la línea el punto que indique la intensidad y se mide con una regla milimetrada. La intensidad se expresa en centímetros o milímetros. La Escala Numérica (EN) es un conjunto de números de cero a diez, dónde cero es la ausencia del síntoma a evaluar y diez su mayor intensidad. Se pide al paciente que seleccione el número que mejor indique la intensidad del síntoma que se está evaluando. Es el método más sencillo de interpretar y el más utilizado. Los estudios realizados demuestran que el valor de la escala refleja de forma fiable la intensidad del dolor y su evolución. Se ha demostrado que cambios del 20% para el dolor lumbar crónico de espalda baja y del 12% para el dolor lumbar agudo son clínicamente significativos (69).

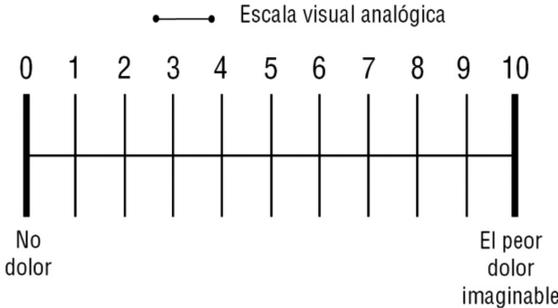


Figura 8. Escalas de dolor visual y numérica (EVA y EN).

1.2.1.2. Índice de Discapacidad de Oswestry (ODI)

El índice de discapacidad de Oswestry (ODI) es una de las herramientas específicas de medición de la discapacidad por dolor lumbar, tanto en la clínica como en trabajos de investigación. Es un cuestionario de elección múltiple que completa el paciente. Contiene diez secciones referentes a las actividades de la vida diaria, siendo la primera para evaluar el grado de dolor y una última en que se valora si ha tenido tratamiento en los últimos meses y de qué tipo. Cada sección describe seis niveles de discapacidad puntuados de 0 al 5. El índice de discapacidad se obtiene dividiendo la puntuación total por el número

de secciones respondidas y multiplicándolo por 100. Un 0-20% se califica como mínima incapacidad, del 20-40% es una incapacidad moderada y entre el 40-60% es una incapacidad severa. Entre el 60-80% se trata de un inválido incapacitado en los aspectos laborales y en la vida diaria que puede requerir una intervención. Un índice del 80-100% puede representar una exageración de los síntomas y debe ser evaluado con cautela (Tabla 2).

La versión original 1.0 data de 1980, creada al administrar el cuestionario a 22 pacientes 2 veces consecutivas con un intervalo de 24 horas para estudiar su fiabilidad o reproductibilidad ($r=0.99$). La versión 2.0 es la más recomendada y se refiere a la respuesta que mejor describe la situación funcional actual como punto de referencia (70).

Tabla 2. Índice de discapacidad de Oswestry (70).

| Porcentaje (%) | Limitación funcional | Implicaciones |
|----------------|----------------------|---|
| 0-20 | Mínima | No precisa tratamiento |
| 20-40 | Moderada | Tratamiento conservador |
| 40-60 | Intensa | Requiere estudio |
| 60-80 | Discapacidad | Requiere intervención posible |
| >80 | Máxima | Postrado en cama o exagera los síntomas |

1.2.1.3. SF-36 (Short Form Health Survey)

El cuestionario de salud SF-36 (Short Form Health Survey) fue desarrollado a principios de los noventa en Estados Unidos para su uso en el estudio de los resultados médicos a partir de una extensa base de cuestionarios empleados en el Medical Outcomes Study (MOS), que incluían 40 conceptos relacionados con la salud (70).

El cuestionario está compuesto por 36 preguntas (ítems) que valoran los estados tanto positivos como negativos de la salud. Es una escala genérica que proporciona un perfil del estado de salud y es aplicable tanto a los pacientes como a la población general. Ha resultado útil para evaluar la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en la población general y en subgrupos específicos, comparar la carga de muy diversas enfermedades, detectar los beneficios en la salud producidos por un amplio rango de tratamientos diferentes y valorar el estado de salud. El cuestionario se basa en ocho dominios: funcionamiento físico, limitaciones de rol causadas por la salud física o problemas emocionales, dolor corporal, funcionamiento social, salud mental general, la vitalidad y percepciones generales de salud, que representan los conceptos de salud empleados con más frecuencia en los principales cuestionarios de salud, así como los aspectos relacionados con la enfermedad y el tratamiento. Una versión más corta del cuestionario (SF-12) se construyó a mediados de la década de 1990 (71).

1.2.2. Diferencia mínima clínicamente importante (MCID)

Un potencial error en la evaluación de la mejora de la CVRS, en particular en poblaciones de estudio más grandes, es que un pequeño cambio en la puntuación media del resultado puede ser estadísticamente significativa pero no clínicamente pertinente. El concepto de diferencia mínima clínicamente importante (MCID) se ha propuesto como un umbral crítico para medir la efectividad del tratamiento y evaluar los resultados. El significado original de la MCID fue establecer la diferencia más pequeña en las puntuaciones en el dominio de interés que los pacientes perciben como beneficioso y que obligaría, en ausencia de efectos secundarios molestos y costo excesivo, a un cambio en el manejo del paciente. Esta diferencia podría justificar las decisiones del tratamiento evaluando los beneficios y riesgos de una intervención (72,73).

Parker et al. en un estudio de resultados de pacientes con espondilolistesis degenerativa intervenidos mediante fusión intersomática vía TLIF, basado en el mínimo cambio detectable (MCD), establece como MCID un cambio de 2,1 puntos para el dolor lumbar, 2,8 puntos para el dolor radicular y 14,9 para ODI. En 50 pacientes intervenidos por cirugía de revisión con diagnóstico de degeneración del segmento adyacente, los mismos autores establecen como MCID valores de 3,8 puntos para el dolor lumbar, 2,4 puntos para el dolor radicular y 6,8 para ODI (74,75).

1.2.3. Años de vida ajustados por calidad (QALY)

Los resultados del tratamiento y otras actividades que influyen en la salud tienen dos componentes básicos: la cantidad y la calidad de vida. QALY es el acrónimo que identifica los años de vida ajustados por calidad, el cual recoge ambos componentes y es el producto aritmético de la esperanza de vida y una medida de la calidad de vida de los años por vivir. The National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE) define QALY como una “medida del tiempo de vida soportado por una evaluación de su calidad de vida relacionada con la salud”. El QALY ofrece una medida común para evaluar hasta qué punto se gana en salud como resultado de las intervenciones del sistema de salud, combinado con los costes asociados con las intervenciones. Se puede usar para evaluar su valía desde un punto de vista económico.

La cantidad de vida expresada en términos de esperanza de vida es una medida tradicional que es ampliamente aceptada y tiene pocos problemas de comparación (las personas están o vivas o no). Calidad de vida, por el contrario, recoge una variedad de diferentes caras de la vida de las personas, no sólo su estado de salud. Incluso poniendo el foco de atención en la calidad de vida relacionada con la salud, resultaría en un número de dimensiones relacionadas tanto con la capacidad física como mental. Un número de enfoques han sido

utilizados para generar estas evaluaciones de calidad de vida, conocidas como ‘utilidades de salud’. Las utilidades representan las valoraciones asociadas a cada estado de salud en una escala continua entre 0 y 1, donde 0 equivale a estar muerto y 1 el mejor estado de salud posible, aunque algunos estados de salud son considerados peores que la muerte y tienen valoraciones negativas.

1.2.4. Estudios de imagen

1.2.4.1. Tomografía computerizada (TC)

La incorporación de la Tomografía Computerizada (TC) ha permitido una valoración más precisa de las lesiones óseas preoperatorias y tras un procedimiento de fusión. En el segmento fusionado permite evaluar la presencia de puentes óseos intersomáticos o posterolaterales, la posición adecuada de los implantes, la existencia de osteólisis peri-implante o roturas de tornillos y barras. En los segmentos no fusionados pueden ser visibles cambios en el espacio discal y articulaciones posteriores como pérdida de altura discal, esclerosis subcondral, osteofitos, signo del vacío discal o facetario, así como la presencia de espondilolólisis. En el plano axial es posible la medición del ángulo facetario (76).

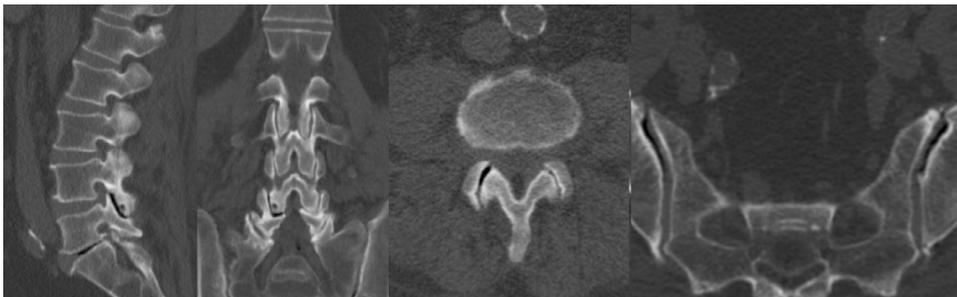


Figura 9. Signos TC: Signo del vacío facetario y SI. Artrosis facetaria.
Signo del vacío discal.

1.2.4.2. Resonancia magnética (RM)

El estudio de Resonancia Magnética (RM) en secuencias T1, T2, STIR y mielo-RM en proyecciones coronal, sagital y axial permite una valoración más precisa del grado de compresión de estructuras neurales medulares o radiculares, engrosamiento del ligamento amarillo, cambios facetarios con grados variables de hipertrofia y degeneración, así como lesiones discales (cambios en la hidratación de los discos intervertebrales o hernia discal).

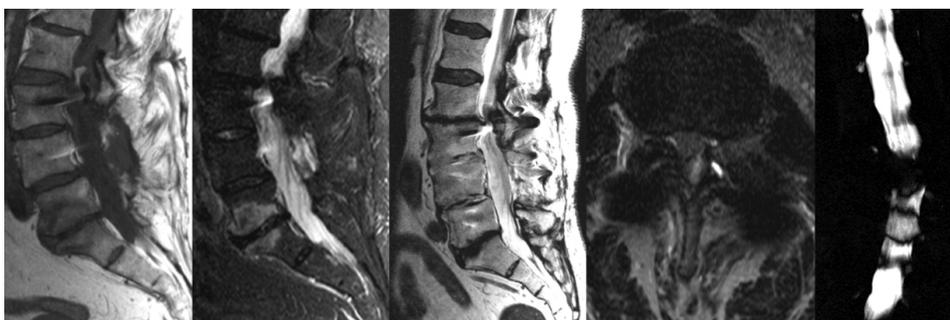


Figura 10. Imágenes RM: Secuencias T1, STIR, T2 y Mielo RM en proyecciones sagital y axial. Degeneración discal L5-S1 y L2-L3 con estenosis por hipertrofia facetaria post-fusión L3-L5.

Degeneración discal

Pfirrmann et al. clasifican el grado de degeneración discal en el estudio prospectivo de 60 pacientes asintomáticos con edad media de 40 años, mediante la realización de RM evaluada por tres observadores independientes, estableciendo cinco grados de degeneración discal con excelente y substancial fiabilidad intraobservador e interobservador respectivamente (Tabla 7) (77).

Tabla 3. Clasificación de la degeneración discal según Pfirrmann (77).

| Grado | Estructura | Distinción núcleo y annulus | Intensidad señal | Altura disco |
|--------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| I | Homogénea | Clara | Hiperintensa isointensa | Normal |
| II | Inhomogénea | Clara | Hiperintensa isointensa | Normal |
| III | Inhomogénea, gris | No clara | Intermedia | Normal o levemente disminuida |
| IV | Inhomogénea, gris negra | Pérdida | Intermedia Hipointensa | Normal o moderadamente disminuida |
| V | Inhomogénea negra | Pérdida | Hipointensa | Colapsado |

Degeneración discal y médula ósea

Modic et al. publicaron un estudio de 474 RM realizadas en pacientes con dolor lumbar y radicular. En el se describen los cambios tipo I (hipointensidad en secuencias T1 e hiperintensidad en T2) en el 4% de los pacientes, asociados a presencia de tejido de granulación vascular en hueso subcondral en el examen histológico. Los cambios tipo II (hiperintensidad en secuencias T1 e hiperintensidad o isointensidad en secuencias T2) en el 16% de los pacientes, son consecuencia de la sustitución grasa de la médula ósea adyacente en el examen histológico. Los cambios tipo III (hipointensidad en T1 y T2) son menos frecuentes y están asociados a esclerosis subcondral visibles en el estudio radiológico (12).

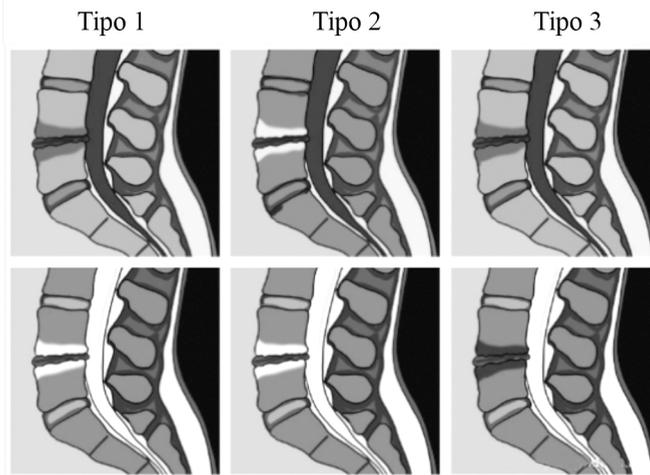


Figura 11. Degeneración discal y cambios óseos subcondrales según Modic (12).

Degeneración facetaria

Weisahupt et al. estudian el grado de severidad de la degeneración facetaria en 308 articulaciones, evaluadas por dos radiólogos independientes expertos en patología musculoesquelética, modificando los criterios radiológicos de Pathria (78) y adaptados al estudio mediante RM, con buen grado de fiabilidad intraobservador ($K = 0.70$ y 0.76) y pobre interobservador ($K = 0.41$) (Tabla 4). Aunque el estudio mediante TC mejora la valoración de la degeneración facetaria en las proyecciones axiales frente al estudio radiológico, el grado de acuerdo es moderado o bueno en el grado de fiabilidad, cuando se comparan medidas de TC y RM en la evaluación de la degeneración facetaria, con pequeñas variaciones sobre todo en los grados de degeneración moderada. Excluidas las formas moderadas, el grado de acuerdo es excelente y con el estudio de RM puede obviarse la necesidad de estudios mediante TC (79).

Tabla 4. Criterios de RM según Weisahupt de artrosis facetaria (79).

| Grado | Criterios |
|-------|--|
| 0 | Espacio articular normal (2-4mm). |
| 1 | Estrechamiento espacio articular(<2mm) y/o pequeños osteofitos y/o leve hipertrofia facetas. |
| 2 | Estrechamiento del espacio articular y/o moderados osteofitos y/o moderada hipertrofia facetaria y/o leves erosiones subarticulares. |
| 3 | Estrechamiento de espacio articular y/o grandes osteofitos y/o severa hipertrofia facetaria y/o severas erosiones subarticulares y/o quistes subcondrales. |

1.2.4.3. Radiología

El estudio radiológico de la columna conserva todo su valor como exploración complementaria diagnóstica básica, así como para la evaluación de resultados tras un procedimiento terapéutico. Mediante el estudio radiológico de columna lumbosacra en bipedestación es posible una valoración del resultado tras el procedimiento de fusión lumbar y visualizar la presencia de artrodesis posterolateral o circunferencial. En los segmentos libres es posible valorar cambios rotacionales, anterolistesis o retrolistesis, así como cambios en la altura discal y la aparición de cambios degenerativos como esclerosis y osteofitos. La radiografía simple de columna completa realizada en bipedestación, en proyecciones anteroposterior y lateral con inclusión de la pelvis y cabezas femorales, permite valorar el equilibrio coronal mediante el trazado de la línea vertical del centro del sacro (LVCS), la presencia del componente rotacional y la magnitud de las curvas medidas mediante el método de Cobb, así como asimetrías en la posición de los hombros y oblicuidad pélvica. En el plano sagital, la medición de los parámetros espinales, como la cifosis torácica (CT) y lordosis lumbar (LL) medidas mediante el método de Cobb, y los parámetros

pélvicos como la incidencia pélvica (PI), pendiente sacra (SS) y báscula pélvica (PT) determinan el balance espino-pélvico. El eje global espino-pélvico puede ser evaluado mediante los ángulos de inclinación espinopélvicos (T1-SPi y T9-SPi), descritos por Duval-Beaupère et al. y el eje sagital vertical C7-S1 (SVA) descrito por Jackson et al. (80). Sin embargo, ambos parámetros se modifican por la posición y rotación de la pelvis. Mas recientemente, Ryan et al. introducen el ángulo T1-pelvis (TPA) no modificado con la posición pélvica (81). Estas medidas resultan esenciales cuando se realiza un procedimiento de fusión, para mantener o restaurar el equilibrio sagital, evitando fusiones hipolordóticas e incorrecta selección de niveles de fusión en zonas transicionales o apicales, y permitiendo una adecuada planificación preoperatoria de procedimientos de realineación mediante osteotomías.

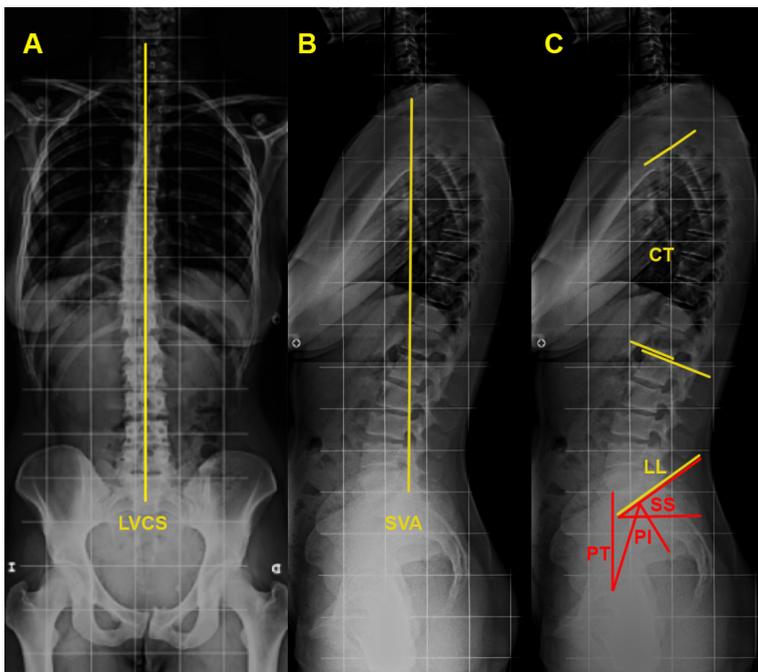


Figura 12. Radiografías de columna completa en bipedestación. Imágenes RX: A) Imagen anteroposterior (equilibrio coronal determinado por línea vertical del centro del sacro LVCS). B-C) Imagen sagital (SVA, cifosis torácica, lordosis lumbar, incidencia pélvica, pendiente sacra y báscula pélvica).

Medida de lordosis lumbar

La lordosis lumbar representa la curvatura de la columna lumbar en el plano lateral, como resultado del acuñamiento posterior y apertura anterior de discos y vértebras. Cada uno de los segmentos vertebrales contribuye a la lordosis global, determinada por la morfología discal y vertebral. A nivel de L5 el ángulo de lordosis representa un 40% de la lordosis total, siendo solo del 5% a nivel de L1 (82).

Existe una correlación directa entre el ángulo de lordosis y otras variables posturales, como la morfología pélvica y la cifosis torácica (83). Aunque existen variaciones fisiológicas en individuos asintomáticos (84), se ha demostrado una correlación entre el aumento del ángulo de lordosis lumbar y alta incidencia pélvica y cifosis torácica (85).

Harrison et al. (86) y Hong et al. (87) revisan los diferentes métodos de medida de la lordosis lumbar y Hwang et al. evalúan la fiabilidad de los mismos (88): método de Cobb (L1-S1, L1-L5), método del centroide, método de la tangente posterior (Harrison) (L1-L5,L1-S1), tangente anterior, mejor forma en elipse y método TRALL (Tangencial Radiological Assesment of Lumbar Lordosis).

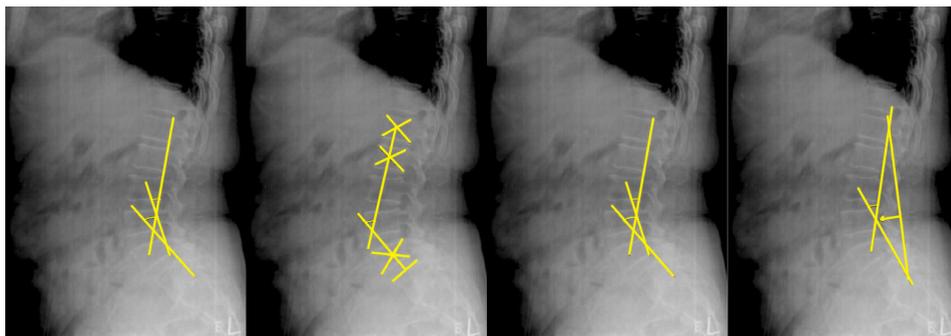


Figura 13. Métodos de medida de la lordosis lumbar (86).

El método más aceptado para las mediciones angulares de la columna es el método de Cobb (89). Con este método, universalmente aceptado, diferentes medidas de alineación sagital de la columna lumbar pueden ser establecidas (90).

El ángulo de lordosis lumbosacra puede ser medido como lordosis total lumbosacra (definido entre una línea tangente al platillo inferior de T12 o superior de L1 y borde superior de S1) o lordosis lumbar (definido entre el borde superior de L1 y borde inferior de L5).

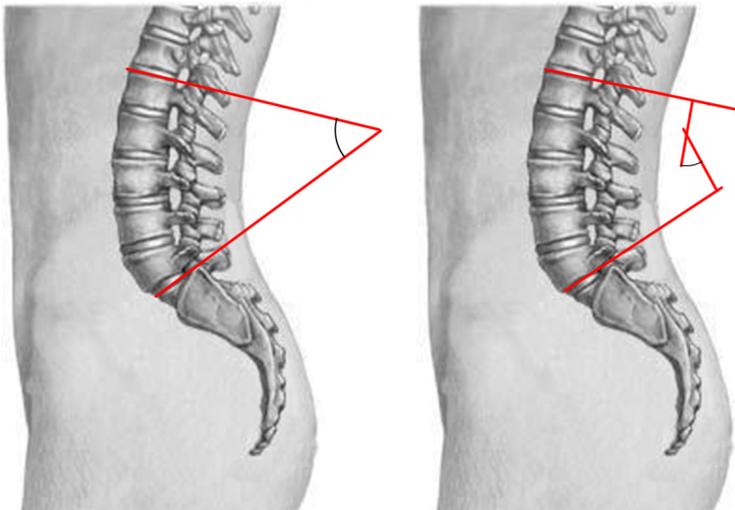


Figura 14. Métodos de medida (Cobb) de la lordosis total lumbosacra (LLT) y lordosis lumbar (LL) (90).

Los ángulos lumbosacros, determinan la lordosis de la zona inferior de la columna lumbar y sacra. El ángulo de la unión lumbosacra L4-S1 (definido entre el borde superior de L4 y superior de S1), el ángulo de la unión lumbosacra L4-L5 (definido entre el borde superior de L4 y superior de L5) y el ángulo de la unión lumbosacra L5-S1 (definido entre el borde superior de L5 y superior de S1).

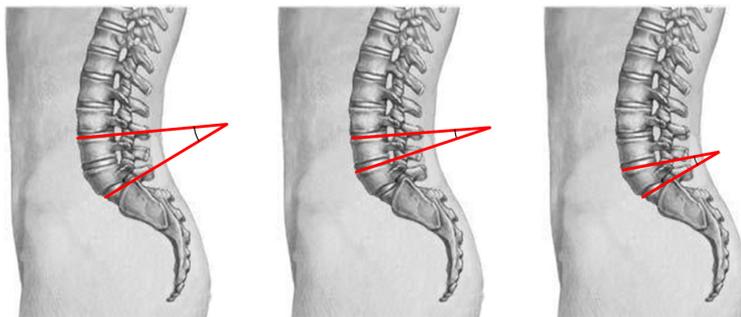


Figura 15. Métodos de medida (Cobb) de la lordosis lumbosacra (LLS) (90).

Métodos de medida de la altura discal

- Método de Farfan y Hurxthal

Pope et al. describen en 1977 diferentes métodos de medida de la altura discal en radiografías laterales de columna lumbar (91). El método de Hurxthal determina la altura de la parte central del disco, tomando como referencia la línea que bisecciona el centro del platillo vertebral. El método de Farfan utiliza la medida de la parte anterior y posterior del disco intervertebral relacionadas con el diámetro anteroposterior. Schulte et al. describen en estudio retrospectivo con seguimiento de diez años la pérdida de altura discal tras fusión 360° en 40 pacientes, mediante el método de Farfan y Pope en los dos discos superiores al fusionado, relacionada con la degeneración de segmentos superiores al fusionado (92).

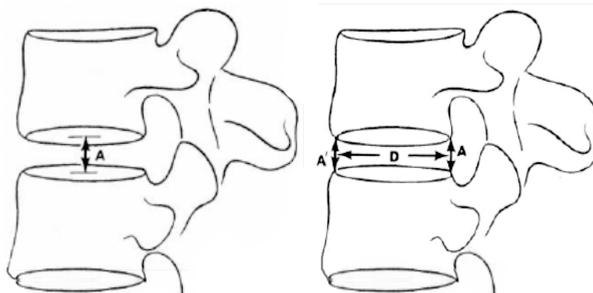


Figura 16. Métodos de medida de la altura discal según Hurxthal y Farfan (91).

- Método de Miyakoshi

Miyakoshi et al. en un estudio de evaluación de resultados de pacientes con fracturas vertebrales define la altura discal como la distancia entre el platillo superior e inferior medida mediante una línea perpendicular a la línea que bisecciona el disco en sentido anteroposterior desde un punto equidistante (93).

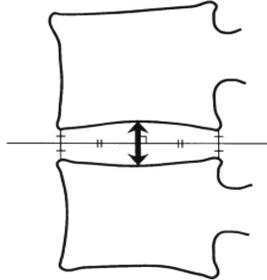


Figura 17. Método de medida de la altura discal según Miyakoshi (93).

- Método de Mochida

Yorimitsu et al. en un estudio de resultados de cirugía tras discectomía utilizan el método descrito por Mochida para medición de la altura discal (94). Min et al. en un estudio retrospectivo comparativo de 48 pacientes intervenidos mediante fusión L4-L5 analizan las características clínicas y los factores de riesgo de degeneración del segmento adyacente, siendo uno de los factores la pérdida de altura discal >10%, medida según el método de Mochida (95).

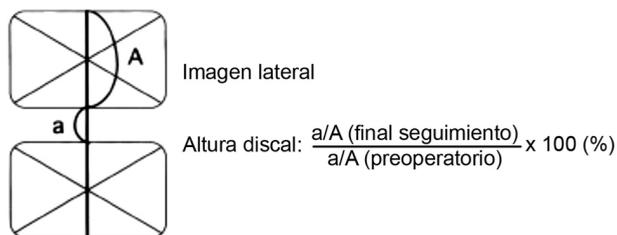


Figura 18. Método de medida de la altura discal según Mochida (94,95).

- Medida de la altura discal anterior y posterior

Vialle et al., describen el método de medida de la altura discal anterior y posterior utilizando como referencia los puntos mas alejados del centro de cada cuerpo vertebral. La altura discal se establece mediante la suma de las dos distancia anteriores y posteriores a la línea media del disco (Figura 19) (96).

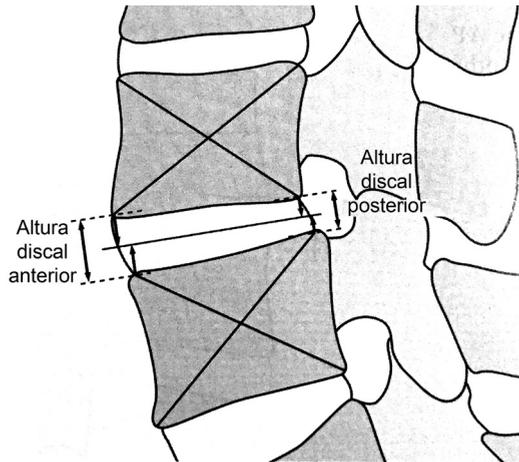


Figura 19. Método de medida de la altura discal (Vialle) (96).

- Método de Ekmann

Ekmann et al. en un estudio prospectivo randomizado en pacientes con diagnóstico de espondilolistesis establecen el grado de incidencia de degeneración del segmento adyacente, comparando pacientes con tratamiento conservador frente a pacientes fusionados con y sin instrumentación con tornillos pediculares mediante fusión posterolateral. Como medida de degeneración discal, la pérdida de altura postoperatoria del disco es evaluada mediante medición digital (Quantitative Motion Analysis™), identificando los bordes anterior y posterior y altura del cuerpo vertebral (Figura 19) (97).



Figura 20. Método de medida de la altura discal (Ekmann) (97).

- Método de distorsión compensado (DCRA)

Pfeifer et al. (98) y Mannion et al. (99) utilizan el método de análisis radiológico de distorsión compensado (DRCA), previamente descrito por Frobin et al. (100), para medición de la altura discal y desplazamiento sagital. Pellisé et al., utiliza el método DRCA en un estudio prospectivo de análisis de todos los discos no fusionados en una cohorte de 62 pacientes (101). El cálculo de la altura discal y el desplazamiento sagital está basado en la localización de los puntos anterior y posterior de la vértebra superior e inferior, seguido por un protocolo para compensar la distorsión en la proyección central, del plano axial y la inclinación lateral.

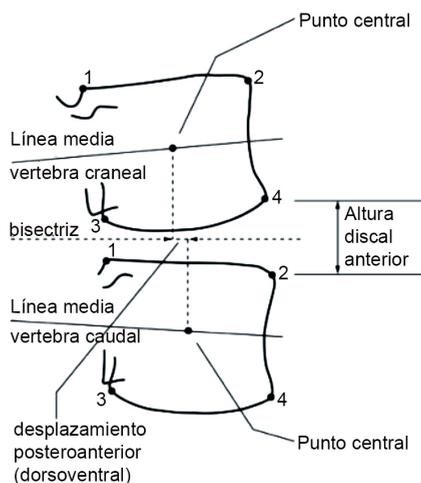


Figura 21. Método de análisis radiológico de distorsión compensado según Frobin (100).

Métodos de medida de la rotación vertebral

En el estudio de las deformidades vertebrales la rotación representa el componente axial de la deformidad tridimensional vertebral, asociada a la deformidad coronal y sagital. En fases avanzadas de la degeneración discal puede asociarse con desplazamiento lateral u olistesis. En columnas con artrodesis previa la rotación del segmento o segmentos adyacentes proximales ó distales al fusionado, puede ser un signo de degeneración del segmento ó segmentos adyacentes. La rotación de segmentos proximales al fusionado, especialmente en el primer disco superior, se ha relacionado con cambios en el tropismo facetario y degeneración discal asimétrica (102).

- Método de Nash-Moe

El método de medida de Nash-Moe fue descrito por los autores en 1969 (103). En el plano coronal, en la vértebra ápex de la deformidad, la desaparición progresiva del pedículo de la concavidad y la posición más anterior del

pedículo de la convexidad determinan el grado de rotación 1-4, generalmente mayor cuanto mayor es la magnitud de la curva.

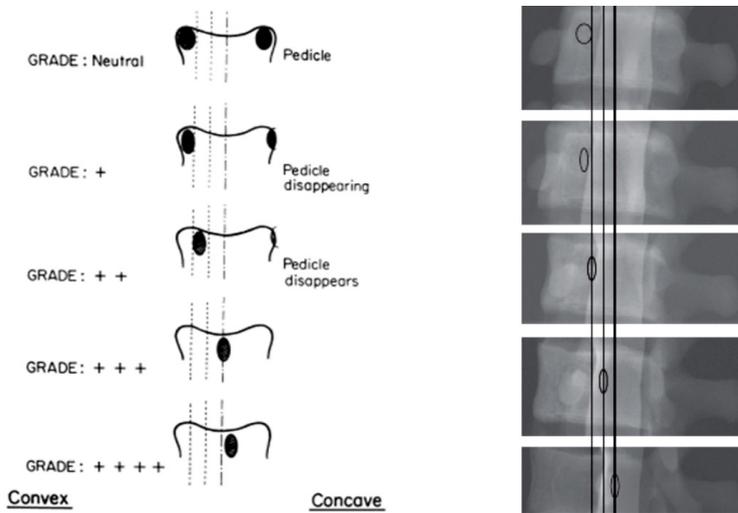


Figura 22. Medida de medida de la rotación vertebral según Nash y Moe (103).

- Método de Perdriolle-Vidal

Perdriolle et al. miden el ángulo de rotación-torsión con la ayuda de un torsiómetro a partir del desplazamiento del pedículo de la convexidad de la vértebra estudiada. Para determinar el grado de rotación de una vértebra torácica se aplica el torsiómetro sobre el cuerpo vertebral, haciendo coincidir los bordes del torsiómetro de la vértebra en estudio y siendo la parte media del cuerpo vertebral la que hace de referencia. En tres puntos del cuerpo vertebral, dos puntos a nivel de los extremos convexos de los platillos superior e inferior y un tercer punto a nivel del platillo superior del lado de la concavidad. La rotación vertebral se mide en la vértebra ápex, la menos inclinada y más rotada, que por lo general está en la mitad de la curva y más alejada del eje central de la columna (104).

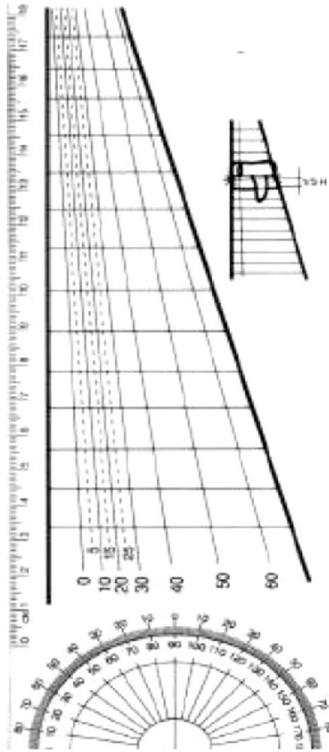


Figura 23. Método de medición de la rotación vertebral mediante torsiómetro según Perdriolle (104).

Inestabilidad segmentaria

Aunque no existe una definición biomecánica rígida, se acepta como definición de inestabilidad la propuesta por White y Panjabi, es decir “la pérdida de capacidad del raquis bajo cargas fisiológicas para mantener las condiciones vertebrales, de tal forma que no exista daño ni subsiguiente irritación medular o radicular y no se desarrolle una deformidad incapacitante o se produzca dolor debido a cambios estructurales”(105).

El estudio radiológico en bipedestación mediante radiografías en flexo-extensión se considera la prueba más adecuada para determinar la inestabilidad

de un segmento raquídeo, aunque no existe acuerdo en los criterios radiológicos que la determinan. Algunos autores han intentado cuantificar la inestabilidad segmentaria con grados variables de apertura discal en radiografías dinámicas en flexoextensión, así como el desplazamiento traslacional en milímetros. Los valores en radiografías en extensión oscilan entre 10° y 20° para el grado de apertura anterior (106–108) y diferencias de 3 a 5 mm para los valores de inestabilidad traslacional (109,110).

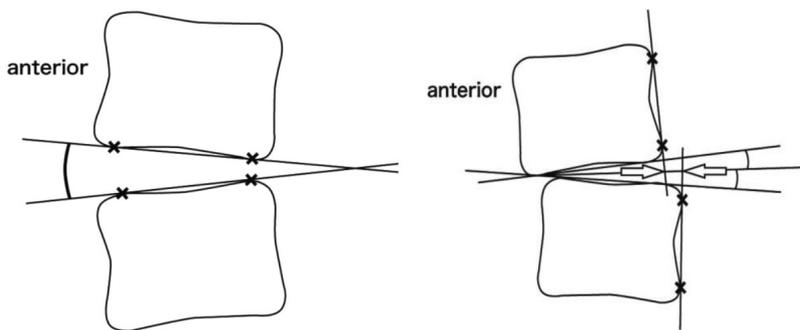


Figura 24. Signos radiológicos de inestabilidad vertebral segmentaria.

Valoración radiológica de la degeneración discal

- Escala de Weiner

Aunque los nuevos medios de imagen mediante TC y RM han permitido una valoración más precisa de la degeneración discal, Weiner et al. en 1994 describen los signos de degeneración discal y facetaria mediante estudios radiológicos. La pérdida de altura discal, osteofitos, esclerosis y presencia de gas determinan grados de degeneración discal leve, moderada y severa. El grado de afectación lo determina el componente más severo en cada nivel (Tabla 5) (111).

Tabla 5. Criterios de Weiner de degeneración discal radiológica (111).

| Grado | Descripción |
|--------------------------|---|
| No enfermo = 0 | Altura discal normal, no osteofitos, no esclerosis, ausencia de gas. |
| Degeneración leve = 1 | <25% pérdida altura discal, pequeños osteofitos, mínima esclerosis, ausencia de gas. |
| Degeneración moderada= 2 | 25-75% pérdida altura discal, moderados osteofitos, moderada esclerosis, ausencia de gas. |
| Degeneración severa = 3 | >75% pérdida altura discal, grandes osteofitos, marcada esclerosis, presencia de gas. |

- Escala Universidad de California (UCLA)

La Escala de la Universidad de California (UCLA) utiliza tres parámetros para determinar el grado de degeneración discal radiológica. La pérdida de altura discal, la presencia de osteofitos y la esclerosis subcondral de los platillos vertebrales determinan cuatro grados de afectación discal (112).

Tabla 6. Criterios radiológicos de degeneración discal según escala UCLA (112).

| | Pérdida altura discal | Osteofitos | Esclerosis subcondral |
|-----|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| I | - | - | - |
| II | + | - | - |
| III | +/- | + | - |
| IV | +/- | +/- | + |

Valoración radiológica de la artrosis facetaria

Pathria et al. establecen la clasificación de degeneración facetaria en un estudio en 50 pacientes con dolor lumbosacro, mediante la realización de radiografías en proyección oblicua de columna lumbar (Tabla 7) (78).

Tabla 7. Grado de degeneración facetaria radiológica de Pathria (78).

| Grado | Descripción |
|--------------|--|
| Grado 0 | Normal. |
| Grado 1 | Estrechamiento del espacio articular. |
| Grado 2 | Estrechamiento, esclerosis, hipertrofia. |
| Grado 3 | Estrechamiento, esclerosis, hipertrofia, osteofitos. |

Valoración radiológica de la artrodesis PL y PLIF

El procedimiento de fusión posterolateral (PL) continúa siendo el más ampliamente utilizado. El abordaje posterior a la columna con decorticación de los elementos posteriores (borde lateral de la faceta externa y apófisis transversa) y el aporte de injerto óseo (autólogo de campo quirúrgico o espina iliaca, heterólogo y sustitutos óseos como BMP o DMB) continúa siendo el procedimiento estándar para el tratamiento de inestabilidad, deformidad, fracturas o tumores. La utilización de sistemas de instrumentación vertebral mediante la colocación de tornillos pediculares en los segmentos elegidos permite la corrección de deformidades o estabilización del segmento hasta la consecución de una fusión sólida.

Cloward introduce en 1943 el procedimiento de fusión intersomática por vía posterior (PLIF) (113). Las ventajas del procedimiento incluyen proporcionar soporte a la columna anterior, aumentar el área de fusión, restaurar la altura discal y descomprimir los elementos neurales. Diferentes dispositivos han sido utilizados, como implantes de fibra de carbono, titanio o PEEK (polieter-eter-cetona) en diferentes tamaños y longitudes, fijos o expansibles. Harms et al. en 1998 describen el procedimiento de fusión intersomática por vía transforaminal (TLIF), con la mismas ventajas del procedimiento PLIF disminuyendo los riesgos de lesión dural y radicular (114).

El objetivo del tratamiento quirúrgico es la consecución de una fusión sólida, evaluada mediante técnicas de imagen. Sin embargo, no siempre existe una correlación entre fusión sólida radiológica y resultado clínico.

Para la valoración radiológica de la fusión numerosas escalas han sido establecidas con criterios variables según la técnica utilizada. Para evaluar la artrodesis posterolateral, Lenke et al., en la valoración de resultados de pacientes intervenidos mediante artrodesis in situ por espondilolistesis con lisis ístmica, establecen cuatro patrones de fusión (Tabla 8) (59).

Tabla 8. Criterios de fusión radiológica de Lenke y Bridwell (59).

| Grado | Descripción |
|---------------------------|--|
| Fusión sólida | Gran puente trabecular óseo bilateral. |
| Fusión posible sólida | Gran masa de fusión unilateral y pequeña contralateral. |
| Fusión probable no sólida | Pequeña o delgada masas de fusión bilateral con aparente hendidura. |
| Fusión no sólida | Gran reabsorción bilateral o masa de fusión con aparente pseudoartrosis. |

Fischgrund et al. definen como artrodesis al final del seguimiento en el estudio radiológico la presencia de masa de fusión continua entre los procesos transversos de la vertebra cefálica y caudal. Pseudoartrosis se define como la presencia de discontinuidad en la masa de fusión ó la presencia en radiografías laterales en flexo-extensión de una diferencia de más de 2° en la apertura discal entre los platillos vertebrales superior e inferior ó más de 2 mm de traslación en el segmento fusionado (115).

Los criterios que definen la fusión circunferencial también han sido descritos por numerosos autores. Brantigan et al. definen los criterios radiológicos tras la realización de un proceso de fusión lumbar con implantes intersomáticos vía PLIF, estableciendo cinco grados: pseudoartrosis, posible pseudoartrosis, fusión incierta, fusión probable y fusión segura (Tabla 9) (116).

Tabla 9. Criterios de fusión radiológica de Brantigan (116).

| Grado | Descripción |
|-------------------------------|---|
| Pseudoartrosis | Pérdida de altura discal, colapso, deslizamiento vertebral, rotura de implantes, desplazamiento del implante intersomático o reabsorción del injerto. |
| Probable Pseudoartrosis | Reabsorción del injerto o radiolucencia mayor visible en el área de fusión (≥ 2 mm alrededor del implante intersomático). |
| Estadio radiográfico incierto | Injerto óseo visible en el área de fusión con densidad aproximada a la observada durante la intervención. Pequeña radiolucencia o gap puede ser visible afectando una porción del área de fusión con al menos la mitad del injerto mostrando radiolucencia entre injerto y hueso. |
| Probable fusión radiográfica | Puentes óseos en el área de fusión con la misma densidad que la observada durante la intervención. Ausencia de radiolucencia entre el injerto y el cuerpo vertebral. |
| Artrodesis | El hueso en el área de fusión es más denso y más maduro que el observado durante la intervención. Ausencia de interfase entre el injerto y el cuerpo vertebral. Una banda esclerótica entre el injerto y el cuerpo vertebral indica fusión. |

Diedrich et al. establecen los criterios de fusión modificando levemente los criterios de Brantigan: presencia de trabéculas óseas dentro del implante, puente óseo alrededor del implante, cambios en la densidad dentro del implante, líneas de esclerosis en los platillos vertebrales y fusión posterolateral definida como la presencia de puente óseo intertransverso (117).

Hackenberg et al. establecen cuatro criterios de fusión: presencia de puente óseo anterior y posterior, continuidad ósea entre platillos vertebrales superior e inferior, estructura trabecular en el injerto anterior y ausencia de líneas radiolucientes alrededor del injerto anterior. Consideran como segmento fusionado la presencia de tres de los signos, probablemente fusionado si existen dos signos, probablemente no fusionado si sólo existe uno de los signos y pseudoartrosis con aflojamiento de implantes si no existe ninguno (118).

Lee et al. en un estudio de cirugía PLIF para tratamiento de 18 pacientes con espondilodiscitis piógena establecen cuatro grados de fusión: definitiva, probable, posible pseudoartrosis o definitiva pseudoartrosis (Tabla 10) (119).

Tabla 10. Criterios de Lee de fusión radiológica (119).

| Grado | Descripción |
|------------------------|---|
| Fusión definitiva | Puente óseo trabecular a través del injerto, sin movimiento en radiografías en flexoextensión y sin espacio en interfase. |
| Fusión probable | No puente trabecular, pero sin movimiento detectable y sin espacio en la interfase. |
| Posible pseudoartrosis | Sin puente trabecular, sin movimiento, pero espacio identificable en interfase. |
| Pseudoartrosis | Sin puente óseo trabecular, espacio definitivo y movimiento. |

Park et al. en un estudio comparativo tras cirugía TLIF mediante técnica abierta y MIS determinan como criterios de fusión la presencia de puente óseo intersomático, ausencia de movilidad en el segmento fusionado en radiografías laterales en flexo-extensión y ausencia de líneas radiolucientes continuas en el espacio intersomático, considerando un segmento fusionado cuando existen dos de los tres criterios (120).

1.3. COMPLICACIONES

1.3.1. Complicaciones médicas

La indicación de un procedimiento de cirugía espinal requiere establecer un adecuado balance entre riesgos y beneficios, informando al paciente de las complicaciones, que pueden tener un impacto negativo en los resultados. Aunque son conocidas las ventajas de un procedimiento de fusión con indicación adecuada, también son conocidas las complicaciones, que pueden condicionar un resultado de discapacidad o muerte. Los pacientes de edad avanzada a menudo refieren antecedentes de otras enfermedades, que pueden contraindicar o agravar el procedimiento. Los factores de riesgo pueden estar relacionados con el paciente y con el procedimiento (121).

1.3.1.1. Complicaciones respiratorias

Las complicaciones respiratorias incluyen intubación prolongada, neumonía, atelectasia, exacerbación de patología respiratoria previa o fallo respiratorio. Smetana en una revisión sistemática evalúa las odds ratio de diferentes factores, estableciendo los siguientes factores de riesgo de complicaciones: edad avanzada, enfermedad crónica pulmonar, fumadores, pacientes dependientes, grado de riesgo anestésico ASA (American Society of Anesthesiologists), obesidad, asma, diabetes y apnea del sueño. La duración del procedimiento (más de 3-4 horas), la localización (intratorácica, abdominal o pélvica), la anestesia general y la cirugía de urgencia aumentan el riesgo de complicaciones respiratorias (122).

1.3.1.2. Complicaciones renales

Las complicaciones renales pueden ser leves alteraciones de electrolitos e infecciones urinarias. Las complicaciones más graves, como síndrome de secreción inadecuada de ADH (SIADH), se han relacionado con cirugías prolon-

gadas y grandes pérdidas hemáticas. La insuficiencia renal aguda, durante el procedimiento quirúrgico o en el postoperatorio, se asocia a gran morbilidad a corto plazo, con necesidad de diálisis y mortalidad de hasta el 50% de pacientes. Las mujeres tienen más alto riesgo de fracaso renal que los hombres con valores basales similares de creatinina. Los pacientes con hipertrofia prostática están más predispuestos a enfermedad urinaria obstructiva. La osteodistrofia renal puede predisponer a pérdida de fijación de implantes.

1.3.1.3. Complicaciones cardiovasculares

Las complicaciones cardiovasculares incluyen arritmias, infarto de miocardio, fallo cardíaco y embolismo. Éstas se han relacionado con la duración y complejidad del procedimiento, pero las técnicas más recientes de vertebroplastia y cifoplastia también se han descrito como factores de riesgo. La trombosis venosa profunda se ha relacionado con factores individuales de hipercoagulabilidad y antecedentes de enfermedad tromboembólica, con incidencia variable. En pacientes con cirugía de doble abordaje, anterior y posterior, se ha descrito un riesgo aumentado frente a cirugía posterior única, relacionado con la movilización de grandes vasos en la vía anterior. Las medidas farmacológicas de profilaxis con heparina de bajo peso molecular y medidas mecánicas de compresión se han mostrado útiles. El tromboembolismo pulmonar relacionado con procedimientos de vertebroplastia y cifoplastia no es infrecuente y se ha relacionado con la presurización del cemento, en el tratamiento de fracturas vertebrales, lesiones hematológicas y metástasis. El infarto de miocardio se ha descrito con una incidencia de 1-5%. El riesgo de infarto ha sido revisado mediante el Índice Revisado de Riesgo Cardíaco (123). La estenosis aórtica y mitral se ha relacionado con complicaciones peri-operatorias y riesgo de arritmias. La hipertensión arterial aislada no se ha descrito como factor de riesgo peri-operatorio de complicaciones, excepto para tensión arterial sistólica superior a 180 mmHg y diastólica de 110 mmHg.

1.3.1.4. Complicaciones neurológicas

Las complicaciones neurológicas, sobre todo el delirio, han sido descritas con intensidad e incidencia variable (0-73,5%), y varían desde alteraciones confusionales moderadas hasta cuadros psicóticos. La edad, alteraciones cognitivas previas y el uso de medicación anticolinérgica han sido relacionados con la aparición de delirio. La estancia en unidades de cuidados intensivos también puede ser un factor de riesgo de desarrollo de delirio postoperatorio.

1.3.1.5. Alteraciones nutricionales y endocrinas

Las alteraciones nutricionales y endocrinas también se han relacionado con complicaciones postoperatorias. Los niveles bajos de albúmina preoperatorios se han descrito como factor de riesgo de morbilidad y mortalidad peri-operatorios. Los valores de glucosa elevados en pacientes diabéticos predisponen a mayor riesgo de infecciones, neumonía y mortalidad hospitalaria. La obesidad no se ha mostrado como factor de riesgo, sin embargo el aumento del índice de masa corporal se relaciona con aumento del número de complicaciones.

Schoenfeld et al. analizan de forma retrospectiva los factores de riesgo de complicaciones peri-operatorias y mortalidad en un estudio de 3475 pacientes de la base de datos del Programa Nacional de Mejoría de Calidad Quirúrgica (EEUU). Un procedimiento de artrodesis espinal fue encontrado en 1.016 pacientes (29%), con artrodesis lumbar en 832 pacientes (24%). El estudio refiere la presencia de diabetes mellitus como comorbilidad más frecuente en el preoperatorio (14%). En el postoperatorio inmediato 407 complicaciones fueron documentadas en 263 pacientes (7,6%), con 265 complicaciones mayores (5.2%) en 179 pacientes y 142 complicaciones menores en 128 pacientes (3.7%). Como consecuencia del procedimiento fallecieron 10 pacientes (0,3%). La prevalencia de infecciones urinarias e infecciones de la herida qui-

rúrgica superficial o profunda fue del 2%, con un 1% de complicaciones cardiopulmonares, enfermedad tromboembólica y sepsis. Los factores de riesgo de mortalidad y la presencia de complicaciones mayores o menores fueron relacionados con el sexo femenino, la realización de un procedimiento de artrodesis, diabetes, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, patología cardíaca, insuficiencia renal, anomalías neurológicas previas, heridas contaminadas o infectadas, uso de corticoides, ASA>2 , edad avanzada y duración del procedimiento quirúrgico (124).

Kim et al. en un estudio retrospectivo multicéntrico de cohortes de 4.588 pacientes refiere como factor de riesgo independiente de aparición de complicaciones postoperatorias la duración del procedimiento. El número de complicaciones aumenta con la duración del procedimiento, siendo el doble el riesgo con duración de mas de 2-3 horas, frente a duración inferior a 2 horas. El riesgo de complicaciones aumenta de forma significativa cuando la duración es superior a 5 horas. La incidencia de complicaciones médicas aumenta de forma significativa cuando la duración es inferior a 2 horas (4,9%), frente a 23,15% cuando la duración es superior a 5 horas (125).

1.3.2. Complicaciones quirúrgicas

La mejoría de los sistemas de instrumentación, un mejor conocimiento de la anatomía vertebral asociada a las técnicas de imagen y el aumento progresivo en el número de procedimientos de fusión lumbar mediante instrumentación con mejoría de la técnica quirúrgica y curva de aprendizaje han contribuido a disminuir la incidencia de complicaciones relacionadas con los implantes. Sin embargo, aunque infrecuentes y en ocasiones sin repercusión clínica, las complicaciones pueden ser potencialmente graves (126,127).

1.3.2.1. Malposición de implantes

Castro et al. describen hasta un 40% de implantes pediculares mal posicionados incluso con utilización de fluoroscopia (128). La rotura de la cortical superior o externa del pedículo no suele asociarse a complicaciones, excepto pérdida de fijación. La rotura de la cortical medial e inferior del pedículo sí puede asociarse a roturas durales y lesiones radicales. Las complicaciones relacionadas con la instrumentación aumentan con cirugías complejas, multi-nivel o cirugías de revisión. La detección mediante el uso de electromiografía intraoperatoria se ha mostrado segura para prevenir lesiones neurológicas transitorias o irreversibles mediante retirada o cambio del implante. El uso de las recientes tecnologías, como el uso de fluoroscopia biplanar o TC intraoperatorio mediante neuronavegación, aseguran una posición adecuada de los implantes pediculares. La utilización de implantes intersomáticos por vía anterior o posterior también puede asociarse a complicaciones, que incluyen hundimiento en el cuerpo vertebral, retropulsión con posible afectación compresión dural o radicular, desplazamiento anterior con posible lesión vascular o fallo mecánico con pseudoartrosis y pérdida de lordosis, que pueden requerir cirugías de revisión, en ocasiones complejas.

1.3.2.2. Pseudoartrosis

Es una de las causas más comunes de fracaso de la cirugía espinal. La instrumentación usada en cirugía espinal no reemplaza los elementos óseos, simplemente estabiliza los segmentos elegidos durante el proceso de fusión. Es conocido el fracaso de la misma cuando no se consigue el objetivo de formación ósea, consecuencia de la fatiga del metal por fuerzas repetidas en flexoextensión e inclinación lateral, produciéndose aflojamiento con osteólisis, desanclajes, migraciones o rotura de implantes (tornillos, placas, barras). Factores biológicos relacionados con el paciente, como la edad, toma de corticoides, tabaco, enfermedad tumoral, radiación previa, diabetes, infecciones

y osteoporosis, pueden contribuir a una pérdida de fijación, incrementando la incidencia de no unión y comprometiendo el resultado final. Factores biomecánicos relacionados con un desequilibrio coronal o sagital postoperatorio inadecuados o cifosis toracolumbar residual pueden crear fuerzas de tensión o cizallamiento sobre los implantes y la zona de fusión, especialmente en zonas de transición toracolumbar y lumbosacra.

Una historia y exploración clínica adecuadas durante el seguimiento pueden ayudar al diagnóstico si persiste clínica dolorosa. El estudio mediante radiología simple con proyecciones anteroposterior, lateral y oblicuas puede identificar signos indirectos de falta de unión (rotura de implantes, aflojamiento de anclajes, osteólisis alrededor de los tornillos, progresión de la deformidad o colapso discal de los segmentos proximales o distales a la instrumentación). Algunos autores definen pseudoartrosis como falta de unión al año postoperatorio con ausencia de visualización de puente óseo entre dos vértebras contiguas o la presencia de movilidad intersegmentaria en radiografías en flexo-extensión. Sin embargo, se considera la TC como el método de elección para confirmar la presencia o ausencia de puentes óseos. El tipo de instrumentación pueden provocar artefactos del estudio, menores con el uso de instrumentaciones de titanio que con los primeros implantes de acero. La incidencia de pseudoartrosis es variable según los criterios de valoración y el tipo de procedimiento.

Aunque algunos factores no pueden ser modificados, incrementándose el riesgo de fracaso, sí deben considerarse los siguientes aspectos para disminuir la incidencia de pseudoartrosis:

- Selección adecuada del paciente.
- Meticulosa preparación del lecho de fusión con exposición y decorticación adecuada de elementos posteriores facetarios.
- El uso de autoinjerto (espina iliaca y campo quirúrgico), cuando es posible, se consideran el “gold standard”.

- En fusiones largas o escasa cantidad de autoinjerto la utilización de aloinjertos, matriz ósea desmineralizada (DMB) o proteína morfogenética ósea (BMP) pueden ser alternativas.
- En presencia de osteoporosis la utilización de técnicas de refuerzo con polimetilmetacrilato (PMMA) o tornillos fenestrados con cemento o expansibles pueden reducir el pull-out.
- En instrumentaciones largas que incluyen el espacio L5-S1 la fusión intersomática del espacio L5-S1 asociada a la fijación pélvica con tornillos iliacos reduce las fuerzas de tensión sobre los tornillos sacros.
- Técnica de fusión: procedimientos de fusión circunferencial se asocian a mayor índice de fusión (91%) frente a posterolateral instrumentada (87%) y posterolateral no instrumentada (72%) (129).

1.3.2.3. Lesión neurológica

Las lesiones neurológicas durante el procedimiento de cirugía lumbar no son infrecuentes, aunque la mayoría son menores y transitorias. Según su localización las lesiones pueden ser medulares, como medular, ganglio dorsal y radiculares. Una técnica meticulosa debería evitar la mayoría de las lesiones, pero su incidencia aumenta con la realización de procedimientos complejos o cirugías de revisión. El reconocimiento inmediato de la posible lesión, así como las medidas correctoras, pueden minimizar las consecuencias a largo plazo.

Las lesiones más comunes son las roturas dures, con incidencia variable según la complejidad del procedimiento realizado (3,5-7,6 % en discectomías primarias, 8,5 % en laminectomías por estenosis de canal y 13,2-15,9 % en cirugías de revisión). El reconocimiento precoz con reparación dural primaria mediante sutura, gel de fibrina e injertos dures con musculo o grasa, no interfiere en el resultado final de la cirugía. Las lesiones irreparables o fistulas dures pueden requerir la utilización de drenajes subaracnoideos. Sin embargo, reparaciones insuficientes o no reconocidas se asocian a pseudomeningoceles,

aracnoiditis, lesión nerviosa y fístulas que pueden resultar en meningitis o abscesos epidurales.

Las lesiones intraoperatorias de la raíz nerviosa y ganglio dorsal pueden ocurrir durante discectomías o laminectomías por retracción excesiva, laceración o contusión directa. Las lesiones indirectas ocurren hasta en un 3.1 % de pacientes con espondilolistesis de alto grado como resultado de las maniobras de reducción. Las lesiones directas relacionadas con la instrumentación pueden asociarse a la posición extrapedicular de tornillos o malposición de ganchos y alambres sublaminares con lesión simultánea radicular, medular o cono medular. Las lesiones neurológicas tardías pueden deberse a adherencias, hematomas epidurales o inestabilidad secundaria postlaminectomías, con posible síndrome de cauda equina o estenosis central o foraminal.

1.3.2.4. Lesiones vasculares

Las lesiones vasculares relacionadas con la cirugía lumbar pueden tener consecuencias catastróficas inmediatas y a largo plazo. La causa más frecuente de pérdida hemática se relaciona con el sangrado durante la disección muscular, sangrado óseo con la preparación del lecho de artrodesis y sangrado de vasos epidurales durante el procedimiento de descompresión. Las complicaciones relacionadas con el sangrado excesivo aumentan con la duración y complejidad del procedimiento. La isquemia del nervio óptico secundaria a sangrado >3600 cm³ y duración del acto quirúrgico mayor de 7 horas se ha descrito como potencial complicación relacionada con la hipotensión y el aumento de la presión extraocular (130). Con menor frecuencia han sido descritas lesiones de la arteria glútea superior o sus ramas, a nivel de la escotadura ciática, relacionadas con exposiciones amplias durante la toma del injerto en la espina iliaca posterosuperior.

Las lesiones vasculares mayores durante el procedimiento de cirugía

abierta por vía anterior han sido descritas con una frecuencia de 2,9 hasta 15,6%. Estas aumentan con determinados procedimientos, como cirugía de revisión, infecciones, espondilolistesis, anomalías de transición lumbosacras o desplazamiento de dispositivos intersomáticos. Las lesiones más frecuentes incluyen laceraciones de las venas ilíacas, vena cava y vena ilio-lumbar, debido a su posición anatómica. Las lesiones vasculares como trombosis de la arteria ilíaca o laceraciones de la vena ilíaca por vía laparoscópica también han sido descritas con incidencia de complicaciones similares a la cirugía abierta y probablemente relacionadas con la curva de aprendizaje de la técnica.

Las lesiones vasculares mayores por vía posterior son infrecuentes pero posibles y pueden tener consecuencias catastróficas, siendo causadas por la violación del anillo o pared vertebral anterior en discectomías por vía posterior. Lesiones diferidas como pseudoaneurismas han sido descritas relacionadas con la erosión de la pared vascular por la malposición o prominencia anterior por longitud excesiva del tornillo pedicular.

1.3.2.5. Infecciones

La infección postoperatoria se ha descrito como una de las complicaciones más temibles tras un procedimiento de fusión, con repercusiones que pueden complicar el resultado (131).

La incidencia es variable con un rango de 1-14%, relacionándose la misma con la complejidad del procedimiento y siendo baja en cirugía primaria para procedimientos simples de discectomía (2%), descompresión simple para estenosis de canal lumbar (2,5%) o espondilolistesis degenerativa (4%). Aumentan de forma significativa cuando se realizan procedimientos complejos o cirugías de revisión (8,5-12%). Aunque se ha descrito menor incidencia de infección postoperatoria tras la realización de técnicas mínimoinvasivas para

fusiones cortas, los resultados no son concluyentes, no encontrándose diferencias en procedimientos de fusión multinivel.

Los factores de riesgo relacionados con el paciente han sido descritos como predisponentes para infección postoperatoria. Las enfermedades neurológicas, patología cardíaca, enfermedad pulmonar, abuso de drogas, diabetes mellitus, obesidad, enfermedad tumoral e hipertensión se han descrito como factores de riesgo significativos. La cirugía electiva muestra grados de incidencia variable de infección postoperatoria en relación con el diagnóstico (1,4% en procedimientos degenerativos frente a 4,2% en tratamiento de deformidades). También se ha demostrado mayor incidencia cuando se compara cirugía electiva (3,7%) frente a cirugía urgente por patología traumática (9,4%). Además, las características del procedimiento en las que se requiere cirugía compleja o procedimientos de revisión han mostrado un incremento significativo de la incidencia, relacionada con mayor disección muscular, pérdidas hemáticas y duración del procedimiento como factores peroperatorios predisponentes.

El diagnóstico de infección postoperatoria debe basarse en signos clínicos, como dolor persistente o de nueva aparición con signos inflamatorios locales y fiebre. La presencia de drenaje de la herida en la segunda semana postoperatoria se ha relacionado con infección postoperatoria en 67% de los casos. Los estudios de laboratorio con marcadores específicos pueden ayudar a sospechar la presencia de infección, como leucocitosis, proteína C reactiva, procalcitonina o amiloide A con grados de sensibilidad y especificidad variables, relacionados con los cultivos positivos del exudado.

La profilaxis intraoperatoria puede resultar esencial en la disminución de infección postoperatoria. La preparación de la piel con limpieza previa a la incisión mediante clorhexidina se ha mostrado más efectiva que la utilización de povidona yodada. La detección de roturas de paños quirúrgicos y guantes o mala esterilización de instrumental e implantes quirúrgicos

debe ser detectada, así como la protección adecuada si se usa fluoroscopia. El mantenimiento de drenaje postoperatorio se ha relacionado con mayor incidencia de infección (mayor con duración 5,1 días frente a 4,3 días). La irrigación de la herida durante el procedimiento con povidona yodada se ha mostrado eficaz en la reducción de infección postoperatoria en algunos estudios (132). El uso de antibiótico local en el lecho quirúrgico mediante vancomicina en polvo y microesferas de gentamicina también ha mostrado ser de utilidad en la reducción de infección postoperatoria en estudios recientes.

El tratamiento de la infección postoperatoria incluye la detección precoz, con desbridamiento y limpieza quirúrgica del exudado, retención de los dispositivos, con cierre primario de la herida y uso de sistemas de drenaje o cierre diferido tras el uso de terapia de vacío (VAC) asociados al uso de antibioterapia intravenosa tras confirmación microbiológica del germen contaminante. Tras la curación de la herida, pueden requerirse procedimientos de reconstrucción para cobertura mediante colgajos de trapecio o musculatura paraespinal.

1.3.3. Degeneración del segmento adyacente

1.3.3.1. Terminología

Hilibrand et al. utilizan el término degeneración del segmento adyacente (ASDeg) para describir los cambios radiológicos vistos en niveles adyacentes a un proceso de fusión previa, no relacionados con los hallazgos clínicos, y el término enfermedad del segmento adyacente (ASDis) para referir los nuevos síntomas clínicos relacionados con los cambios radiológicos en los niveles adyacentes a la fusión. Ambos términos deberían clasificarse como deterioro del segmento adyacente (ASDet) (133). Anderson et al. describen los cambios que ocurren en el segmento adyacente a un nivel fusionado como patología del segmento adyacente (ASP), siendo los cambios radiológicos agrupados en el

acrónimo RASP, y los signos y síntomas clínicos asociados a las alteraciones radiológicas como CASP (134).

1.3.3.2. Definición

La degeneración del segmento adyacente (DSA) tras un procedimiento de fusión lumbar se define como la condición en la cual los pacientes muestran una mejoría tras el primer procedimiento durante al menos 6 meses y de nuevo desarrollan síntomas que son compatibles con las lesiones radiológicas en segmentos adyacentes a la fusión (135).

Gillet en estudio retrospectivo de 149 pacientes, tratados en un periodo de siete años mediante un procedimiento de fusión posterolateral con seguimiento de 2-15 años, describe las llamadas potenciales alteraciones del segmento adyacente móvil (AMSAs): estrechamiento del espacio discal, signo del vacío discal, osteofitos, aparición ó incremento de retrolistesis degenerativa, anterolistesis ó luxación rotatoria, estenosis espinal debida a hipertrofia facetaria, abombamiento discal o ligamentoso, inestabilidad con pérdida de la alineación del raquis estática o dinámica y deshidratación discal (RM) (136).

Park et al. en un estudio de revisión sistemática define degeneración del segmento adyacente como cualquier alteración en el segmento próximo a una zona fusionada. Degeneración discal, listesis (anterolistesis o retrolistesis), inestabilidad, artrosis facetaria, hernia discal, estenosis, escoliosis o fractura vertebral pueden observarse en el segmento adyacente a la zona de fusión. Con menos frecuencia el segmento dañado puede ser superior o inferior no contiguo al segmento fusionado (137).

1.3.3.3. Biomecánica

La mayoría de los estudios publicados en modelos animales, in vitro y

modelos validados de elementos finitos, concluyen que un procedimiento de fusión de uno ó varios segmentos móviles raquídeos determina cambios biomecánicos en el resto de la columna, que se traducen en aumento de movilidad intervertebral y aumento de presión discal y de las cargas facetarias en los segmentos no fusionados. Estudios experimentales en columnas lumbosacras de cadáver humano han demostrado diferentes grados de rigidez en los segmentos fusionados, así como cambios en el centro de rotación de los segmentos superiores no fusionados, con grados variables de sobrecarga facetaria (138).

1.3.3.4. Degeneración previa

Permanece controvertido si la degeneración del segmento adyacente es consecuencia de la fusión espinal o es resultado de la evolución natural del proceso degenerativo y la aparición de cambios podría ocurrir sin presencia de fusión previa. El origen multifactorial podría influir en su desarrollo, mencionándose factores genéticos predisponentes, alteraciones anatómicas, la colocación de implantes y los cambios biomecánicos determinados por la instrumentación (139).

1.3.3.5. Factores predisponentes y factores relacionados

Se han descrito como factores predisponentes o dependientes del paciente la edad, el sexo, la horizontalización de la lámina y el tropismo facetario del segmento superior en el nivel inmediato al instrumentado, y como factores relacionados o potencialmente modificables la técnica de fusión, la realización de laminectomía descompresiva, la lesión de la faceta superior del último nivel instrumentado, el número de niveles instrumentados, la fusión lumbar hipoloródica y la pérdida del equilibrio sagital.

La horizontalización de la lámina se define como el ángulo formado por la línea que une el borde superior de la faceta superior con el borde inferior

de la faceta inferior y la línea recta que conecta el borde anterior y posterior del cuerpo vertebral. El tropismo facetario es definido como la diferencia en grados entre el ángulo formado por la línea tangencial de la articulación facetaria izquierda y derecha y la línea media a través de la apófisis espinosa y el centro del disco. Láminas horizontales con angulación superior a 130° y tropismo facetario mayor de 10° se han relacionado con degeneración precoz del segmento proximal en pacientes con fusión circunferencial L4-L5 (140).

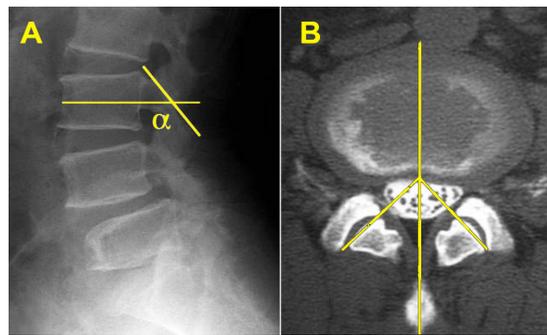


Figura 25. Medida del ángulo de horizontalización de la lámina y tropismo facetario según Okuda (139).

La realización de laminectomía como técnica de descompresión de elementos neurales se asocia al procedimiento de fusión en casos de estenosis de canal lumbar. La técnica puede requerir la resección del ligamento interespinoso del nivel superior, comprometiendo la estabilidad del segmento proximal por alteración de la banda de tensión posterior. Chen et al. en un estudio experimental en modelo porcino demuestra el efecto protector del ligamento interespinoso, siendo menor la movilidad en flexoextensión del segmento proximal cuando se preserva el mismo (141). Lai et al. en un estudio clínico compara la incidencia de degeneración del segmento proximal a los 6 años, observando una incidencia de degeneración del segmento proximal de 6,5% cuando se preserva el ligamento interespinoso del segmento proximal frente a 24,3% cuando no permanece íntegro (142). Ekman et al. en estudio aleatori-

zado de pacientes intervenidos por espondilolistesis compara la incidencia de degeneración del segmento proximal cuando se realiza fusión in situ frente a fusión más laminectomía. A los 12,5 años, la incidencia en el grupo de fusión in situ fue de 4,5%, frente al 47% en el grupo con laminectomía (97).

La técnica de fusión determina grados variables de rigidez, que tendrían repercusión en los segmentos móviles adyacentes. Sudo et al. en estudio in vitro en modelo bovino demuestran que la fusión intersomática aumenta la rigidez del segmento fusionado con mayor transmisión de stress a los segmentos no fusionados, comparado con un procedimiento de fusión posterolateral (143).

La lesión de la articulación facetaria del nivel superior instrumentado con el tornillo pedicular se ha señalado como factor predisponente de degeneración del segmento proximal no instrumentado. Estudios experimentales en cadáver muestran aumento de cambios en el segmento superior relacionados con la instrumentación vertebral. Cardoso et al. en un estudio de columnas in vitro muestran cambios significativos, especialmente con rotación del nivel superior, cuando se provoca violación facetaria. Estos cambios son mayores cuando la violación facetaria es bilateral, aumenta el número de niveles fusionados y se asocia laminectomía en el último nivel fusionado, alterando la banda de tensión posterior. Aunque parecen demostrados los efectos por la alteración biomecánica de sobrecarga de los segmentos superiores, la lesión directa de la articulación facetaria del último nivel instrumentado podría tener un efecto inmediato en el inicio de degeneración del segmento proximal (144). Baorong et al. en estudio reciente randomizado de pacientes intervenidos mediante con artrodesis PL compara la incidencia de degeneración del segmento proximal utilizando dos técnicas de inserción de tornillos pediculares. Un punto de entrada del tornillo más lateral (técnica de Magerl) se asocia a menor incidencia de degeneración del segmento proximal (51,6%), frente a una técnica de inserción más medial (técnica de Du), con incidencia de 72,4% (145). Aunque se han propuesto las técnicas percutáneas y MIS como posibles protectoras de

la lesión facetaria, Park et al. refieren mayor incidencia de lesión facetaria del segmento superior instrumentado con técnicas minimoinvasivas o percutáneas que con cirugía abierta (146).

El número de segmentos fusionados también ha demostrado ser un factor de riesgo en el desarrollo de degeneración de segmentos libres, debido al aumento del brazo de palanca que suponen los segmentos rígidos sobre los segmentos no fusionados. Penta et al. no refieren aumento de complicaciones en segmentos superiores al nivel instrumentado (147). Sin embargo, Etebar y Cahill en el estudio retrospectivo de 125 pacientes observaron que un 78% de los casos que desarrollaron degeneración del segmento adyacente tenían dos o más segmentos fusionados (148). Wimmer et al. en un estudio retrospectivo comparativo de pacientes con fusión mono o polisegmentaria encuentran diferencias significativas entre ambos grupos en la aparición de inestabilidad o translación >3mm en segmentos superiores (149). Rahm y Hall en un estudio retrospectivo de 60 pacientes intervenidos mediante artrodesis posterolateral con diagnóstico de columna degenerativa o inestabilidad, encuentran mayor incidencia de degeneración de segmentos proximales en fusiones polisegmentarias, aunque no mayor incidencia de estenosis (150).

La disminución de la lordosis lumbar y la pérdida del equilibrio sagital fisiológico postoperatorios se han relacionado con el riesgo de degeneración de segmentos libres. Estudios recientes refieren la importancia de restaurar o mantener una lordosis lumbar adecuada o proporcional a la incidencia pélvica (48). El riesgo de desequilibrio sagital tras un proceso de fusión lumbar aumenta con fusiones hipolordóticas, que se agrava si existe degeneración previa en segmentos transicionales superiores ó inferiores (151). Akamaru et al. en fusiones hipolordóticas simuladas L4-L5 en cadáver muestran un aumento de movilidad en flexo-extensión del segmento adyacente proximal L3-L4, con diferencias significativas frente a fusión in situ o hiperlordótica (152). Oda et al. en un estudio in vivo en modelo ovino demuestran cambios degenerativos

facetarios en el segmento superior tras fusión cifótica en segmentos inferiores (153). Umehara et al. muestran en un estudio in vivo hiperlordosis en segmentos superiores compensadora de fusión hipolordótica en segmentos inferiores (154).

1.3.3.6. Sistemas de protección

Aunque permanece como patrón oro el procedimiento de fusión para tratamiento del dolor lumbar tras fracaso del tratamiento conservador, la aparición de complicaciones relacionadas con el procedimiento, sobre todo la degeneración del segmento adyacente, ha hecho surgir en los últimos años la aparición de los llamados sistemas de protección del segmento enfermo o sintomático mediante procedimientos de no fusión, con intento de preservación de la función del segmento. Sengupta y Herkowitz en un estudio de revisión clasifican los dispositivos de preservación de la movilidad en dispositivos protésicos (prótesis total de disco, prótesis de núcleo pulposo y prótesis facetaria) y dispositivos de estabilización (dispositivos interespinosos, dispositivos no metálicos con tornillos pediculares, dispositivos metálicos con tornillos pediculares y dispositivos híbridos) (155).

La prótesis de disco (TDA)

La prótesis de disco lumbar surge como alternativa a la artrodesis del segmento enfermo, para mantener la movilidad del mismo, con disminución del soporte de cargas, y disminuir las complicaciones relacionadas con el procedimiento de fusión, sobre todo el disco adyacente. En EEUU la prótesis de disco lumbar ha sido aprobada para el dolor discogénico aislado sin inestabilidad. La indicación se reserva para pacientes jóvenes con un nivel afectado y evidencia de enfermedad discal degenerativa en RM o TC tras fracaso de tratamiento conservador durante al menos 6 meses. Las contraindicaciones son la presencia de estenosis, artrosis facetaria, espondilólisis ó espondilolistesis, dolor

radicular secundario a hernia discal, escoliosis, osteoporosis, uso crónico de esteroides, fracturas, embarazo e infección.

Dispositivos interespinosos

La indicación primaria de los dispositivos interespinosos es el tratamiento de la claudicación neurógena secundaria a estenosis espinal, actuando como limitadores de extensión con descompresión indirecta o disminuyendo la presión discal con alivio de los síntomas. Pueden ser metálicos, fabricados en titanio (X-Stop, Co-Flex) y no metálicos, con composición de PEEK (Wallis) e implantados mediante de técnica abierta o percutánea.

Dispositivos de fijación dinámica

El principio de los sistemas de estabilización dinámica es la distribución uniforme de las cargas en el segmento vertebral enfermo y disminuir la movilidad anormal con mínima pérdida del rango de movimiento.

Según su diseño se han clasificado en dispositivos no metálicos (Ligamento de Graf, Dynesis y Transition), metálicos (BioFlex, Stabilimax NZ y Cosmic) e híbridos (CD Horizon Agile y NFlex). Se han establecido como indicaciones primarias: el tratamiento de la inestabilidad relacionada con enfermedad discal o espondilolistesis degenerativa y la prevención de la degeneración del segmento adyacente con signos incipientes de degeneración al segmento fusionado (“topping off”). Como indicación secundaria: prevenir la inestabilidad espinal relacionada con laminectomía y conseguir la fusión sin la rigidez de los sistemas convencionales de fusión.

2. HIPÓTESIS

En los primeros años tras la realización de un procedimiento de fusión lumbar con osteosíntesis transpedicular y/o intersomática en pacientes con diagnóstico de columna degenerativa o inestabilidad, al menos el 50% de los mismos presentan degeneración del segmento adyacente, según criterios radiológicos, y en al menos uno de cada cinco la reaparición de los síntomas requiere un procedimiento quirúrgico de revisión.

La incidencia de degeneración del segmento adyacente depende de factores como el motivo de la intervención, el tipo de fusión, el número de niveles fusionados, el tipo de instrumentación, el grado de lordosis, la degeneración previa y las características demográficas de los pacientes.

3. OBJETIVO

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la incidencia de degeneración del segmento adyacente, así como los factores relacionados con su aparición, tras la realización de un procedimiento de fusión lumbar con osteosíntesis transpedicular y/o intersomática en pacientes con diagnóstico de columna degenerativa o inestabilidad.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar y describir los cambios radiológicos y en RM en el segmento o segmentos adyacentes a la artrodesis.
- Comprobar si el motivo de la intervención, el tipo de fusión, el número de niveles fusionados, el tipo de instrumentación, el grado de lordosis, la degeneración previa y las características demográficas repercuten en los cambios radiológicos tras la intervención.
- Determinar en qué medida los cambios son asintomáticos, o repercuten en la situación clínica, precisando un nuevo procedimiento quirúrgico.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. DISEÑO

Se trata de un estudio observacional longitudinal de carácter retrospectivo llevado a cabo en una cohorte de pacientes intervenidos mediante un procedimiento de fusión lumbar para el tratamiento de patología degenerativa o inestabilidad de la columna lumbar, con al menos un año de seguimiento en el periodo comprendido entre enero de 2006 y diciembre de 2010.

4.2. SUJETOS DE ESTUDIO

Los sujetos de estudio fueron pacientes sometidos a un proceso de fusión lumbar en la Unidad de Raquis del Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica del Complejo Hospitalario Universitario de Albacete (CHUA).

4.2.1. Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión fueron:

- Pacientes diagnosticados de alguna de las siguientes enfermedades: enfermedad discal degenerativa, espondilolistesis degenerativa, estenosis de canal lumbar, espondilolistesis por lisis ístmica con cambios degenerativos y escoliosis lumbar degenerativa.

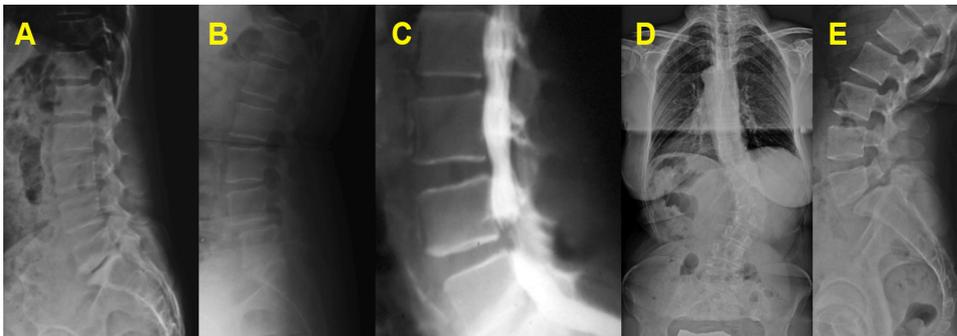


Figura 26. Indicaciones de fusión: A) Enfermedad discal degenerativa. B) Espondilolistesis degenerativa. C) Estenosis de canal. D) Escoliosis lumbar degenerativa. E) Espondilolistesis por lisis ístmica.

- Pacientes intervenidos bajo anestesia general, en mesa radioluciente, con miembros inferiores en extensión, mediante abordaje posterior y disección subperióstica de la musculatura paravertebral.



Figura 27. Posición intraoperatoria del paciente para procedimiento de fusión lumbar.

- Pacientes intervenidos mediante alguna de las siguientes técnicas quirúrgicas: artrodesis posterolateral instrumentada con tornillos pediculares (PL), artrodesis circunferencial con tornillos pediculares e implantes intersomáticos (PLIF) ó combinada (PL+PLIF) con hueso autólogo obtenido del campo quirúrgico y/o de espina iliaca posterosuperior.

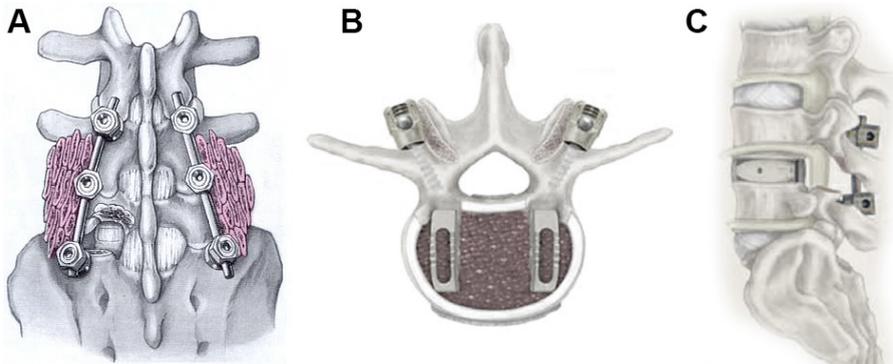


Figura 28. Tipos de fusión: A) Artrodesis posterolateral (PL). B-C) Artrodesis circunferencial (PLIF).

- Pacientes en los que los sistemas de fijación sean dispositivos con tornillos pediculares con conectores laterales o sistemas de fijación con tornillos monoaxiales y poliaxiales e implantes para fusión intersomática de polietileno-eter-cetona (PEEK).



Figura 29. Tipo de instrumentación: Tornillos poliaxiales y tornillos con conector lateral. Implante intersomático para fusión PEEK.

- Pacientes intervenidos en el periodo comprendido entre enero de 2006 y diciembre de 2010.

4.2.2. Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión considerados fueron:

- Pacientes intervenidos mediante fusión lumbar por otras condiciones no mencionadas en los criterios de inclusión: patología traumática, deformidades, tumores, infecciones o pacientes con cirugía de revisión.
- Pacientes fallecidos antes de la última evaluación clínica y radiológica.
- Pacientes cuyo estudio radiológico se consideró no adecuado.
- Pacientes que no aceptaron la participación en el estudio.
- Pacientes no localizados.

4.2.3. Cálculo del tamaño muestral

Para una proporción esperada de pacientes con síntomas relacionados con degeneración del segmento adyacente equivalente al 20%, una confianza del 95% y una precisión de $\pm 5\%$, el tamaño muestral estimado fue de 246 pacientes, el cual se incrementó en un 10% para compensar las previsibles pérdidas, en total 271 pacientes. Dicho tamaño muestral fue calculado mediante el programa estadístico EPIDAT 3.1.

4.2.4. Definición de las variables

Se consideró como variable principal la degeneración de segmento adyacente en función de criterios clínicos y radiológicos, entendida como la condición en la cual los pacientes muestran una mejoría tras el primer procedimiento durante al menos 6 meses y de nuevo desarrollan síntomas compatibles con lesiones radiológicas en el segmento adyacente a la fusión.

Los criterios clínicos considerados fueron:

- Reparición de dolor lumbar.
- Reparición de dolor radicular.
- Claudicación neurógena.

La reaparición de los síntomas fue considerada según las escalas de dolor (EVA/EN) (68) y discapacidad (ODI) (70), con mejoría clínica tras el procedimiento de fusión y reaparición de los síntomas tras un periodo de mejoría en el seguimiento.

- Intensidad del dolor lumbar y en miembros inferiores, evaluada mediante escala visual analógica (EVA) y numérica (EN): puntuación de 0 (mínima intensidad del dolor) a 10 (máxima intensidad del dolor).
- Grado de discapacidad: medido mediante el índice de discapacidad de Oswestry (ODI), el cual constituye una de las herramientas específicas de medición de la discapacidad por dolor lumbar, tanto en la clínica como en estudios de investigación. De acuerdo con la publicación original, los resultados se agrupan en cinco categorías: 0-20 mínima, 20-40 moderado, 40-60 discapacidad grave, 60-80 incapacitado y 80-100 indica que el paciente está encamado o exagera sus síntomas. Se ha utilizado la versión validada 2.0. La FDA (U.S. Food and Drug Administration) ha elegido para el cuestionario de Oswestry una diferencia mínima de 15 puntos entre las evaluaciones preoperatoria y postoperatoria, como indicación de cambio mínimo en los pacientes sometidos a fusión espinal.

Los criterios radiológicos fueron:

- *Lordosis lumbar total* (LLT) preoperatoria y al final del seguimiento, medida en grados en radiografías laterales en bipedestación, determinada entre las líneas tangenciales del platillo superior de L1 y superior del sacro

según método de Cobb (89), medida mediante herramienta grados Raim-PC.

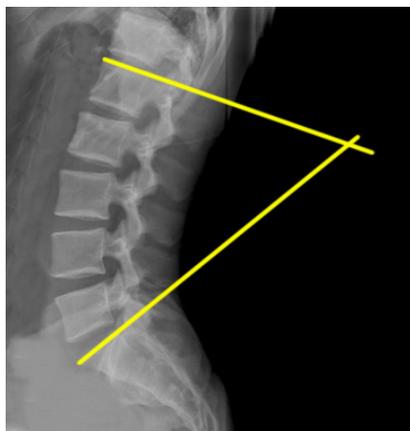


Figura 30. Medida de la lordosis lumbar total (LLT) L1-S1 según método de Cobb (89).

- *Lordosis lumbosacra* (LLS) preoperatoria y al final del seguimiento, medida en grados entre las líneas tangenciales del platillo superior de L4 y superior de S1, según método de Cobb (89), mediante herramienta grados Raim-PC.



Figura 31. Medida de la lordosis lumbar lumbosacra (LLS) L4-S1 según método de Cobb (89).

- *Listesis*, definida como deslizamiento de la vértebra superior sobre la inferior de ≥ 3 mm anterior (anterolistesis), posterior (retrolistesis) ó traslación lateral en radiografías AP y L en bipedestación, medida en milímetros mediante herramienta de medida Raim-PC.

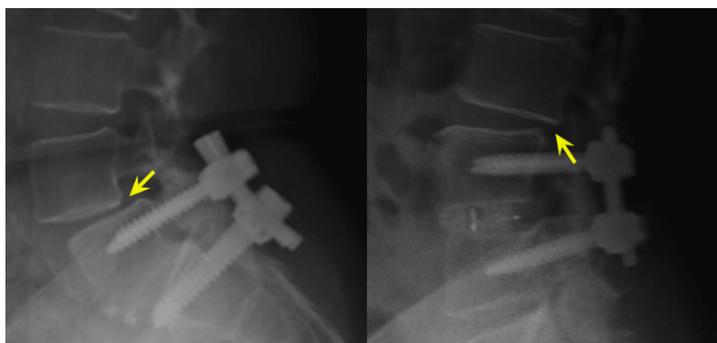


Figura 32. Anterolistesis L4-L5 tras fusión L5-S1 y retrolistesis L3-L4 tras fusión L4-L5.

- *Deformidad rotacional*, definida en el segmento superior e inferior según el método de Nash y Moe (Grados 1-4) en radiografías AP en bipedestación (103).

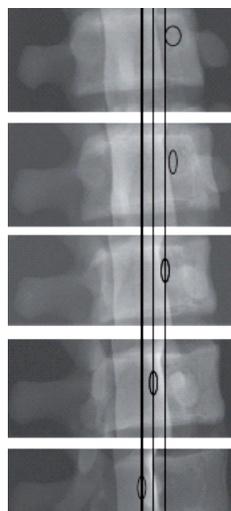


Figura 33. Grados de rotación vertebral según Nash-Moe (103).

- *Altura discal*, preoperatoria y al final del seguimiento de los discos lumbares superiores e inferiores no incluidos en la fusión, medida según el método de Farfan (altura en mm anterior y posterior del disco) y Miyakoshi (altura en mm de la parte central del disco) mediante herramientas de medida Raim-PC.

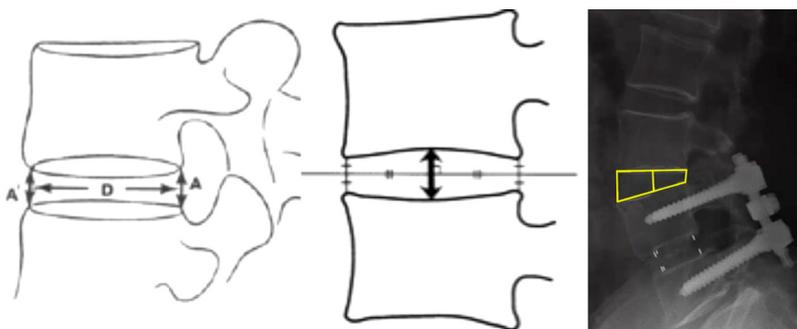


Figura 34. Altura discal anterior, posterior y media (Método de Farfan y Miyakhoshi).

- *Apertura discal*, definida como cambios en el grado de apertura discal en pre y postoperatorio en radiografía lateral (L) en bipedestación en cada disco libre no fusionado, medida mediante herramienta grados Raim-PC.

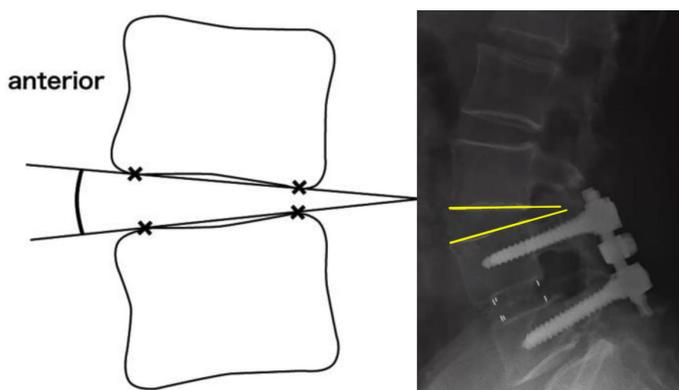


Figura 35. Apertura discal en grados de segmentos no fusionados.

- *Degeneración discal radiológica* evaluada según la escala de Weiner (grados 0-3) (111) y escala de la Universidad de California (grados I-IV) (112).



Figura 36. Degeneración discal radiológica según escala de Weiner (Grados 0-3) y UCLA (I-IV) (111,112).

- *Existencia de fusión* de los segmentos instrumentados.

Se han utilizado los criterios radiológicos de Lenke y Bridwell modificados para la valoración de la artrodesis posterolateral (PL): fusión (puente óseo bilateral intertransverso), probable fusión (puente óseo unilateral y discontinuidad contralateral), probable no fusión (ausencia de puente óseo bilateral) y pseudoartrosis (líneas radiolucientes peri implante o rotura de implantes) (59).

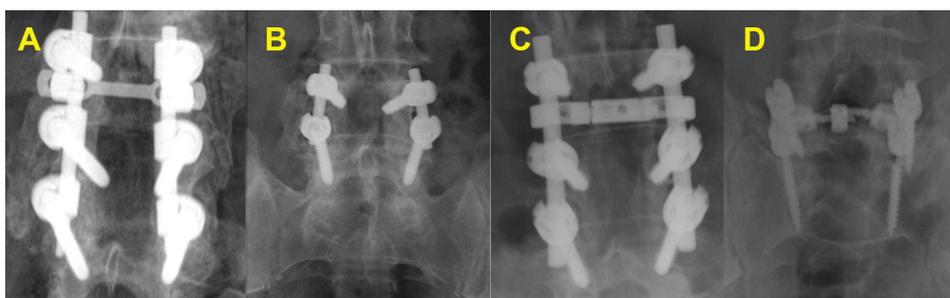


Figura 37. Grados de fusión según criterios modificados de Lenke y Bridwell: A) Fusión: puente óseo bilateral intertransverso. B) Probable fusión: puente óseo unilateral y discontinuidad contralateral. C) Probable no fusión: ausencia de puente óseo bilateral. D) Pseudoartrosis: líneas radiolucientes peri implante o rotura de implantes (59).

La valoración de la artrodesis circunferencial (PLIF) se realiza mediante el estudio radiológico, según los criterios de Hackenberg, el cual establece cuatro criterios de fusión: presencia de puente óseo anterior y posterior, continuidad ósea entre platillos vertebrales superior e inferior, estructura trabecular en el injerto anterior y ausencia de líneas radiolucientes alrededor del injerto anterior. Considera un segmento fusionado la presencia de tres de los signos, probablemente fusionado si existen dos signos, probablemente no fusionado si sólo existe uno de los signos y pseudoartrosis con aflojamiento de implantes si no existe ninguno (118).



Figura 38. Grados de fusión según criterios de Hackenberg: A) Fusión. B) Probable fusión. C) Probable no fusión. D) Pseudoartrosis) (118).

Criterios de RMN: secuencias T1, T2 y mielografía (Coronal, sagital y axial)

- Grado de degeneración discal preoperatorio y al final del seguimiento según la clasificación de Pfirrmann (Grados I-V) de los segmentos inferior y superiores no incluidos en la fusión, valorados según proyección sagital en secuencias T2 (77).

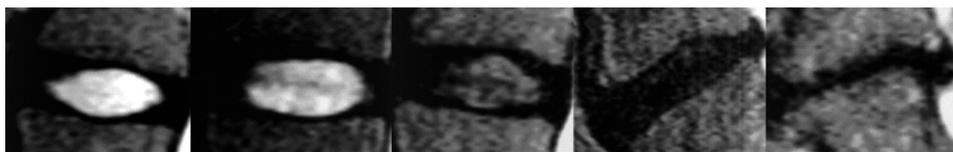


Figura 39. Grado de degeneración discal RM según Pfirrmann (77).

Otras variables de estudio:

- Sociodemográficos: edad y sexo.
- Diagnóstico inicial: enfermedad discal degenerativa, estenosis de canal lumbar, espondilolistesis degenerativa, escoliosis lumbar degenerativa, espondilolistesis por lisis ístmica con cambios degenerativos.
- Tipo de fusión: posterolateral (PL), circunferencial (PLIF) o combinada (PL+PLIF).
- Tipo de instrumentación vertebral: tornillos pediculares abiertos poliaxiales o tornillos con conector lateral.
- Número de niveles instrumentados y número de discos libres.
- Periodo de seguimiento (al menos un año).
- Tiempo hasta la aparición de sintomatología tras la mejoría inicial (expresado en meses).

4.3. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

4.3.1. Técnicas quirúrgicas

Todos los pacientes fueron intervenidos por los mismos cirujanos, bajo anestesia general en mesa radioluciente con el paciente en decúbito prono, soportes para disminuir la presión abdominal y miembros inferiores en extensión. Mediante abordaje posterior y disección subperióstica de la musculatura paravertebral, se realizó instrumentación del segmento o segmentos elegidos en la fusión, con tornillos pediculares abiertos (mono o poliaxiales) o tornillos con conector lateral, de diámetros y longitud determinados por el tamaño del pedículo y cuerpo vertebral, localizando el punto de entrada del mismo (borde inferior de la faceta superior en la unión con apófisis transversa y pars interarticularis), preservando la faceta medial en los segmentos superiores y minimizando la lesión capsular de la articulación facetaria. Cuando fue necesario un procedimiento de descompresión, se realizó laminectomía descompresiva en los segmentos estenóticos, con artrectomía parcial de la faceta medial para descompresión central, recesos laterales y foraminal y preservación de la pars interarticularis cuando fue posible. Se realizó artrodesis posterolateral (PL) tras decorticación de apófisis transversa y borde lateral de la faceta externa con aporte de hueso autólogo corticoesponjoso obtenido de espina iliaca posterosuperior y/o de campo quirúrgico, completándose el procedimiento con la colocación de barras de conexión de los tornillos pediculares y colocación de sistemas cierre barra-tornillo (156, 157). En los casos seleccionados se realizó fusión intersomática por vía posterior (PLIF), tras resección parcial o completa de las facetas inferior y superior en el segmento elegido y adecuada preparación de los platillos vertebrales mediante discectomía y exéresis del cartílago con aporte de injerto óseo autólogo corticoesponjoso obtenido de espina iliaca posterosuperior e implantes intersomáticos de políeter-eter-cetona (PEEK) derecho e izquierdo, para restaurar la altura discal, descompresión indirecta y mejorar el índice de fusión. Opcionalmente en casos aislados se utilizó hueso

heterólogo, matriz ósea desmineralizada (DBM) o fosfato tricálcico β . Tras la comprobación de la posición adecuada del implante se procedió a realizar maniobras de compresión del mismo y evaluando su estabilidad para evitar su extrusión (113,158,159).

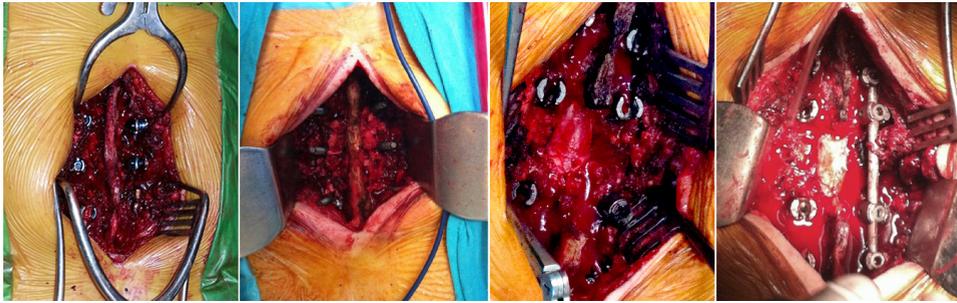


Figura 40. Imágenes intraoperatorias de la técnica quirúrgica.

4.3.2. Estudio radiológico

Los pacientes fueron citados para la realización de un estudio radiológico durante el periodo comprendido entre enero y junio de 2012. La ausencia de estudio dinámico con radiografías en flexo-extensión preoperatorias en la mayoría de pacientes condicionó que éstas no se realizaran en el último estudio.

Se realizaron radiografías de columna lumbosacra en bipedestación en proyecciones anteroposterior y lateral por tres técnicos superiores en diagnóstico por imagen (TSDI), en la misma sala de rayos x con un equipo de las siguientes características: Philips X-Ray Tube Housing Assembly Ro 1750 Rot 350 Ref/Model 9890000 85282 SN 38067 A 244082 y TubeRef/Model 9890 000 85271 SN 244082 permanent Filtration 2.5 Al 75 Nominal Voltaje 0.6 IEC 603361.2 IEC 60336. Las radiografías han sido realizadas a 1 metro de distancia tubo-película (Figura 41).



Figura 41. Distancia tubo-pelicula.

Se han utilizado técnicas radiológicas de kilovoltaje-miliamperaje y colimación del haz de rayos x adecuadas para reducir el efecto de la radiación dispersa, reduciendo la dosis radiológica del paciente y mejorando el contraste y la calidad de la imagen para una adecuada visualización del injerto y zonas de lisis peri-implante. Las radiografías en proyecciones anteroposterior en bipedestación se han realizado utilizando 75 KV-90 MAS y las radiografías en proyección lateral en bipedestación con 85 KV-125 MAS. (Figura 42).



Figura 42. Radiografías AP y L de columna lumbar realizadas mediante técnica de colimado para mejorar calidad de imagen y reducción de la radiación dispersa.

La aplicación utilizada para visualizar los estudios ha sido Raim-PC. Esta aplicación se ha calibrado manualmente tomando como referencia el diámetro conocido previo de una moneda de 1 euro (escala de 1:1) (Figura 43) (160).

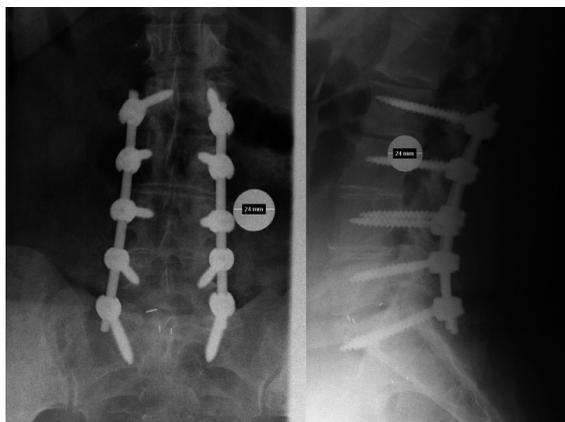


Figura 43. Calibración manual de medidas radiológicas. Moneda de diámetro previamente determinado (1euro=2,33 cm). Mediante medida en milímetros del sistema Raim-PC, obtiene la misma medición a la distancia de 1 metro.

Dado que en el Complejo Hospitalario Universitario de Albacete las exploraciones radiológicas se incorporaron a la historia clínica digital en el año 2006, ha sido posible utilizar las herramientas de medida radiográficas del sistema informático Raim-PC (Radiological Archive and Image Management) (160):

- Se procedió a la digitalización de las radiografías preoperatorias en pacientes con estudio previo a la incorporación del sistema informático, comprobándose la idoneidad de las mismas para el estudio.
- El acceso a los estudios de imagen de cada paciente se ha realizado a través del gestor de imágenes Dulcingest, seleccionando los estudios radiológicos válidos. Una vez seleccionada la imagen, la visualización de la misma se realiza a través del visor de imágenes Raim-PC, que incorpora herramientas de medida en milímetros y grados (Figura 44). Las medidas radio-

lógicas de altura discal, lordosis lumbar, retrolistesis, rotación vertebral y grado de apertura discal se midieron en radiografías en bipedestación AP y L al final del seguimiento, en todos los discos libres superiores e inferiores no incluidos en la fusión. Las mismas medidas se realizaron seleccionando la radiografía preoperatoria adecuada en bipedestación, comprobándose la validez de la misma (161).



Figura 44. Herramientas del sistema de medida Raim Java en milímetros y grados.

- Todas las mediciones se han realizado en el mismo monitor (TOTOKU ME 355i2), modelo de alto rendimiento con alta calidad de imagen y precisión. El monitor es una pantalla en escala de grises de 3 megapíxeles y es ampliamente utilizado por los servicios de radiología debido a su versatilidad para estaciones de trabajo multi-modalidad. Las 2048 escalas de grises y la uniformidad de luminancia garantizan un alto grado de fiabilidad y precisión de imágenes.
- Para analizar la fiabilidad intraobservador, las medidas fueron repetidas en una submuestra de 25 pacientes por el mismo evaluador, y para realizar el análisis de fiabilidad interobservador las mediciones fueron realizadas por un segundo observador.

4.4. RECOGIDA DE DATOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Con el fin de localizar la evidencia científica sobre el tema de estudio se llevó a cabo una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos del ámbito de ciencias de la Salud. Los criterios de búsqueda “adjacent segment degeneration” OR “adjacent segment disease” OR “adjacent segment level” OR “adjacent segment pathology” AND surgery fueron utilizados en las bases de datos Medline (215 referencias) y Embase (250 referencias). Con el fin de eliminar las referencias bibliográficas duplicadas existentes, se incluyeron todas en el gestor de referencias Zotero.

Los datos de los pacientes intervenidos en el periodo 2006-2010 fueron anonimizados mediante codificación e introducidos en una base de datos Excel para su posterior análisis y fueron recogidos durante el periodo comprendido entre enero de 2012 y diciembre de 2013.

Como fuentes de información para el estudio se utilizaron tanto la historia clínica del paciente como el archivo de imágenes radiológicas del CHUA. A partir de la historia clínica se obtuvieron datos demográficos, datos clínicos preoperatorios, resultados de exploraciones complementarias y diagnóstico de las lesiones. A través de las hojas de protocolo quirúrgico se recogieron datos de las técnicas quirúrgicas, niveles de fusión y tipos de dispositivos utilizados.

Los pacientes fueron citados en consultas mediante llamada telefónica por parte de las secretarías del Servicio de Traumatología, realizándose la valoración clínica (estado neurológico y presencia de dolor lumbar y radicular) mediante escalas EVA y ODI. En la visita, tras informar a los pacientes de la naturaleza del estudio y obtener su consentimiento para participar en el, se realizó un estudio radiológico (proyecciones anteroposterior y lateral en bipedestación), por tres técnicos superiores en diagnóstico por imagen, utilizando el mismo aparato de radiología, siguiendo la misma técnica y comprobándose la validez del estudio.

El estudio radiológico existente en las historias clínicas previo a la digitalización de imágenes (Enero-Septiembre 2006) también fue evaluado, seleccionándose las radiografías preoperatorias adecuadas y comprobándose la validez de las mismas. Un auxiliar del servicio de documentación clínica realizó el escaneado de las imágenes, incorporándose al sistema informático del hospital para proceder a su medición.

Las mediciones se han realizado por el evaluador principal, utilizando las herramientas de medida del sistema informático en el mismo monitor del Servicio de Radiología, analizándose todas las variables radiológicas. Finalizado el estudio, se procedió a una nueva medición de todas las variables radiológicas en 25 pacientes, por parte del observador principal y por otro evaluador del servicio, para así determinar el grado de acuerdo intra e interobservador.

Una vez obtenida la información, los datos fueron codificados e informatizados creándose una base de datos mediante el programa SPSS v. 19. Posteriormente se procedió a su depuración y análisis.

4.5. ASPECTOS ÉTICOS

Todos los procedimientos realizados a lo largo de la investigación fueron realizados siguiendo las normas de buena práctica clínica y los principios de la Declaración de Helsinki (162).

Se garantizó la confidencialidad de la información de los pacientes conforme a la Ley Orgánica 15/1999 (21), de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) (163).

A todos los pacientes se les entregó un documento informativo, redactado en lenguaje no técnico y de manera sencilla, con los objetivos genéricos del es-

tudio, la importancia de su colaboración para la investigación y el motivo por el que era necesaria su participación. Junto con dicho documento se entregó la hoja de Consentimiento Informado, la cual fue debidamente firmada antes de su inclusión en el estudio.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de la Gerencia de Atención Integrada de Albacete el día 20 de Diciembre de 2011 y por la Comisión de Investigación del CHUA, con fecha 17 de Enero de 2012 (Anexos 1 y 2).

4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 19.0. La información contenida en el cuaderno de datos fue codificada mediante símbolos numéricos, creándose una base de datos informatizada en la que periódicamente se comprobaron los posibles errores y se procedió a su corrección. Después de las etapas de previas de depuración, análisis exploratorio y categorización o transformación de variables, se realizaron los siguientes análisis:

- En primer lugar se realizó un análisis descriptivo de los sujetos de la muestra, mediante proporciones, medidas de tendencia central y medidas de dispersión, según la naturaleza de las variables, construyéndose los correspondientes intervalos de confianza al 95%. Se describió tanto el resultado del estudio clínico y radiológico como las características de la intervención quirúrgica y las variables sociodemográficas. Los datos fueron sintetizados mediante la oportuna tabulación y representados gráficamente mediante diagramas rectangulares o diagramas de sectores en el caso de variables nominales u ordinales y diagramas de caja en el caso de variables cuantitativas.

- Para comparar la puntuación media en las escalas de evaluación del dolor y la discapacidad a lo largo del periodo de seguimiento, se utilizó el análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA), comprobando previamente sus condiciones de aplicación (homogeneidad de varianzas). En dicho análisis se utilizó un nivel de significación del 5%.
- Para realizar el análisis de fiabilidad, en el caso de las medidas cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC) y se recurrió al índice de Kappa (Cohen) en el caso de las medidas cualitativas. El grado de acuerdo se estableció con la escala propuesta por Landis y Koch (164).

Tabla 11. Valores y grado de acuerdo de medidas cuantitativas (ICC) y cualitativas (Kappa) según escala de Landis y Koch (164).

| Valor | Grado de acuerdo |
|-----------|------------------|
| 0 | Pobre |
| 0,01-0,20 | Leve |
| 0,21-0,40 | Regular |
| 0,41-0,60 | Moderado |
| 0,61-0,80 | Substancial |
| 0,81-1,00 | Casi perfecto |

- Se realizó un análisis de supervivencia para describir la evolución de los sujetos de estudio en cuanto a permanencia sin aparición de degeneración discal, calculando la probabilidad de dicha permanencia en diferentes intervalos de tiempo (12, 24, 36, 48, 60 y 72 meses) junto a sus correspondientes intervalos de confianza al 95%. Como técnica de análisis se utilizó el método de estimación actuarial o método de la tabla de vida, a través del procedimiento Survival del Sistema SPSS, el cual permite agrupar los tiempos de supervivencia en intervalos regulares y de esta forma sintetizar la información. La variable “tiempo de permanencia sin aparición de degeneración discal” fue obtenida a partir de la fecha de la intervención qui-

rúrgica y de la fecha de la última revisión. Se utilizó el mes como unidad de medida, definiendo su equivalencia estadística en días (1 mes = 30,4375 días). En cada caso se calcularon la media y la mediana del tiempo de supervivencia, la cual es el índice más adecuado para describir la tendencia central de la distribución de supervivencia. Posteriormente se procedió al cálculo de las curvas de supervivencia por el método de Kaplan-Meier, representando en función del tiempo las probabilidades acumuladas de supervivencia estimadas (probabilidad de que un paciente permanezca sin degeneración discal). También se realizaron comparaciones de curvas de supervivencia mediante la prueba de Mantel-Haenszel (Log Rank), que permitió comparar las degeneraciones discales observadas en diferentes grupos con las esperadas en caso de no existir diferencia (ley de Chi-cuadrado).

- Se construyó un modelo de riesgos proporcionales de Cox (procedimiento Coxreg del Sistema SPSS) para analizar los efectos de las variables independientes consideradas sobre la variable dependiente “tiempo sin aparición de degeneración discal”. Dicho modelo permitió establecer factores pronósticos significativamente relacionados con el tiempo de permanencia sin degeneración discal. Se utilizó el método de inclusión por pasos, analizando la significación global del modelo mediante la prueba de Rao y la significación de cada variable con la prueba de la razón de verosimilitud. Las variables independientes fueron introducidas de forma dicotómica de la siguiente manera:
 - Sexo (1: hombre; 0: mujer).
 - Edad (1: menos de 60 años; 0: 61 o más años).
 - Tipo de instrumentación (1: conector lateral; 0: abierto).
 - Técnica de fusión (1: circunferencial; 0: posterolateral).
 - Lordosis lumbar total (1: normo/hiperlordosis; 0: hipolordosis).
 - Lordosis lumbosacra (1: normo/hiperlordosis; 0: hipolordosis).
 - Niveles de fusión (1: un nivel; 0: dos o más niveles).
 - Diagnóstico (1: otros diagnósticos ; 0: estenosis de canal).

5. RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARTICIPANTES

Tasa de respuesta

Entre todos los pacientes intervenidos por patología lumbar durante el periodo comprendido entre enero de 2006 y diciembre de 2010, un total de 293 cumplieron criterios de inclusión. Fueron excluidos 12 pacientes por fallecimiento, 4 por carecer de seguimiento, 14 por presentar estudio radiológico no válido y un paciente por cambio de residencia. Finalmente, fueron incluidos en el estudio 263 pacientes (89,8%), cuya distribución, según el año en el que fueron intervenidos, aparece en la tabla 12.

Tabla 12. Distribución de los pacientes incluidos en el estudio según fecha de inclusión (2006-2010).

| AÑO | Nº total de pacientes intervenidos | Nº de pacientes incluidos | Nº de pacientes fallecidos | Nº de pacientes sin seguimiento | Nº de pacientes con cambio de domicilio | Nº de pacientes con estudio radiológico no válido | Nº de pacientes válidos |
|------|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|---|---|-------------------------|
| 2006 | 67 | 54 | 3 | 2 | - | 3 | 46 |
| 2007 | 72 | 52 | 3 | 1 | 1 | 3 | 44 |
| 2008 | 85 | 60 | 3 | - | - | 3 | 54 |
| 2009 | 86 | 63 | 3 | 1 | - | 2 | 57 |
| 2010 | 95 | 64 | - | - | - | 2 | 62 |

Periodo de observación

El periodo de observación osciló entre 24 y 82 meses, con una duración media de 45,9 meses (DE: 17,8) y una mediana de 43 meses (figura 45).

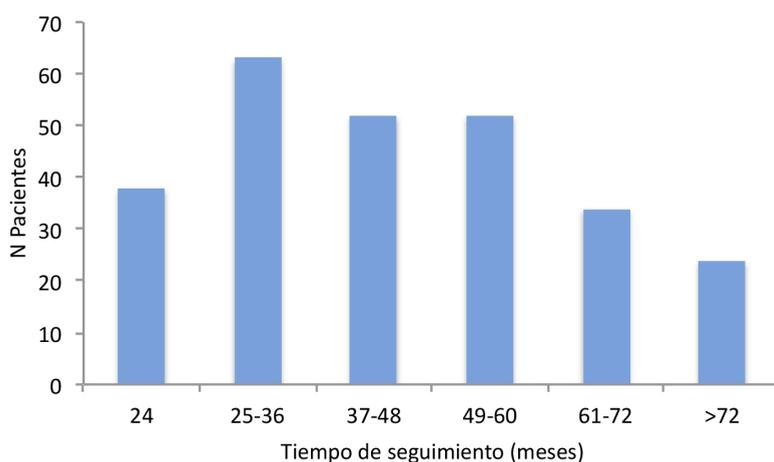


Figura 45. Distribución de los pacientes según la duración del periodo de seguimiento.

Características demográficas

Habían sido intervenidos 98 hombres (37,3%) y 165 mujeres (62,7%), con una edad media de 59,0 años (IC 95%: 57,6 - 60,5) y una mediana de 61,0. En la figura 46 se muestra el diagrama de caja de la edad en hombres y mujeres y en la figura 47, la distribución de los mismos según grupos de edad.

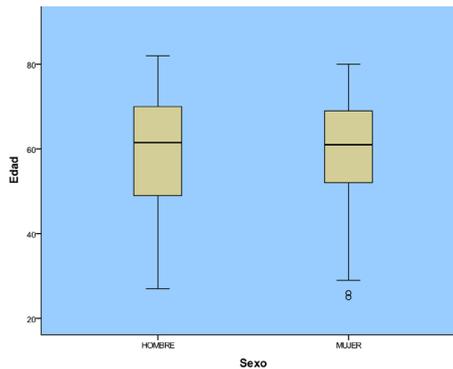


Figura 46. Distribución de los pacientes según edad y sexo.

En todos los grupos de edad, excepto en pacientes jóvenes menores de 40 años, la proporción de mujeres fue superior a la de hombres, sobre todo en el grupo de edad de 50-70 años (20 hombres y 48 mujeres entre 51-60 años y 29 hombres y 53 mujeres entre 61-70 años).

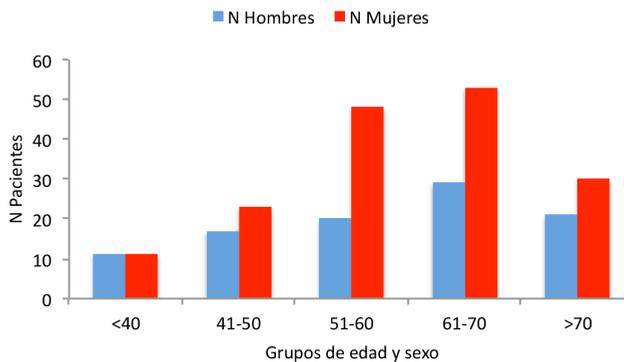


Figura 47. Distribución de hombres y mujeres según grupos de edad.

Clasificación diagnóstica

En la tabla 13 aparece la distribución de los pacientes según sus diagnósticos. Los más frecuentes correspondieron a espondilolistesis por lisis istmica, estenosis de canal lumbar y enfermedad discal degenerativa.

Tabla 13. Distribución de los pacientes según su diagnóstico.

| Diagnóstico | Hombres N° (%) | Mujeres N° (%) | Total N° (%) |
|--|-------------------|-------------------|-----------------|
| Enfermedad discal degenerativa | 22 (22,4) | 20 (12,1) | 42 (16,0) |
| Espondilolistesis degenerativa | 8 (8,2) | 28 (17,0) | 36 (13,7) |
| Estenosis de canal | 6 (6,1) | 12 (7,3) | 18 (6,8) |
| Estenosis de canal + Enfermedad discal degenerativa | 28 (28,6) | 39 (23,6) | 67 (25,5) |
| Espondilolistesis degenerativa + Enfermedad discal degenerativa | 5 (5,1) | 11 (6,7) | 16 (6,1) |
| Escoliosis lumbar degenerativa | 1 (1,0) | 10 (6,7) | 11 (4,2) |
| Espondilolistesis por lisis istmica | 27 (27,6) | 42 (25,5) | 69 (26,2) |
| Espondilolistesis por lisis istmica + Enfermedad discal degenerativa | 1 (1,0) | 3 (1,8) | 4 (1,5) |

Técnica quirúrgica

Todos los pacientes habían sido intervenidos quirúrgicamente mediante alguno de los siguientes tipos de fusión: PL, PLIF ó híbrida, siendo la fusión PL la más utilizada (65,8%) (Figura 48).

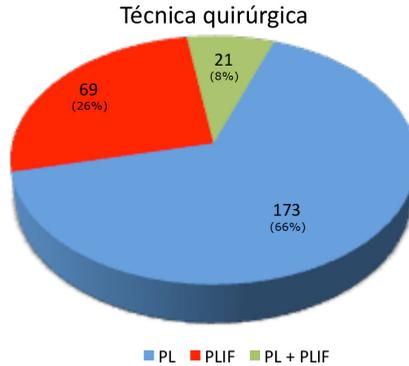


Figura 48. Distribución de los pacientes según tipo de fusión. PL: posterolateral; PLIF: fusión lumbar intersomática posterior.

En cuanto al número de niveles de fusión:

- En casi la mitad de los pacientes (48,7%) se había realizado la fusión de un solo segmento (L5-S1 o L4-L5).
- En 90 pacientes (34,2%) fusión de dos segmentos (L4-S1 y L3-L5).
- En 31 pacientes (11,7%) fusión de tres segmentos (L2-L5 y L3-S1).
- En 13 pacientes (4,9%) fusión de cuatro o más segmentos.

En la figura 49 se muestra la distribución de todos los pacientes según el nivel de fusión.

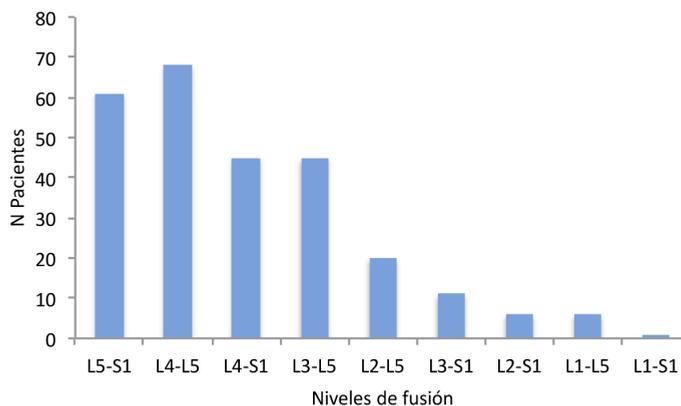


Figura 49. Distribución de los pacientes según los niveles de fusión.

En 201 pacientes (76,5%) el tipo de instrumentación pedicular fue el tornillo abierto y en 62 pacientes (23,5%) el tornillo con conector lateral. En la figura 50 se muestra la distribución según el tipo de instrumentación pedicular (tornillo abierto o conector lateral).

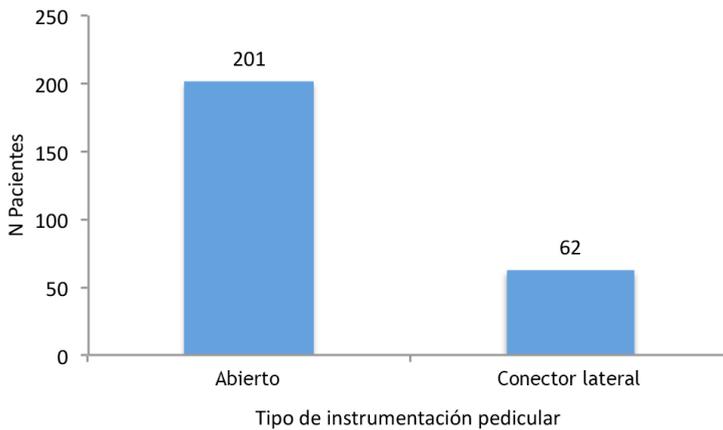


Figura 50. Distribución de los pacientes según tipo de instrumentación pedicular.

La distribución de los pacientes según el número de discos lumbares no fusionados se muestra en la figura 51.

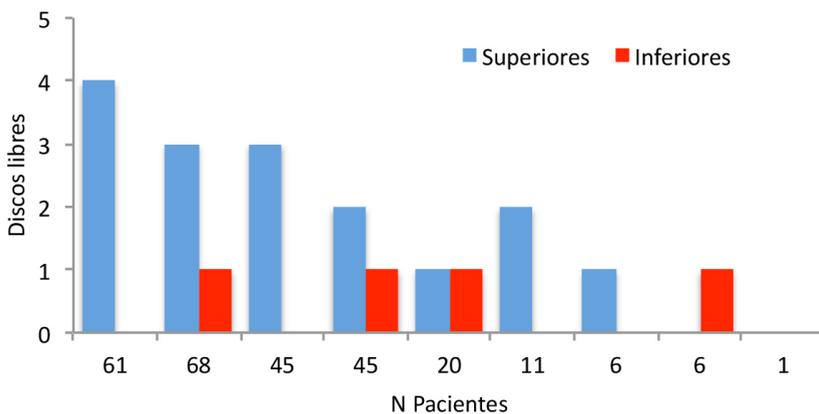


Figura 51. Distribución de los pacientes según número de discos lumbares libres.

5.2. ESCALAS DE DOLOR Y DISCAPACIDAD

Mediante el ANOVA de medidas repetidas se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$), tanto en la escala visual analógica y numérica como en el índice de discapacidad de Oswestry, al comparar la puntuación obtenida en el preoperatorio con la obtenida durante el postoperatorio y al final del seguimiento (Tabla 14).

Tabla 14. Evolución de las escalas de dolor lumbar y radicular (EN) y discapacidad (ODI).

| | Preoperatorio | Postoperatorio (3m) | Final del seguimiento | IC 95% | P |
|-----------------------------|---------------|---------------------|-----------------------|-------------|-------|
| Dolor lumbar (EN) | 8,36 | 3,83 | 3,73 | 4,9 - 5,7 | 0,001 |
| Dolor radicular (EN) | 7,83 | 3,10 | 3,14 | 4,4 - 4,9 | 0,001 |
| ODI | 51,57 | 24,88 | 25,02 | 31,9 - 35,6 | 0,001 |

5.3. ESTUDIO RADIOLÓGICO

La lordosis lumbar total (LLT) L1-S1 preoperatoria y al final del seguimiento fue medida en grados según el método de Cobb y se muestra en la figura 52. La LLT postoperatoria se mantuvo sin cambios en pacientes con LLT inferior a 50° antes de la intervención, disminuyó en pacientes con LLT entre $50-60^\circ$ y aumentó en pacientes con LLT preoperatoria superior a 60° .

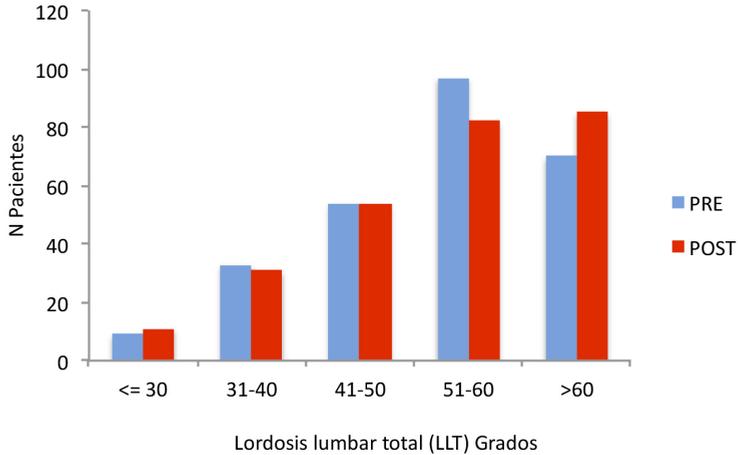


Figura 52. Distribución de los pacientes según la lordosis lumbar total L1-S1 (LLT) preoperatoria y al final del seguimiento.

La lordosis lumbosacra L4-S1 (LLS) medida por el método de Cobb aumentó en el estudio radiológico realizado al final del seguimiento en pacientes con LLS preoperatoria menor de 25°, disminuyó en pacientes con LLS entre 25-40° y se mantuvo sin cambios en pacientes con LLS superior a 40° (Figura 53).

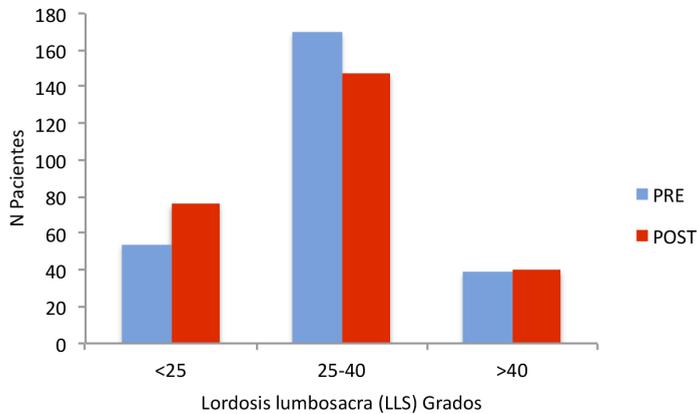
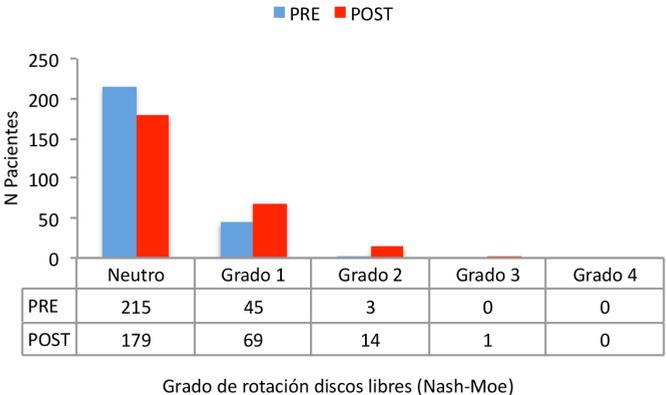


Figura 53. Lordosis lumbosacra (LLS) L4-S1 preoperatoria y al final del seguimiento.

La rotación de los segmentos vertebrales superiores no incluidos en la fusión, evaluada según el método de Nash-Moe, aumentó en el postoperatorio en

36 pacientes (13,6%). En 24 pacientes (9,1%) el grado de rotación del segmento proximal aumentó 1 grado, en 11 pacientes (4,1%) 2 grados y en un paciente 3 grados (figura 54).



Grado de rotación discos libres (Nash-Moe)

Figura 54. Distribución de los pacientes en los que se observaron cambios preoperatorios y al final del seguimiento en el grado de rotación vertebral de los segmentos libres.

El deslizamiento anterior o posterior (anterolistesis o retrolistesis) al final del seguimiento se observó en 43 pacientes (16,3%), siendo de nueva aparición en 33 (12,5%) en relación con el procedimiento. En 28 pacientes (10,6%) se observó retrolistesis superior a 3 mm en cualquier segmento superior al fusionado (20 pacientes en el primer disco superior y en 8 pacientes en segundo y tercer disco superior) y se observó anterolistesis únicamente en 5 pacientes (1,9%).

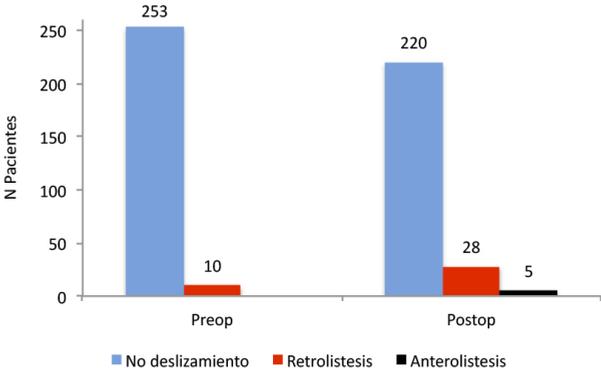


Figura 55. Distribución de los pacientes con retrolistesis/anterolistesis en segmentos superiores o inferiores (>3mm).

La apertura discal (expresada en grados) de los discos libres superiores a los segmentos fusionados aumentó en el postoperatorio en una elevada proporción de pacientes, siendo mayor en el primer disco libre. La apertura discal (en grados), tanto preoperatoria como al final del seguimiento, de los discos superiores e inferiores no incluidos en la fusión se expone en la tabla 15.

Tabla 15. Diferencia en grados de la apertura discal preoperatoria y al final del seguimiento en los discos no fusionados.

| Diferencia grado apertura discal | Diferencia (grados) 1º disco superior | Diferencia (grados) 2º disco superior | Diferencia (grados) 3º disco superior | Diferencia (grados) 4º disco superior | Diferencia (grados) disco inferior |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Aumenta | 165 (66,0%) | 138 (61,6%) | 80 (47,1%) | 36 (56,3%) | 62 (45,6%) |
| Igual | 20 (8,0%) | 33 (14,7%) | 32 (18,8%) | 9 (14,1%) | 14 (10,3) |
| Disminuye | 65 (26,0%) | 53 (23,7%) | 58 (34,1%) | 19 (29,7%) | 60 (44,1%) |

El grado de degeneración discal radiológica según la escala de Weiner fue valorado en cada disco libre en el preoperatorio y al final del seguimiento, siendo en el primer disco libre superior donde se detectaron más cambios (Figura 56). Los cambios grados 2 y 3 se observaron en 48 discos, en 35 pacientes (13,3%) (IC 95%: 9,0-17,6).

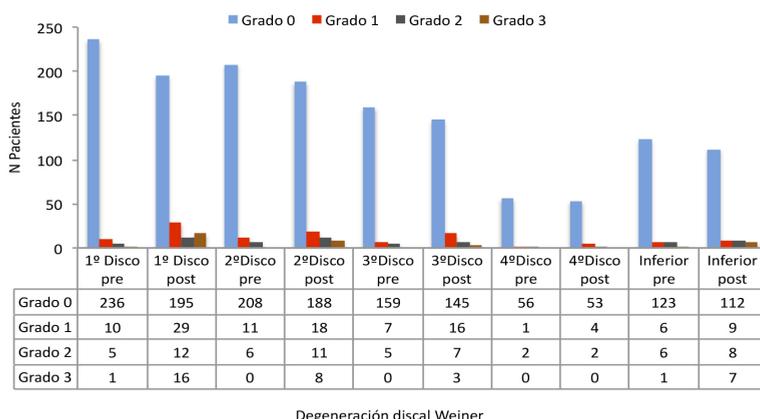
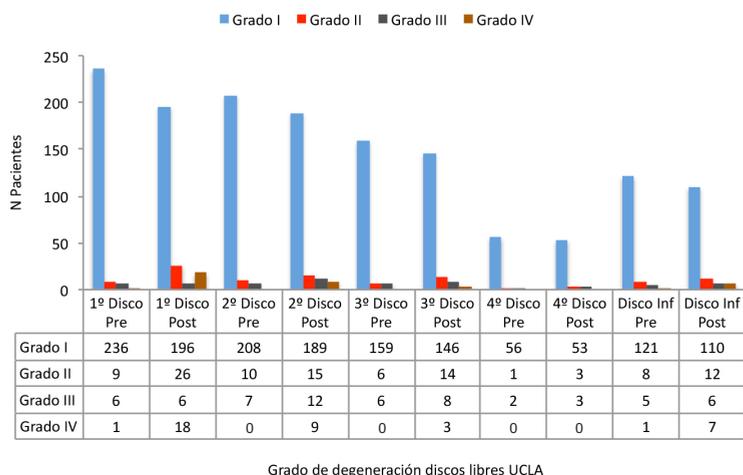


Figura 56. Degeneración discal radiológica preoperatoria y al final del seguimiento según escala de Weiner.

La degeneración discal según la escala de la Universidad de California (UCLA) se muestra en la figura 57.



Grado de degeneración discos libres UCLA

Figura 57. Degeneración discal radiológica preoperatoria y al final del seguimiento según escala UCLA.

La diferencia en la altura discal preoperatoria y al final del seguimiento de los discos lumbares no fusionados, medida en milímetros según el método de Farfan (altura anterior y posterior del disco), y la diferencia en la altura discal preoperatoria y al final del seguimiento de la parte central del disco, según método de Miyakoshi, se expresan en las tablas 16, 17 y 18. En 159 discos libres se observó pérdida de altura global en 112 pacientes (42,6%) (IC 95%: 36,4-48,8)

Tabla 16. Diferencia en la altura discal anterior preoperatoria y al final del seguimiento (mm) en los discos libres (Método de Farfan).

| Diferencia altura discal anterior | Diferencia (mm) 1º disco superior | Diferencia (mm) 2º disco superior | Diferencia (mm) 3º disco superior | Diferencia (mm) 4º disco superior | Diferencia (mm) disco inferior |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Aumenta | 127 (50,2%) | 107 (47,6%) | 72 (42,9%) | 24 (41,4%) | 56 (40,1%) |
| Igual | 45 (17,8%) | 45 (20,0%) | 38 (22,6%) | 16 (27,6%) | 26 (19,0%) |
| Disminuye | 21(32,0%) | 73 (22,4%) | 58 (34,5%) | 18 (31,0%) | 55 (40,1%) |

Tabla 17. Diferencia en la altura discal posterior preoperatoria y al final del seguimiento (mm) en los discos libres (Método de Farfan).

| Diferencia altura discal posterior | Diferencia (mm) 1º disco superior | Diferencia (mm) 2º disco superior | Diferencia (mm) 3º disco superior | Diferencia (mm) 4º disco superior | Diferencia (mm) disco inferior |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Aumenta | 26 (21,3%) | 35 (13,3%) | 32 (12,2%) | 13 (22,4%) | 32 (23,4%) |
| Igual | 54 (10,3) | 55 (29,9%) | 46 (17,5%) | 21 (36,2%) | 41 (29,9%) |
| Disminuye | 173 (68,4%) | 135 (51,3%) | 90 (34,2%) | 24 (41,4%) | 64 (46,7%) |

Tabla 18. Diferencia en la altura discal central preoperatoria y al final del seguimiento (mm) en los discos libres (Método de Miyakoshi).

| Diferencial altura discal central | Diferencia (mm) 1º disco superior | Diferencia (mm) 2º disco superior | Diferencia (mm) 3º disco superior | Diferencia (mm) 4º disco superior | Diferencia (mm) disco inferior |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Aumenta | 57 (26,1%) | 59 (26,7%) | 46 (27,1%) | 14 (23,7%) | 39 (28,5%) |
| Igual | 65 (24,7%) | 78 (35,3%) | 56 (32,9%) | 30 (50,8%) | 44 (32,1%) |
| Disminuye | 127 (51%) | 84 (38%) | 68 (40%) | 15 (25,4%) | 39,4%) |

Según los criterios de Lenke y Bridwell para la existencia de artrodesis PL, ésta se observó en 171 pacientes, considerándose fusionados 93 de ellos (54,4%) y probablemente fusionados 62 (36,3%) (Figura 58).

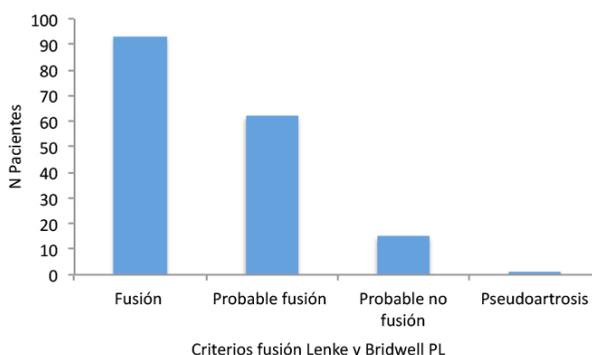


Figura 58. Distribución de los pacientes con criterios de Lenke y Bridwell modificados para valoración de la fusión posterolateral.

Entre los pacientes con artrodesis circunferencial (PLIF), evaluados según los criterios de Hackenberg, 84 de ellos (91,0%) se consideraron con fusión sólida y 7 (7,6%) probablemente fusionados (Figura 59).

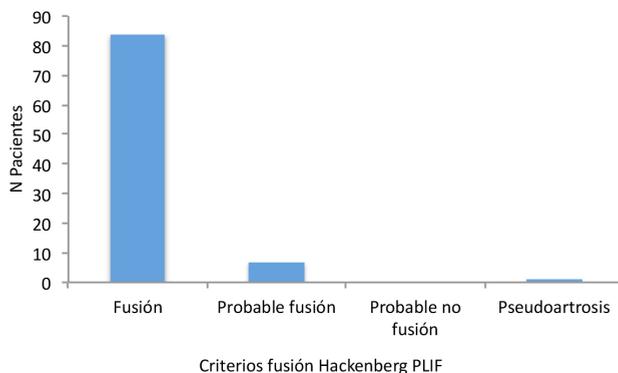


Figura 59. Distribución de los pacientes con criterios de Hackenberg para valoración de la fusión circunferencial PLIF.

5.4. ESTUDIO DE RESONANCIA MAGNÉTICA

El estudio de RM no se realizó de forma sistemática en todos los pacientes, sólo en aquéllos con sospecha radiológica o reaparición de síntomas clínicos tras el procedimiento.

En 73 pacientes (27,7% del total) que disponían tanto de RM preoperatoria como realizada durante el seguimiento fue posible realizar el estudio comparativo del grado de degeneración discal de los discos libres inferior y superiores no incluidos en la fusión, con objeto de determinar los cambios durante el seguimiento. En 46 discos libres de 32 pacientes (43,8%) se observaron cambios con degeneración severa (Grados IV-V). Estos cambios se muestran en la tabla 19 y su representación gráfica en la figura 60.

Tabla 19. Grados de degeneración discal de los discos libres preoperatoria y al final del seguimiento según escala de Pfirrmann (77).

| Grado | 1º Disco Superior | | 2º Disco Superior | | 3º Disco Superior | | 4º Disco superior | | Disco Inferior | |
|-------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|--------------|----------------|---------------|
| | N = 73 (27,7%) | | N= 60 (22,8%) | | N = 43 (16,3%) | | N = 16 (6,1%) | | N = 44 (16,7%) | |
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post |
| I | 5 (6,8%) | 3 (4,1%) | 8 (3,0%) | 3 (5,0%) | 6 (14,0%) | 2 (4,7%) | 4 (25,0%) | 3 (18,8%) | - | - |
| II | 23 (31,5%) | 9 (12,3%) | 26 (9,9%) | 14 (23,3%) | 22 (51,2%) | 16 (37,2%) | 9 (56,3%) | 8 (50,0%) | 10 (22,7%) | 6 (13,6%) |
| III | 35 (47,9%) | 29 (39,7%) | 22 (8,4%) | 30 (50,0%) | 10 (23,3%) | 15 (34,9%) | 2 (12,5%) | 4 (25,0%) | 23 (52,3%) | 17 (38,6%) |
| IV | 10 (13,7%) | 20 (27,4%) | 4 (1,5%) | 12 (20,0%) | 4 (9,3%) | 9 (20,9%) | 1 (6,3%) | 1 (6,3%) | 11 (25,0%) | 21 (47,0%) |
| V | - | 12 (16,4%) | - | 1 (1,7%) | 1 (2,3%) | 1 (2,3%) | - | - | - | - |

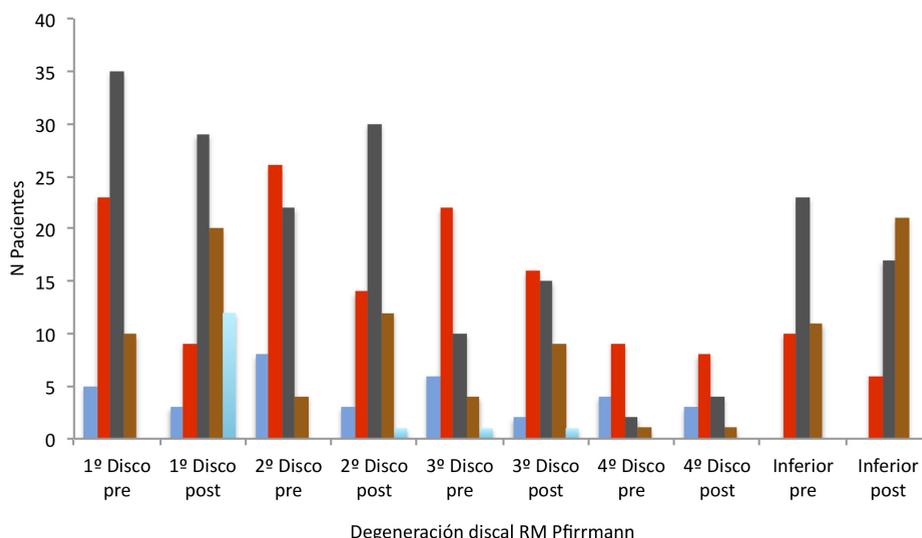


Figura 60. Representación gráfica de los cambios en el grado de degeneración discal de los discos libres preoperatoria y al final del seguimiento evaluados mediante RM según escala de Pfirrmann.

5.5. INCIDENCIA DE DEGENERACIÓN DEL SEGMENTO ADYACENTE

Como criterios radiológicos de degeneración del segmento adyacente se consideraron los siguientes:

- Retrolistesis/Anterolistesis en segmentos libres superior a 3 mm.
- Pérdida de al menos 1 mm en la altura global del disco (anterior, posterior y central) según métodos de Farfan y Miyakoshi.
- Degeneración discal radiológica moderada o severa según las escalas de Weiner (Grados 2 y 3) y/o UCLA (Grados III y IV).
- Rotación de segmentos libres según escala de Nash-Moe (al menos un grado de rotación).
- Degeneración discal severa en RM según escala de Pfirrmann (grados IV-V).

Como consecuencia, presentaron uno o más de estos criterios 151 pacientes, cuya proporción fue del 57,4% (IC 95%: 51,2-63,6). La distribución de estos pacientes en función del número de criterios que presentaban se muestra en la figura 61.

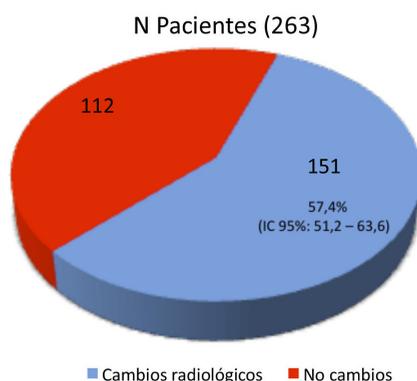


Figura 61. Distribución de pacientes con cambios radiológicos compatibles con DSA durante el seguimiento.

La proporción de pacientes que presentaron cada uno de los criterios radiológicos considerados se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Frecuencia de aparición de las variables radiológicas relacionadas con DSA.

| Crterios radiológicos de degeneración segmento adyacente | Nº (%) | IC 95% |
|--|------------|-------------|
| Retrolistesis/Anterolistesis en segmentos libres superior a 3 mm (n = 263) | 33 (12,5) | 8,4 - 16,7 |
| Pérdida de altura global del disco (n = 263) | 112 (42,6) | 36,4 - 48,8 |
| Degeneración discal radiológica moderada o severa (n = 263) | 35 (13,3) | 9,0 - 17,6 |
| Rotación de segmentos libres (n = 263) | 36 (13,6) | 9,3 - 18,0 |
| Degeneración objetivada mediante RM (n = 73) | 32 (43,8) | 31,8 - 55,9 |

Se consideró reaparición de los síntomas (dolor lumbar, dolor radicular o claudicación neurógena) cuando, tras una mejoría en el postoperatorio inmediato (3 meses), en el Índice de Discapacidad de Oswestry los pacientes habían aumentado su puntuación, de discapacidad leve (0-20%) a moderada (21-40%) o severa (superior al 40%). También cuando en la EVA, tras una mejoría en la puntuación durante el periodo postoperatorio inmediato, habían incrementado dicha puntuación al menos 3 puntos en una escala de 0 a 10, tanto en la intensidad del dolor lumbar como en la de miembros inferiores.

De todos los pacientes con alguno de los criterios radiológicos, en total 151, presentaban en el momento de la evaluación reaparición de síntomas compatibles con degeneración del segmento adyacente (CASP) 53 pacientes (20.2%). Un total de 98 pacientes (37,4%) con cambios radiológicos no fueron sintomáticos según los criterios clínicos de reaparición de dolor lumbar, dolor radicular o claudicación. Sólo 19 pacientes (7,2%) presentaron agravamiento de síntomas clínicos como dolor lumbar o radicular, no relacionados con cambios radiológicos. Finalmente, 93 pacientes (35,4%) presentaban ausencia de cambios radiológicos sin aumento de dolor lumbar o radicular (Tabla 21).

Tabla 21. Distribución de los pacientes con degeneración radiológica (RASP) y clínica (CASP).

| | | Degeneración radiológica (RASP) | | |
|-----------------------------|----|---------------------------------|-------------|-------------|
| | | SI | NO | TOTAL |
| Degeneración clínica (CASP) | SI | 53 (20,2%) | 19 (7,2%) | 72 (27,4%) |
| | NO | 98 (37,3%) | 93 (35,4%) | 191 (72,6%) |
| TOTAL | | 151 (57,4%) | 112 (42,6%) | 263 (100%) |

Los pacientes con fusiones largas (más de 4 niveles) representaron el 4,9% del total (13 pacientes), con nivel de fusión proximal L1. En 5 de ellos (38,5%) se observaron complicaciones: un paciente presentó una fractura vertebral T12, otro fue reintervenido por presentar deformidad sagital sintomática por cifosis toracolumbar y dos pacientes fueron reintervenidos por deformidad coronal y sagital combinada.

Los cambios radiológicos considerados fueron más frecuentes en el primer disco superior al fusionado (21,3%), en el segundo disco superior (18,6%) y en el inferior (17,1%) (Tabla 22). El número de cambios según las variables consideradas por disco libre se muestra en la tabla 23.

Tabla 22. Frecuencia de aparición de cambios radiológicos y/o clínicos en los discos libres.

| | | Nivel de afectación | | | | |
|--|----|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | 1º disco Superior | Disco inferior | 2º disco superior | 3º disco superior | 4º disco superior |
| Degeneración radiológica (RASP) o clínica (CASP) | SI | 56 (21,3%) | 24 (17,1%) | 49 (18,6%) | 37 (14,1%) | 9 (3,4%) |
| | NO | 113 (43,0%) | 197 (77,9%) | 176 (78,2%) | 131 (78,0%) | 49 (84,5%) |
| TOTAL | | 225 | 137 | 225 | 168 | 58 |

Tabla 23. Número de cambios radiológicos y RM en los discos libres.

| Número cambios disco | 1º disco superior | 2º disco superior | 3º disco superior | 4º disco superior | Disco inferior |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1 | 55 (20,9%) | 52 (19,8%) | 42 (16,0%) | 10 (3,8%) | 30 (11,4%) |
| 2 | 21 (8,0%) | 17 (6,5%) | 10 (3,8%) | 1 (0,4%) | 10 (3,8%) |
| 3 | 24 (9,1%) | 12 (4,6%) | 5 (1,9%) | 2 (0,8%) | 5 (1,9%) |
| 4 | 7 (2,7%) | 4 (1,5%) | 3 (1,1%) | - | - |
| 5 | 1 (0,4%) | - | - | - | - |

El momento de aparición de los síntomas en pacientes sintomáticos ASP se muestra en la figura 62, con similar incidencia en todos los periodos de tiempo en los 5 primeros años y disminuyendo a partir del sexto año.

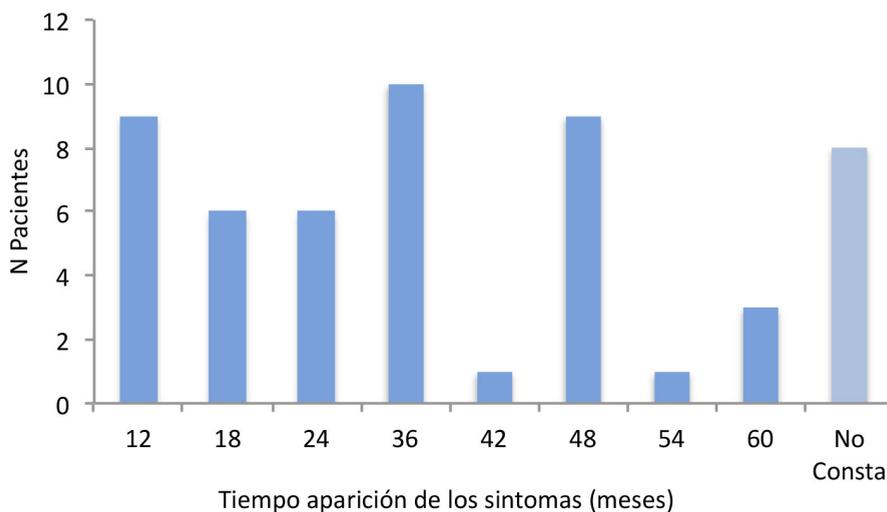


Figura 62. Momento de aparición de los síntomas.

5.6. ANÁLISIS DE FIABILIDAD

Los análisis de fiabilidad intra e interobservador se realizaron mediante la determinación del coeficiente de correlación intraclass (ICC) en el caso de las medidas cuantitativas y mediante el cálculo del índice de Kappa en el caso de las medidas cualitativas. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 24 y 25.

Tabla 24. Coeficiente correlación intraclass (CCI) para medidas cuantitativas.

| Variables cuantitativas | Intraobservador | | Interobservador | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Antes de la intervención | Al final del seguimiento | Antes de la intervención | Al final del seguimiento |
| Lordosis lumbar | 0,969 (0,928-0,987) | 0,976 (0,943-0,990) | 0,932(0,852-0,974) | 0,951 (0,882-0,980) |
| Altura discal Farfan | | | | |
| 1° Disco sup ant | 0,856 (0,660-0,939) | 0,969 (0,927-0,987) | 0,735 (0,361-0,890) | 0,911 (0,786-0,963) |
| 1° Disco sup post | 0,845 (0,607-0,938) | 0,811 (0,555-0,920) | 0,863 (0,669-0,943) | 0,797 (0,474-0,922) |
| 2° Disco sup ant | 0,903 (0,754-0,961) | 0,931 (0,826-0,973) | 0,856 (0,627-0,945) | 0,877 (0,681-0,953) |
| 2° Disco sup post | 0,845 (0,607-0,938) | 0,627 (0,002-0,860) | 0,805 (0,323-0,944) | 0,895 (0,637-0,970) |
| 3° Disco sup ant | 0,858 (0,578-0,952) | 0,934 (0,771-0,981) | 0,784 (0,454-0,915) | 0,952 (0,759-0,960) |
| 3° Disco sup post | 0,707 (0,163-0,898) | 0,506 (0,414-0,827) | 0,826 (0,535-0,935) | 0,888 (0,709-0,957) |
| 4° Disco sup ant | 0,927 (0,479-0,990) | 0,915(0,396-0,988) | 0,814 (0,389-0,943) | 0,623 (0,885-0,965) |
| 4° Disco sup post | 0,720 (0,360-0,961) | 0,982 (0,875-0,988) | 0,736 (0,085-0,924) | 0,896 (0,256-0,985) |
| Disco inferior ant | 0,863 (0,550-0,958) | 0,679 (0,000-0,897) | 0,779 (0,108-0,945) | 0,828 (0,435-0,947) |
| Disco inferior post | 0,629 (0,214-0,887) | 0,606 (0,290-0,680) | 0,689 (0,250-0,923) | 0,738 (0,140-0,920) |
| Altura discal Miyakoshi | | | | |
| 1° Disco sup | 0,863 (0,662-0,944) | 0,874 (0,874-0,953) | 0,784 (0,454-0,915) | 0,902 (0,759-0,960) |
| 2° Disco sup | 0,902 (0,745-0,962) | 0,874 (0,663-0,953) | 0,668 (0,114-0,876) | 0,888 (0,709-0,957) |
| 3° Disco sup | 0,735 (0,175-0,915) | 0,885 (0,623-0,965) | 0,814 (0,389-0,943) | 0,885 (0,623-0,965) |
| 4° Disco sup | 0,961 (0,626-0,996) | 0,962 (0,631-0,996) | 0,909 (0,127-0,991) | 0,952 (0,543-0,995) |
| Disco inferior | 0,793 (0,229-0,944) | 0,857 (0,504-0,959) | 0,736 (0,085-0,924) | 0,808 (0,335-0,945) |

Tabla 25. Fiabilidad Kappa para medidas cualitativas.

| Variables cualitativas | Intraobservador | | Interobservador | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Antes de la intervención | Al final del seguimiento | Antes de la intervención | Al final del seguimiento |
| Rotación | 0,828 | 0,853 | 0,326 | 0,353 |
| Listesis | 0,648 | 0,781 | 0,648 | 0,651 |
| Degeneración discal Weiner | | | | |
| 1° Disco sup | 1,000 | 1,000 | 0,645 | 0,491 |
| 2° Disco sup | 0,747 | 0,500 | 0,784 | 0,387 |
| 3° Disco sup | 0,922 | 1,000 | 0,851 | 0,719 |
| 4° Disco sup | - | - | - | - |
| Disco inferior | 0,893 | 0,919 | 0,891 | 0,932 |
| Degeneración discal UCLA | | | | |
| 1° Disco sup | 0,897 | 1,000 | 0,716 | 0,491 |
| 2° Disco sup | 0,807 | 0,824 | 0,737 | 0,812 |
| 3° Disco sup | 1,000 | 1,000 | 0,923 | 0,851 |
| 4° Disco sup | - | - | - | - |
| Disco inferior | 0,903 | 0,826 | 0,852 | 0,826 |
| Degeneración discal RM | | | | |
| 1° disco sup | 0,582 | 0,656 | 0,502 | 0,780 |
| 2° disco sup | 0,571 | 0,884 | 0,706 | 0,884 |
| 3° Disco sup | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 4° Disco sup | - | - | - | - |
| Disco inferior | 0,667 | 0,855 | 0,603 | 0,583 |
| Criterios fusión | | | | |
| PL | - | 0,897 | - | 0,444 |
| PLIF | - | 0,795 | - | 0,750 |

El grado de acuerdo para las medidas cuantitativas fue casi perfecto para las medidas de la lordosis lumbar y substancial para la medida de la altura discal tanto intra como interobservador. Para las medidas cualitativas el grado de acuerdo intraobservador fue casi perfecto para evaluar el grado de rotación y degeneración discal, y substancial para la evaluación del deslizamiento y grado de fusión. El grado de acuerdo interobservador fue regular para evaluar el grado de rotación y substancial para el deslizamiento, degeneración discal y grado de fusión.

5.7. ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA

La proporción acumulada de supervivencia (periodo de tiempo sin degeneración discal) en diferentes intervalos de tiempo, calculada mediante el método actuarial, aparece en la tabla 26 y su representación gráfica en la figura 63.

Tabla 26. Proporción acumulada de supervivencia de discos libres en diferentes intervalos de tiempo.

| Intervalo de tiempo (meses) | Nº de pacientes | Nº de DSA | Proporción acumulada que permanece sin DSA (PA) | Error Estándar (PA) | Densidad de probabilidad (DP) | Error Estándar (DP) |
|-----------------------------|-----------------|-----------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| 0-12 meses | 263 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,000 | 0,000 |
| 12-24 meses | 263 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,000 | 0,000 |
| 24-36 meses | 263 | 12 | 0,95 | 0,02 | 0,005 | 0,001 |
| 36-48 meses | 168 | 12 | 0,87 | 0,03 | 0,006 | 0,002 |
| 48-60 meses | 116 | 13 | 0,75 | 0,04 | 0,010 | 0,003 |
| 60-72 meses | 65 | 9 | 0,62 | 0,05 | 0,011 | 0,003 |
| > 72 meses | 26 | 7 | 0,36 | 0,08 | 0,022 | 0,007 |

El porcentaje de pacientes con DSA se incrementó de forma progresiva durante el seguimiento: en el tercer año 12 pacientes experimentaron cambios (4,5%), en el cuarto año 12 pacientes (7,1%), en el quinto año 13 pacientes (11,2%), en el sexto año 9 pacientes (13,8%) y en el séptimo año 7 pacientes (26,9%). La mediana de supervivencia fue de 79 meses (IC 95%: 76,6 – 81,4) (Tabla 27).

Tabla 27. Media y mediana de supervivencia (periodo de tiempo sin DSA).

| Media y mediana de supervivencia | Media | | | Mediana | | |
|----------------------------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| | 69,6 | 1,3 | 66,9-72,3 | 79 | 1,2 | 76,6-81,4 |

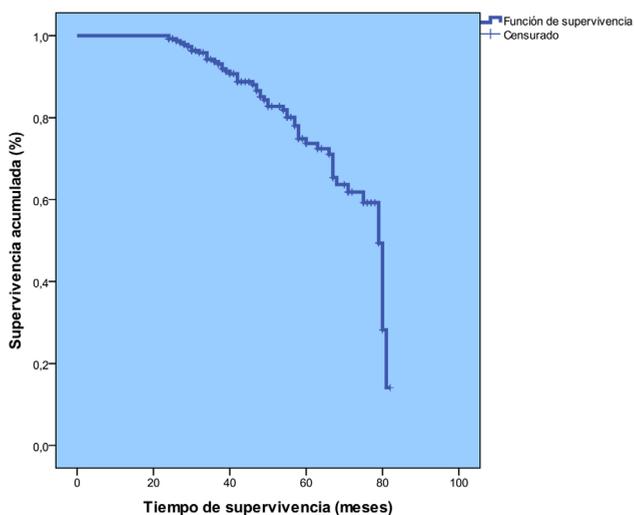


Figura 63. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de supervivencia de discos libres.

Los pacientes de más edad no mostraron mayor probabilidad de degeneración del segmento adyacente respecto a los más jóvenes, aunque la diferencia se situó al borde del nivel de significación estadística ($p=0,058$). La mediana y las probabilidades acumuladas de supervivencia en mayores y menores de 60 años se muestran respectivamente en las tablas 28 y 29. En la figura 64 aparece la curva de supervivencia de ambos grupos a lo largo del periodo de seguimiento.

Tabla 28. Media y mediana del tiempo de supervivencia en pacientes mayores y menores de 60 años.

| Edad | Media | | | Mediana | | |
|---------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| < 60 años | 72,1 | 1,7 | 68,6-75,6 | 80 | 6,1 | 68,0-91,9 |
| ≥ 61 años | 67,1 | 2,0 | 63,1-71,1 | 75 | 3,9 | 67,2-82,7 |
| Global | 69,5 | 1,3 | 66,9-72,2 | 79 | 1,2 | 76,5-81,4 |

Tabla 29. Probabilidad acumulada de DSA en pacientes mayores y menores de 60 años.

| Edad | Intervalo de tiempo (meses) | N° de pacientes | N° de DSA | Proporción acumulada que permanece sin DSA (PA) | Error Estándar (PA) | Densidad de probabilidad (DP) | Error Estándar (DP) |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| Pacientes < 60 años | 0-12 meses | 130 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 130 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 130 | 2 | 0,98 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 92 | 7 | 0,90 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 61 | 6 | 0,79 | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 32 | 3 | 0,69 | 0,07 | 0,01 | 0,00 |
| | > 72 meses | 14 | 3 | 0,45 | 0,12 | 0,02 | 0,01 |
| Pacientes ≥ 61 años | 0-12 meses | 133 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 133 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 133 | 10 | 0,91 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 76 | 5 | 0,84 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 55 | 7 | 0,72 | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 33 | 6 | 0,55 | 0,07 | 0,01 | 0,00 |
| | >72 meses | 12 | 4 | 0,27 | 0,10 | 0,02 | 0,00 |

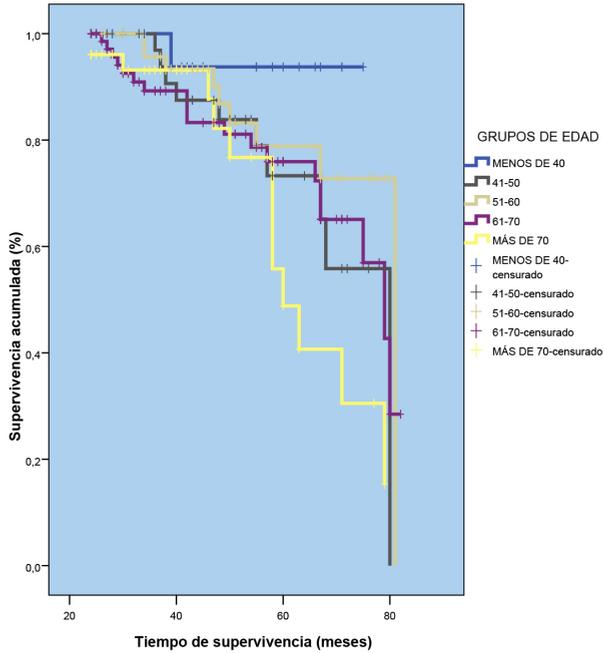


Figura 64. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según grupos de edad.

El riesgo de degeneración de discos libres no fue significativamente superior en mujeres respecto a hombres ($p=0,096$). En las tablas 30 y 31 se muestran la mediana y la probabilidad acumulada de supervivencia en ambos sexos y en la figura 65 la correspondiente curva de supervivencia.

Tabla 30. Media y mediana del tiempo de supervivencia según sexo.

| Sexo | Media | | | Mediana | | |
|---------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| Hombre | 72,5 | 2,0 | 68,5-76,5 | 79 | 79 | - |
| Mujer | 67,8 | 1,7 | 64,5-71,2 | 79 | 79 | 74,4-83,5 |
| Global | 69,5 | 1,4 | 66,9-72,3 | 79 | 1,3 | 76,5-81,4 |

Tabla 31. Probabilidad acumulada de DSA según sexo.

| Sexo | Intervalo de tiempo (meses) | Nº de pacientes | Nº de DSA | Proporción acumulada que permanece sin DSA (PA) | Error Estándar (PA) | Densidad de probabilidad (DP) | Error Estándar (DP) |
|---------------|-----------------------------|-----------------|-----------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| Hombre | 0-12 meses | 98 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 98 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 98 | 3 | 0,96 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 61 | 2 | 0,96 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 37 | 2 | 0,96 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 21 | 2 | 0,93 | 0,09 | 0,01 | 0,00 |
| | > 72 meses | 6 | 1 | 0,71 | 0,19 | 0,01 | 0,01 |
| Mujer | 0-12 meses | 165 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 165 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 165 | 9 | 0,94 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 107 | 10 | 0,90 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 79 | 11 | 0,84 | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 44 | 7 | 0,80 | 0,06 | 0,01 | 0,00 |
| | >72 meses | 20 | 6 | 0,54 | 0,08 | 0,02 | 0,00 |

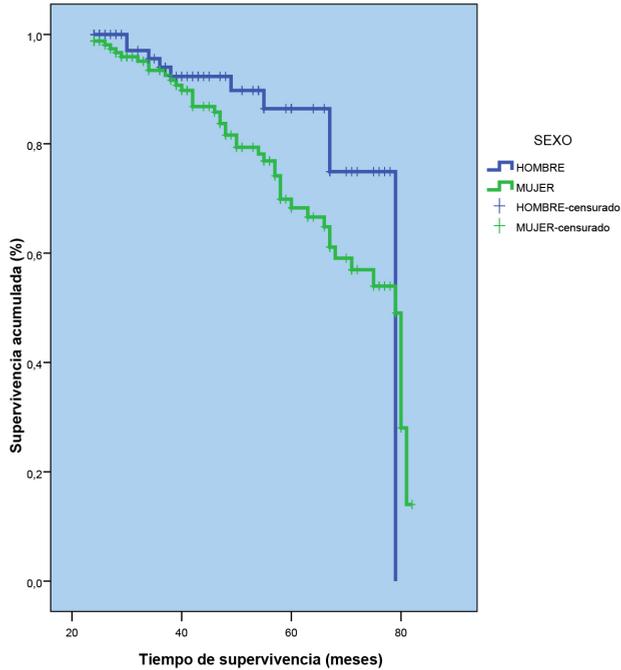


Figura 65. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según sexo.

Según el tipo de fusión, la probabilidad de degeneración de los discos libres no fue significativamente diferente al comparar la técnica de fusión posterolateral con circunferencial ($p = 0,220$). El valor de la mediana de supervivencia en el primer caso fue de 68,4 (IC 95%: 65,1 – 71,8) y en el segundo caso de 71,8 (IC 95%: 67,3 – 76,4) (Tabla 32). En la tabla 33 y en la figura 66 se muestran respectivamente la probabilidad acumulada de supervivencia y su correspondiente representación gráfica.

Tabla 32. Media y mediana del tiempo de supervivencia según tipo de fusión.

| Técnica | Media | | | Mediana | | |
|---------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| PL | 68,4 | 1,6 | 65,1-71,8 | 79 | 4,7 | 69,9-88,3 |
| PLIF | 71,8 | 2,3 | 67,3-76,4 | 80 | 3,9 | 72,2-87,7 |
| Global | 69,6 | 1,3 | 66,9-72,3 | 79 | 1,3 | 76,5-81,4 |

Tabla 33. Probabilidad acumulada de DSA según tipo de fusión.

| Técnica | Intervalo de tiempo (meses) | Nº de pacientes | Nº de DSA | Proporción acumulada que permanece sin DSA (PA) | Error Estándar (PA) | Densidad de probabilidad (DP) | Error Estándar (DP) |
|---------|-----------------------------|-----------------|-----------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| PLIF | 0-12 meses | 90 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 90 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 90 | 1 | 0,99 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 60 | 6 | 0,87 | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 37 | 4 | 0,76 | 0,07 | 0,00 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 21 | 1 | 0,71 | 0,08 | 0,00 | 0,00 |
| | > 72 meses | 7 | 2 | 0,39 | 0,17 | 0,02 | 0,01 |
| PL | 0-12 meses | 173 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 173 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 173 | 11 | 0,92 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 108 | 6 | 0,87 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 79 | 9 | 0,75 | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 44 | 8 | 0,58 | 0,06 | 0,01 | 0,00 |
| | >72 meses | 19 | 5 | 0,34 | 0,09 | 0,02 | 0,00 |

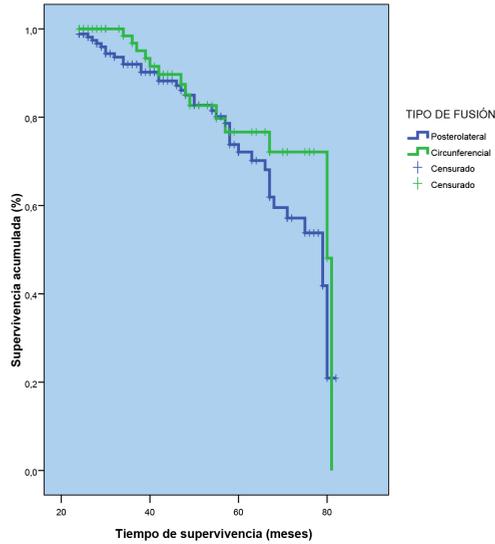


Figura 66. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según el tipo de fusión.

Los niveles de fusión sí mostraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la supervivencia de los discos libres ($p=0,009$). El número de niveles fusionados aumenta la probabilidad de degeneración discal en los discos libres no fusionados. La fusión de 3 o más segmentos aumenta el riesgo de degeneración frente a uno o 2 segmentos. En la figura 67 se muestran las curvas de supervivencia de los diferentes niveles de fusión.

Tabla 34. Media y mediana del tiempo de supervivencia según niveles de fusión.

| Niveles de Fusión | Media | | | Mediana | | |
|-------------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| L5-S1 | 74,7 | 74,7 | 70,2-79,2 | 80 | 9,3 | 61,6-98,3 |
| L4-L5 | 68,9 | 68,9 | 63,5-74,3 | 79 | 10,3 | 58,6-99,3 |
| L4-S1 | 67,8 | 67,8 | 60,5-75,1 | - | - | - |
| L3-L5 | 70,5 | 70,5 | 64,9-76,1 | 79 | 5,3 | 68,5-89,4 |
| L2-L5/L3-S1 | 52,4 | 52,4 | 45,4-59,4 | 50 | 5,2 | 39,7-60,2 |

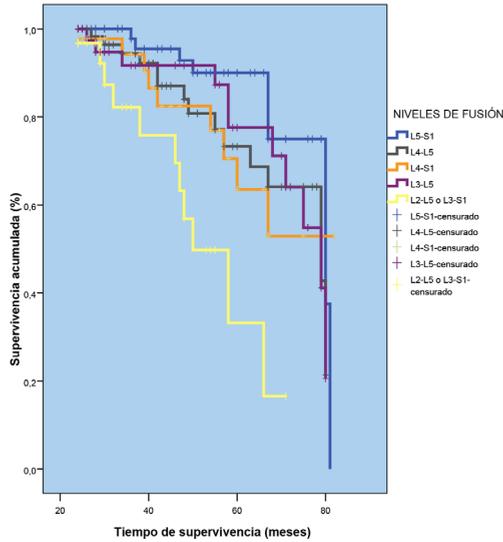


Figura 67. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según niveles de fusión.

En el análisis de la supervivencia según el tipo de instrumentación pedicular, los casos intervenidos con tornillos pediculares abiertos mostraron mayor probabilidad de degeneración de discos libres que aquellos intervenidos mediante tornillos con conector lateral ($p < 0,001$). En la tabla 35 se muestra la mediana de supervivencia en cada tipo de instrumentación y en la tabla 36 la probabilidad acumulada de supervivencia en ambos grupos. Su correspondiente curva de supervivencia aparece en la figura 68.

Tabla 35. Media y mediana del tiempo de supervivencia según tipo de instrumentación pedicular.

| Tipo de instrumentación pedicular | Media | | | Mediana | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| Abierto | 64,9 | 1,4 | 61,2-68,6 | 68 | 3,2 | 61,5-74,4 |
| Conector lateral | 75,8 | 1,8 | 72,9-78,6 | 80 | 0,5 | 78,8-81,1 |
| Global | 69,5 | 1,3 | 66,9-72,2 | 79 | 1,2 | 76,5-81,4 |

Tabla 36. Probabilidad acumulada de DSA según el tipo de instrumentación pedicular.

| Tipo de tornillos | Intervalo de tiempo (meses) | Nº de pacientes | Nº de DSA | Proporción acumulada que permanece sin DSA (PA) | Error Estándar (PA) | Densidad de probabilidad (DP) | Error Estándar (DP) |
|-------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| Conector lateral | 0-12 meses | 62 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 62 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 62 | 0 | 1,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 59 | 1 | 0,98 | 0,05 | 0,02 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 57 | 6 | 0,87 | 0,07 | 0,05 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 38 | 3 | 0,78 | 0,08 | 0,06 | 0,00 |
| | > 72 meses | 19 | 4 | 0,51 | 0,17 | 0,12 | 0,00 |
| Abierto | 0-12 meses | 201 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 201 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 201 | 12 | 0,93 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 109 | 11 | 0,81 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 59 | 7 | 0,69 | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 27 | 6 | 0,48 | 0,08 | 0,01 | 0,00 |
| | >72 meses | 7 | 3 | 0,19 | 0,11 | 0,02 | 0,01 |

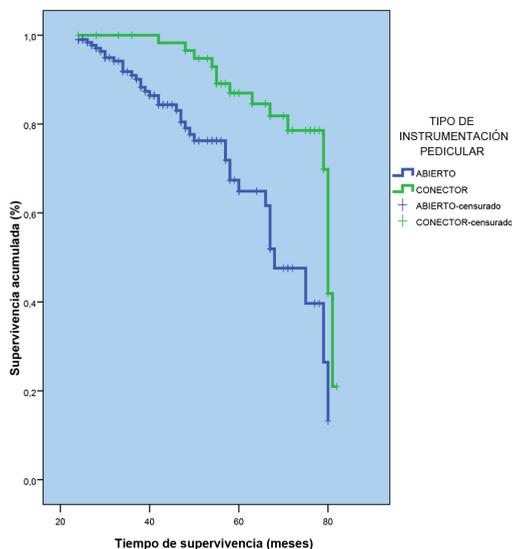


Figura 68. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según el tipo de instrumentación pedicular.

El análisis de supervivencia según la lordosis lumbar total postoperatoria (hipolordótica frente a normo o hiperlordótica) mostró una diferencia estadísticamente significativa en el riesgo de degeneración ($p=0,018$), siendo éste superior en pacientes con lordosis lumbar total (LLT) postoperatoria hipolordótica (Tablas 37 y 38, Figura 69).

En el análisis de la lordosis lumbosacra (LLS) postoperatoria no se observaron diferencias en el riesgo de degeneración en hipo frente a normo o hiperlordosis ($p=0,9$) (Tablas 39 y 40, Figura 70).

Tabla 37. Media y mediana del tiempo de supervivencia según lordosis lumbar total (LLT) postoperatoria.

| Lordosis lumbar total (LLT) | Media | | | Mediana | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| Hipolordosis | 65,8 | 2,2 | 61,4-70,2 | 68 | 3,2 | 61,6-74,3 |
| Normo/ hiperlordosis | 71,9 | 1,6 | 68,6-75,1 | 80 | 1,1 | 77,7-82,2 |
| Global | 69,5 | 1,3 | 66,9-72,3 | 79 | 1,2 | 76,5-81,4 |

Tabla 38. Probabilidad acumulada de DSA según los cambios en la lordosis lumbar total (LLT).

| Lordosis lumbar total (LLT) | Intervalo de tiempo (meses) | Nº de pacientes | Nº de DSA | Proporción acumulada que permanece sin DSA (PA) | Error Estándar (PA) | Densidad de probabilidad (DP) | Error Estándar (DP) |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| Normo/hiperlordosis | 0-12 meses | 155 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 155 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 155 | 3 | 0,98 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 100 | 7 | 0,90 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 70 | 9 | 0,76 | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 41 | 3 | 0,69 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| | > 72 meses | 19 | 4 | 0,45 | 0,10 | 0,02 | 0,00 |
| Hipolordosis | 0-12 meses | 108 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 108 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 108 | 9 | 0,90 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 68 | 5 | 0,83 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 46 | 4 | 0,74 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 24 | 6 | 0,50 | 0,09 | 0,02 | 0,00 |
| | >72 meses | 7 | 3 | 0,20 | 0,11 | 0,02 | 0,01 |

Entre los pacientes con normo o hiperlordosis lumbar total (LLT), la proporción de los que permanecen sin DSA al cabo de 36 meses es del 98%, frente al 90% entre los que presentan hipolordosis. Esta diferencia es muy superior al cabo del tiempo, siendo respectivamente del 69% y 50% al cabo de 72 meses y del 45% y 20% en un periodo posterior.

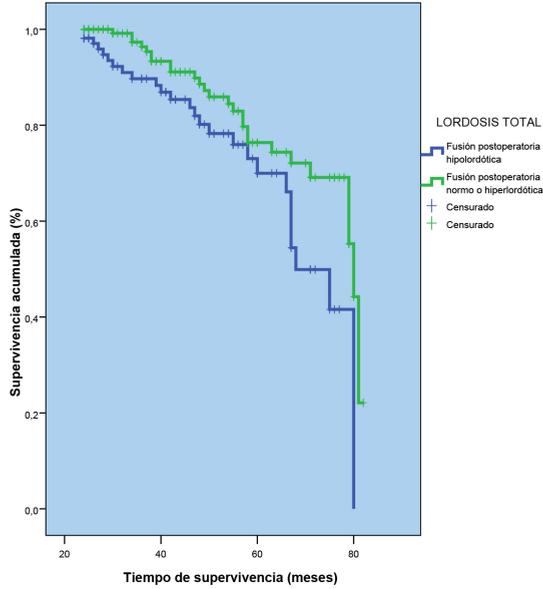


Figura 69. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según la LLT postoperatoria hiper o normolordótica frente a hipolordótica.

Tabla 39. Media y mediana del tiempo de supervivencia según la lordosis lumbosacra postoperatoria (LLS).

| Lordosis lumbosacra (LLS) | Media | | | Mediana | | |
|---------------------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| Normolordosis | 67,8 | 1,9 | 64,0-71,7 | 80,0 | 3,2 | 73,6-86,3 |
| Hipolordosis | 71,1 | 1,8 | 667,5-74,5 | 80,0 | 6,1 | 68,0-91,9 |
| Global | 69,5 | 1,3 | 66,9-72,2 | 79,0 | 1,2 | 76,5-81,4 |

Tabla 40. Probabilidad acumulada de DSA según los cambios en la lordosis lumbosacra (LLS).

| Lordosis lumbosacra (LLS) | Intervalo de tiempo (meses) | Nº de pacientes | Nº de DSA | Proporción acumulada que permanece sin DSA (PA) | Error Estándar (PA) | Densidad de probabilidad (DP) | Error Estándar (DP) |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| Hipolordosis | 0-12 meses | 131 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 131 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 131 | 10 | 0,91 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 81 | 5 | 0,85 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 56 | 4 | 0,77 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 33 | 7 | 0,56 | 0,08 | 0,01 | 0,00 |
| | > 72 meses | 12 | 3 | 0,34 | 0,11 | 0,01 | 0,00 |
| Normolordosis | 0-12 meses | 132 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 132 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 132 | 2 | 0,98 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 87 | 7 | 0,89 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 60 | 9 | 0,73 | 0,06 | 0,01 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 32 | 2 | 0,67 | 0,07 | 0,00 | 0,00 |
| | >72 meses | 14 | 4 | 0,37 | 0,12 | 0,02 | 0,01 |

Entre los pacientes con hipolordosis lumbosacra (LLS), la proporción de los que permanecen sin DSA al cabo de 36 meses es del 91%, frente al 98% entre los que presentan normolordosis. Esta diferencia no se incrementa al cabo del tiempo, siendo respectivamente del 56% y 67% al cabo de 72 meses y del 34% y 37% en un periodo posterior (Tablas 39 y 40) (Figura 70).

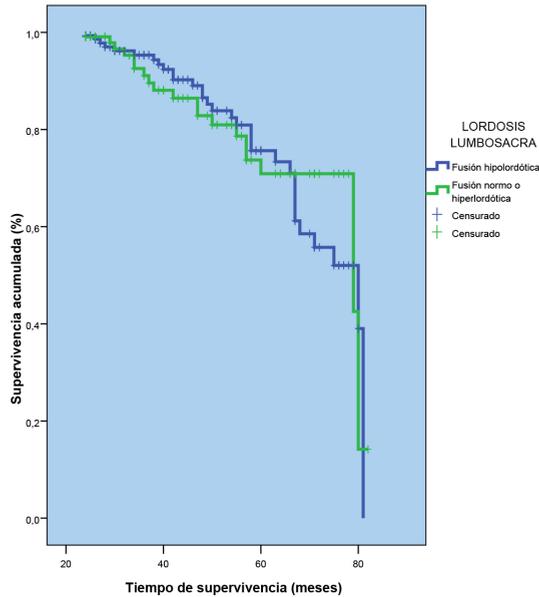


Figura 70. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según la lordosis lumbosacra (LLS) hipolordótica frente a norma o hiperlordótica.

Según el diagnóstico, los pacientes intervenidos con estenosis de canal lumbar, muestran mayor probabilidad de degeneración de discos libres, de forma significativa, frente al resto de diagnósticos ($p=0,019$) (Tabla 41) (Figura 71).

Tabla 41. Media y mediana del tiempo de supervivencia según diagnóstico.

| Diagnóstico | Media | | | Mediana | | |
|---------------------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | Estimación | Error típico | IC (95%) | Estimación | Error típico | IC (95%) |
| Estenosis de canal | 67,4 | 1,7 | 64,0-70,7 | 79,0 | 4,4 | 70,3-87,6 |
| Resto diagnósticos | 74,8 | 2,0 | 70,7-78,9 | 80,0 | 6,6 | 66,9-93,0 |
| Global | 69,5 | 1,3 | 66,8-72,2 | 79,0 | 1,2 | 76,5-81,4 |

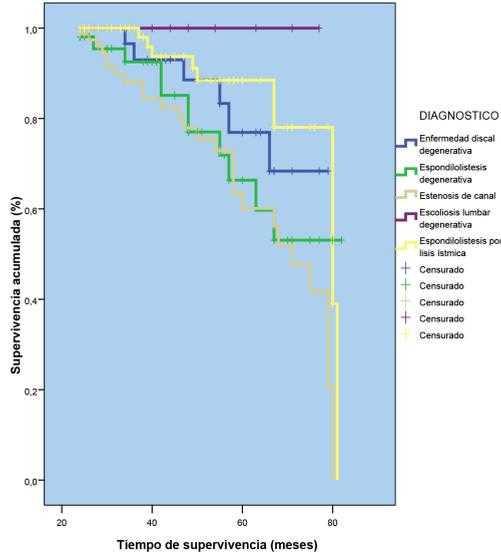


Figura 71. Representación gráfica de la probabilidad acumulada de degeneración de discos libres según el diagnóstico.

Tabla 42. Probabilidad acumulada de DSA según diagnóstico.

| Diagnóstico | Intervalo de tiempo (meses) | Nº de pacientes | Nº de DSA | Proporción acumulada que permanece sin DSA (PA) | Error Estándar (PA) | Densidad de probabilidad (DP) | Error Estándar (DP) |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| Estenosis de canal | 0-12 meses | 190 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 190 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 159 | 12 | 0,92 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 103 | 9 | 0,84 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 68 | 11 | 0,71 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 35 | 7 | 0,57 | 0,06 | 0,00 | 0,01 |
| | > 72 meses | 11 | 4 | 0,36 | 0,09 | 0,00 | 0,02 |
| Resto diagnósticos | 0-12 meses | 73 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 12-24 meses | 73 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 24-36 meses | 62 | 0 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 36-48 meses | 45 | 3 | 0,93 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| | 48-60 meses | 29 | 2 | 0,87 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| | 60-72 meses | 15 | 2 | 0,75 | 0,09 | 0,00 | 0,01 |
| | >72 meses | 5 | 3 | 0,34 | 0,17 | 0,01 | 0,03 |

En el análisis de regresión de Cox efectuado para valorar el efecto de las diferentes variables de estudio sobre la probabilidad de degeneración del segmento adyacente se observa que en los pacientes intervenidos con tornillos abiertos el riesgo de DSA se multiplica por 3 (HR= 2,983; IC 95%: 1,548-5,748; p=0,001) y por 2 en pacientes con tres o más niveles de fusión (HR= 2,076; IC 95%:1,047-4,116 ; p=0,037) (Tabla 43) (Figura 72).

Tabla 43. Variables asociadas mediante regresión de Cox a la degeneración del segmento adyacente.

| Variables | Coficiente | HR | IC (95%) | P |
|---------------------------|------------|-------|-------------|-------|
| Tornillos abiertos | 1,093 | 2,983 | 1,548-5,748 | 0,001 |
| Niveles de fusión | 0,730 | 2,076 | 1,047-4,116 | 0,037 |

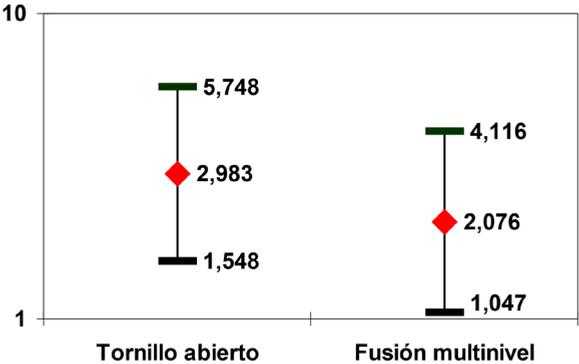


Figura 72. Representación gráfica de las variables asociadas a la probabilidad de DSA mediante un modelo de regresión de Cox.

6. DISCUSIÓN

6.1. COMENTARIOS AL MÉTODO

Mediante un diseño longitudinal se ha evaluado a una cohorte de pacientes cuya característica común ha sido haber sido intervenidos mediante un procedimiento de fusión lumbar. Dichos sujetos han sido evaluados desde el momento de la intervención hasta la última revisión en consulta. Al tratarse de un estudio observacional de carácter analítico, el diseño ha permitido la aproximación a posibles relaciones causales entre diferentes factores y el efecto considerado, consistente en la aparición de degeneración en el segmento adyacente.

Para evitar sesgos de selección se establecieron los criterios de inclusión y exclusión que permitieron identificar a pacientes en riesgo de presentar el evento estudiado. Al tratarse de una única cohorte, se realizaron comparaciones internas entre los sujetos seleccionados respecto a la aparición del evento “degeneración del segmento adyacente”. A lo largo del seguimiento no se observaron pérdidas, evitándose así la aparición de un nuevo sesgo de selección.

El estudio podría verse afectado por algún sesgo de información, debido a errores en las mediciones efectuadas. La validez podría verse afectada por la calidad de la información contenida en las fuentes disponibles. Respecto a la relación temporal existente entre el inicio del estudio y el momento en el que se presentó el desenlace de interés, tanto la exposición como el evento habían ocurrido en el momento del inicio del estudio, tratándose por tanto de un estudio de cohortes retrospectivo. El seguimiento de los sujetos fue reconstruido a través de la historia clínica y de las pruebas de imagen realizadas al paciente, las cuales, a pesar de sus limitaciones, pueden ser consideradas como fuentes de información válida y fiable para obtener los datos necesarios tanto sobre la exposición como sobre el evento.

El estudio, de carácter analítico, ha permitido evaluar la relación o fuerza de asociación existente entre cada factor de exposición y el evento estudiado. Así mismo, el estudio aporta información sobre la incidencia de la degeneración del segmento adyacente en los sujetos expuestos y sobre la magnitud de la asociación entre cada factor de exposición y la variable resultado.

Puesto que la duración del seguimiento ha sido desigual en los pacientes, se ha recurrido a un análisis de supervivencia dirigido a analizar el efecto de las diferentes variables en la aparición de degeneración en el segmento adyacente al fusionado. Esta técnica de análisis permitió estudiar la variable “tiempo hasta que ocurre la degeneración del segmento adyacente” y su dependencia de otras posibles variables explicativas.

6.2. COMENTARIOS A LOS RESULTADOS

6.2.1. Terminología

Hilibrand et al. utiliza el término degeneración del segmento adyacente para hacer referencia a los cambios radiológicos observados en niveles adya-

centes al fusionado, no necesariamente correlacionados con la clínica, y el término enfermedad del segmento adyacente para describir los nuevos síntomas acompañantes relacionados con los cambios radiológicos (133). Harrop et al. describen el término deterioro del segmento adyacente (ASDet) que incluye los cambios radiológicos descritos como degeneración de segmento adyacente (ASDeg) y los cambios clínicos como enfermedad del segmento adyacente (ASDis) (165). Anderson et al., mediante el término patología del segmento adyacente (ASP) describen los cambios que ocurren en los segmentos adyacentes al nivel fusionado. Los hallazgos radiológicos se definen como cambios radiológicos en el segmento adyacente (RASP) y la presencia de síntomas clínicos acompañantes se identifican como clínica del segmento adyacente (CASP) (134).

6.2.2. Definición

Degeneración del segmento adyacente es definida como la condición en la cual los pacientes experimentan una mejoría de los síntomas tras el procedimiento inicial de fusión durante un periodo de tiempo y desarrollan nuevos síntomas, acompañados por lesiones radiológicas y en RM en segmentos adyacentes, que requieren una nueva intervención. Para distinguir la afectación clínicamente significativa de síntomas menores, Hilibrand et al. sugieren que los pacientes deben solicitar o someterse a un tratamiento para los nuevos síntomas y que éstos deben estar presentes en al menos dos ocasiones (166). Aunque el periodo de aparición de los síntomas puede ser variable, Lee et al., en un estudio retrospectivo de incidencia de degeneración del segmento adyacente establecen el periodo mínimo de 6 meses de mejoría tras el procedimiento inicial hasta la reaparición de los síntomas (135).

La definición excluye otras causas de dolor durante el seguimiento que podrían deberse a complicaciones relacionadas con el procedimiento, como infección postoperatoria, dolor lumbar relacionado con pseudoartrosis o dolor

radicular relacionado con mal-posición de tornillos o extrusión del implante intersomático.

6.2.3. Incidencia

La incidencia de degeneración del segmento adyacente es variable tras un procedimiento de fusión lumbar o lumbosacra y varía ampliamente en la literatura desde las primeras descripciones en 1980. La verdadera incidencia es difícil de definir, ya que la mayoría de estudios son retrospectivos, con periodos de seguimientos variables y dependientes de la definición aplicada. Park et al., en un estudio de revisión de la literatura usando sólo criterios radiológicos como la degeneración discal, inestabilidad, pérdida de altura discal y estenosis, refiere cifras de incidencia entre el 8 y el 100%, disminuyendo la incidencia de casos con reaparición de los síntomas hasta el 5,2-18,5% (137). Hilibrand et al. y Rahm et al. también refieren que los cambios degenerativos sintomáticos son relativamente infrecuentes comparados con los cambios radiológicos (133,150). Nuestros resultados son similares a los descritos en la literatura, siendo el número de pacientes con cambios radiológicos (57,4%) superior al de pacientes que experimentan síntomas (20,2 %).

6.2.4. Signos

Los hallazgos radiológicos que identifican la degeneración de un segmento adyacente al fusionado han sido descritos ampliamente y podrían explicar la variabilidad en la incidencia según los criterios elegidos. Gillet describe las llamadas alteraciones potenciales del segmento adyacente móvil (AMSAs): deshidratación discal (RM), pérdida de altura discal, signo del vacío discal, osteofitos, aparición o incremento de retrolistesis, anterolistesis o luxación rotatoria, estenosis de canal debida a hipertrofia facetaria, abombamiento discal o ligamentoso e inestabilidad estática o dinámica con pérdida de la alineación espinal. Los cambios clínicos con reaparición de dolor lumbar no siempre son

consistentes con los hallazgos radiológicos y serían similares a los encontrados en columnas degenerativas no fusionadas (136).

En su estudio de revisión, Park et al. identifican los signos radiológicos descritos en investigaciones previas: degeneración discal con pérdida de altura discal, anterolistesis o retrolistesis, hernia del núcleo pulposo, estenosis, cambios hipertróficos facetarios, osteofitos, escoliosis, fracturas por compresión e inestabilidad, definida como translación sagital superior a 3-4 mm o cambios de apertura discal superiores a 10-15° en segmentos adyacentes (137).

Los estudios de imagen mediante TC identifican de forma precisa los hallazgos relacionados con la degeneración del segmento adyacente, como la presencia de osteofitos, artrosis facetaria y cambios degenerativos discales y subcondrales, así como hipertrofia facetaria y estenosis de canal secundaria, con grados variables de compromiso medular o radicular visibles en el estudio mediante RM. Sin embargo, mediante el estudio radiológico de la columna en bipedestación se identifican cambios relacionados con la posición erguida no visibles en la posición de decúbito. La rotación vertebral, deslizamiento anterior o posterior de la vértebra superior, pérdida de altura discal e inestabilidad, así como los cambios relacionados con la lordosis lumbar y el equilibrio sagital y coronal tras el procedimiento de fusión, son hallazgos visibles en el estudio radiológico que pueden pasar desapercibidos en la posición de decúbito. Estos signos han sido evaluados en nuestro estudio de forma aislada y combinada en todos los discos lumbares libres no incluidos en la fusión con grados de incidencia variable (Figura 73).

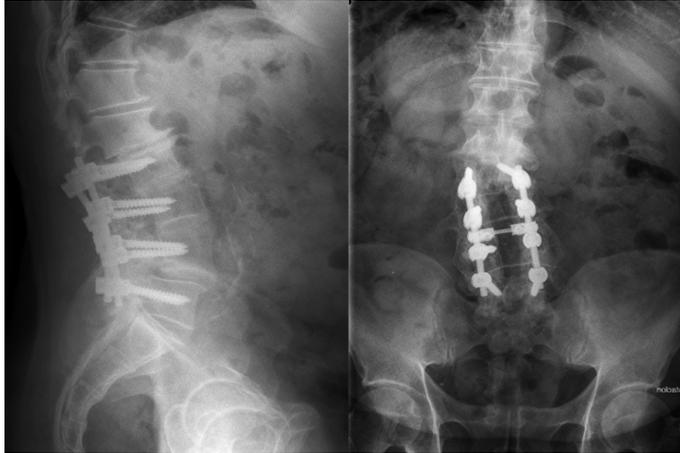


Figura 73. Estenosis de canal lumbar. Laminectomía descompresiva L2-L4 y artrodesis PL L2-L5. Las imágenes RX en proyecciones AP y L al final del seguimiento, muestran todos los signos relacionados con la DSA en el nivel L1-L2. Fusión sólida (puente óseo bilateral), rotación, cifosis toracolumbar, pérdida de altura discal, osteofitos, retrolistesis y degeneración discal severa.

Aunque la mayoría de cambios radiológicos han sido descritos en el segmento inmediato superior, generalmente el segmento sintomático, no son infrecuentes los cambios en otros discos libres superiores o inferiores al fusionado (Figura 74) (101).

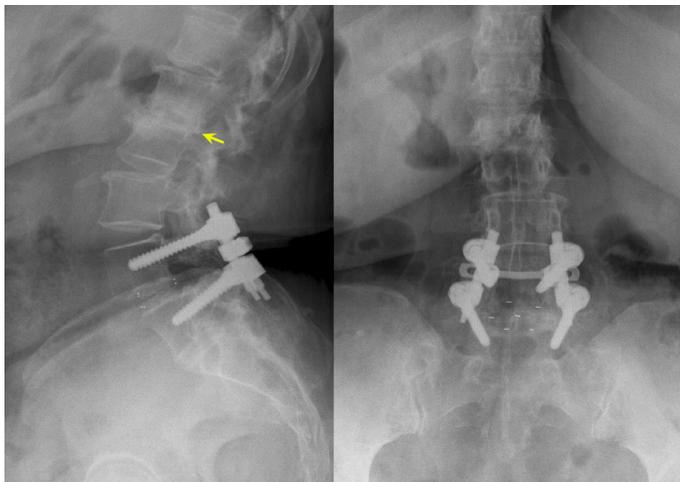


Figura 74. Espondilolistesis por lisis ístmica L4-L5. Artrodesis circunferencial PLIF. Degeneración discal severa del tercer disco libre superior L1-L2.

El primer mecanismo compensador de la pérdida de lordosis lumbar con posible deformidad sagital comienza en la columna lumbar (167,168). La pérdida de lordosis por fusión de uno o varios segmentos móviles, generalmente segmentos inferiores donde la lordosis lumbar es máxima, determina cambios compensadores en los segmentos proximales. Este mecanismo incrementa el stress en las estructuras posteriores, con posible aparición de retrolistesis y cambios degenerativos facetarios. La inestabilidad del segmento superior, generalmente retrolistesis, representa el estadio final del mecanismo de compensación de la lordosis perdida tras el procedimiento de fusión, como expresión de la hiperextensión máxima compensadora de segmentos superiores no fusionados (Figura 75). En 33 pacientes del estudio (12,5%) se observó deslizamiento, siendo en 28 pacientes (10,6%) el deslizamiento posterior (retrolistesis), frente a sólo 5 (1,9%) con deslizamiento anterior (anterolistesis). La localización generalmente se situó en segmentos superiores (sólo se observó un caso de listesis L5-S1 en un paciente con artrodesis previa L4-L5).



Figura 75. EDD L5-S1. Artrodesis circunferencial L5-S1 PLIF. Fusión sólida. Retrolistesis en todos los niveles superiores lumbares libres, más acusada en el nivel L2-L3.

Los cambios en cualquier grado de rotación en el postoperatorio en segmentos libres tras la fusión lumbar han sido considerados como signo de degeneración del segmento adyacente. Estudios previos en modelos animales y cadáveres humanos demuestran grados variables de cambios en la rotación de los segmentos superiores al fusionado cuando son sometidos a cargas en flexión, extensión y lateral, especialmente del primer segmento (144). La rotación de segmentos proximales al nivel fusionado, sobre todo en el primer disco superior, se ha relacionado con cambios en el tropismo facetario y con la degeneración discal asimétrica (102). En nuestro estudio el grado de rotación ha sido evaluado según la escala de Nash y Moe, observándose cambios en el grado de rotación en segmentos proximales en 36 pacientes (13,6%) y siendo más frecuentes los cambios con sólo un grado de rotación en 24 pacientes (9,1%), frente a 11 pacientes con cambios en dos grados de rotación (4,1%).

La inestabilidad de un segmento lumbar puede definirse según criterios clínicos y radiológicos. Aunque no existe una definición precisa de inestabilidad, se acepta la propuesta por Panjabi como la “condición de la columna que genera movimientos anormales que conducen a la restricción en los movimientos fisiológicos vertebrales para compensar la aparición del dolor” (169). La inestabilidad radiológica se define en radiografías dinámicas en flexo-extensión, aunque con criterios variables de translación en milímetros o apertura discal en grados. En nuestro estudio la ausencia de radiografías dinámicas ha condicionado la valoración de la inestabilidad como signo radiológico de degeneración. Sin embargo, si han sido medidos los cambios en el grado de apertura discal en radiografías laterales en bipedestación durante el seguimiento, como respuesta al segmento inferior fusionado. El disco inmediato superior muestra mayores cambios, con un aumento en el 66% de los casos en el grado de apertura anterior del disco, seguido por el segundo disco superior (61% de los pacientes). Los cambios son menores en el disco inferior (45,6%), expresión del menor grado de apertura del disco. Aunque la morfología del disco inferior contribuye en gran medida a la lordosis lumbar, la capacidad de res-

puesta compensadora tras la fusión de segmentos superiores se ve restringida por la orientación más coronal de las facetas (tropismo facetario), unido a la presencia de los ligamentos ilio-lumbares.

La pérdida de altura discal se ha considerado como un signo de degeneración del segmento adyacente. Sin embargo, previo a la pérdida de altura discal severa asociada a cambios de degeneración discal con osteofitos y esclerosis subcondral, la pérdida de altura posterior y el aumento de la altura anterior se relacionan con la hiperextensión como mecanismo compensador, para incrementar la lordosis tras la fusión de un segmento sin reposición de la lordosis previa. Este mecanismo compensador es más acentuado en el segmento inmediato superior al fusionado, aunque continúa en segmentos superiores. Numerosos sistemas de medida han sido propuestos para la evaluación de la altura discal. Ekman et al. describen mediante medición digital la altura anterior y posterior del disco con alto grado de fiabilidad (97) y Frobin et al. el método de medición de distorsión compensado para evaluar de forma precisa la altura discal (100). Sin embargo, los cambios en la altura discal tras la fusión de un segmento adyacente pueden ser asimétricos, como expresión de la respuesta compensadora, con aumento de la altura anterior y disminución en la altura posterior. Por tanto, hemos considerado en nuestro estudio la disminución en milímetros en la altura discal anterior, media y posterior como criterio de pérdida de altura discal en el estudio radiológico realizado al final del seguimiento y respecto al estudio previo preoperatorio. La medida de la altura discal se ha realizado en todos los discos libres no incluidos en la fusión, mediante medición digital con el programa Raim-PC, comprobándose la fiabilidad de las medidas. En nuestros resultados este hallazgo fue observado en 159 discos en 112 pacientes (42,6%).

Los cambios degenerativos discales representan el estadio final del mecanismo de compensación y podrían relacionarse con agravamiento de la degeneración previa o bien ser de nueva aparición, condicionados por los cambios

biomecánicos descritos como hipermovilidad, los grados variables de rigidez del segmento inferior fusionado y el aumento de la presión discal. Estos cambios han sido evaluados mediante valoración radiológica de la degeneración discal según las escalas de Weiner y la Universidad de California, que incluyen la pérdida de altura discal, la presencia de osteofitos, signo del vacío discal y esclerosis subcondral (111,112). Los cambios fueron observados en nuestro estudio en cualquier disco no fusionado en 48 discos en 35 pacientes (13,3%). Aunque son más acusados en el primer disco libre superior al segmento fusionado, tanto de forma cuantitativa como cualitativa, estos pueden aparecer en cualquier segmento libre, expresión de la progresión de degeneración previa y/o de la respuesta individual de cada disco libre a la fusión. Además se ha encontrado un alto grado de correlación en la valoración realizada mediante las dos escalas.

Finalmente, aunque el estudio de revisión de Park también describe la presencia de escoliosis como signo de degeneración, las deformidades con desequilibrio coronal, sagital o ambas deberían ser consideradas como secundarias a un procedimiento de fusión, siendo visibles, como sucede en nuestro estudio, en fusiones largas con nivel proximal de fusión en L1. En 3 pacientes (23%) de los 13 con nivel de fusión proximal en L1 y L2 se observó deformidad coronal y/o sagital. En estos casos una valoración preoperatoria y una adecuada selección del nivel de fusión proximal deberían ser tenidas en cuenta. La presencia de cifosis toracolumbar previa a la intervención de origen postraumático o degenerativo se ha relacionado como factor de riesgo de degeneración proximal (170). La selección del nivel de fusión proximal en la columna torácica inferior T9-T11 y más recientemente la vértebra neutra, se relacionan con menor incidencia de degeneración proximal (171).

Los cambios en segmentos libres adyacentes al segmento fusionado evaluados mediante RM, también han sido descritos como signos de degeneración del segmento adyacente. El estudio de RM permite identificar cambios discales y facetarios, así como su repercusión en el compromiso medular o

radicular. Los cambios discales se han descrito como pérdida de la hidratación discal, abombamiento (“bulging”) y hernia discal, con grados variables de repercusión clínica en forma de dolor axial o radicular. Los cambios facetarios incluyen grados variables de degeneración e hipertrofia facetaria con repercusión en forma de estenosis central o foraminal. Sin embargo, la naturaleza de nuestro estudio hizo que la evaluación de RM en el seguimiento solo estuviera presente en 73 pacientes (27,7%). Además, la presencia en el estudio de pacientes de otras áreas de salud, condicionó una gran variabilidad en la calidad de las imágenes. Por tanto, se evaluaron como signos de degeneración los cambios en el grado de degeneración discal de los discos libres no fusionados. Se ha considerado como signo de degeneración la aparición de cambios al final del seguimiento con degeneración moderada o severa, en pacientes con degeneración leve o moderada en el estudio preoperatorio. Este hallazgo se observó en 45 pacientes (43,8%) con estudio mediante RM preoperatorio y al final del seguimiento.

6.2.5. Factores predisponentes

La aparición de cambios en el segmento adyacente a un segmento fusionado se ha relacionado con las alteraciones secundarias provocadas por la fusión espinal. Sin embargo, los cambios degenerativos también pueden ser vistos en columnas no intervenidas. Por tanto, se mantiene la controversia sobre si el desarrollo de DSA es consecuencia de la fusión espinal o es resultado de la evolución natural y de la aparición de cambios degenerativos en el nivel adyacente, los cuales podrían ocurrir incluso sin la presencia de fusión previa. Para Wang et al. las dos teorías han sido explicadas ampliamente: una predisposición genética a la degeneración; las alteraciones anatómicas presentes en el segmento adyacente en el momento de la cirugía; la implantación de la instrumentación que puede alterar directamente los segmentos adyacentes; o la condición de ser únicamente un fenómeno biomecánico. Por tanto un origen multifactorial podría influir en el desarrollo de DSA (139).

Existe evidencia de la predisposición genética individual a la degeneración discal. Si la enfermedad discal degenerativa fuera genéticamente determinada, la degeneración del segmento adyacente podría ser el resultado de la historia natural y la cascada biológica. La evidencia a favor del origen biológico de la degeneración del segmento adyacente incluye las observaciones en estudios poblacionales. Battie et al. en estudios en gemelos comparan pacientes con distintas ocupaciones, atribuyéndose una variabilidad de 26-72% en la incidencia de degeneración discal. El estudio de regresión mediante análisis de diferentes factores (edad, consumo de tabaco, carga física ocupacional) en la incidencia de degeneración lumbar muestra una incidencia del 61% de casos de degeneración explicados por factores genéticos en segmentos lumbares altos (T12-L4) frente a 43% en columna lumbosacra (L4-S1), debidos a influencias genéticas y no ocupacionales (172). Estudios previos también demuestran relación familiar en el grado de incidencia de degeneración (173). Okada et al. también refieren la asociación de lesiones degenerativas lumbares asociadas a lesiones degenerativas cervicales (174).

Permanecen controvertidas las consecuencias de la fusión en segmentos móviles con degeneración previa o si los cambios están relacionados directamente con el procedimiento. Aunque los resultados no son concluyentes, la presencia de degeneración previa discal o facetaria en el segmento adyacente podría justificar su inclusión en el primer procedimiento, evitando reintervenciones. Sin embargo, Throckmorton et al. no encuentran beneficios en incluir los segmentos con degeneración previa en RM, porque los segmentos degenerados previos no afectan a los resultados clínicos (175). Okuda et al., en estudio sobre factores de riesgo en pacientes intervenidos mediante fusión circunferencial vía PLIF en el segmento L4-L5, no encuentran significación estadística en la degeneración previa del segmento adyacente evaluada mediante RM (140). Ghiselli et al., en estudio de supervivencia de discos libres, tampoco aprecia relación con significación estadística en los cambios facetarios previos (176). Sin embargo, para Lee et al. la degeneración facetaria pre-

via del segmento adyacente al fusionado sí sería un factor predisponente (135). Aunque las causas que determinan la degeneración de un segmento adyacente a un segmento lumbar fusionado son desconocidas, se han implicado alteraciones biomecánicas desencadenantes del mismo. La mayoría de estudios publicados en modelos animales, in vitro y modelos validados de elementos finitos concluyen que un procedimiento de fusión de uno ó varios segmentos móviles raquídeos determinan cambios biomecánicos en el resto de la columna, con grados de repercusión variables de aumento de la presión discal, aumento de la movilidad y sobrecarga facetaria, en los segmentos libres, según el procedimiento realizado. Weinhoffer et al. en estudios en cadáver demuestran aumentos de la presión discal en segmentos superiores al fusionado comparados con columnas no fusionadas. Este aumento es mayor con dos niveles inferiores fusionados frente a uno y aumenta con diferentes grados de flexión (177). Cunningham et al. en estudios in vitro en cadáver también demuestran aumentos de presión discal superiores al 45% en segmentos superiores al fusionado (178). Rohlman et al. no encuentran cambios en la presión discal en segmentos no fusionados y sí la mala alineación postoperatoria como causa del inicio de degeneración de segmentos proximales (179). Detukosi et al., en estudios animales comparativos in vitro e in vivo, observan un aumento de movilidad facetaria en los niveles superiores al segmento fusionado (180). Axelsson et al. en estudios in vivo demuestran, aunque en bajo numero de pacientes, aumento de movilidad en el segmento L4-L5 tras fusión posterolateral no instrumentada en espondilolistesis L5-S1 (181). Chow et al. en estudios en cadáver refieren un aumento de presión discal y movilidad en rangos máximos de los segmentos superiores no fusionados, mayores con dos segmentos inferiores fusionados frente a uno, lo cual sería el inicio de la degeneración del segmento superior no fusionado (182). Lee y Langrana, en estudios in vitro con columnas de cadáver con tres tipos de fusión, demuestran grados variables de sobrecarga de las articulaciones posteriores de los segmentos superiores no fusionados (138). Sin embargo, estudios más recientes han demostrado que los cambios biomecánicos no tendrían ninguna incidencia en el deterioro del

segmento y que los cambios serían consecuencia de la progresión del proceso degenerativo.

6.2.6. Factores relacionados

Los factores relacionados con la degeneración de segmentos adyacentes pueden ser divididos en factores relacionados con el paciente o no modificables (edad, sexo y tropismo facetario e inclinación de la lámina del segmento superior al fusionado) y factores relacionados con el procedimiento o potencialmente modificables (laminectomía, lesión facetaria, tipo de fusión, tipo de instrumentación, número de niveles fusionados, lordosis postoperatoria y plano sagital).

La edad avanzada se ha descrito como factor predisponente de degeneración del segmento adyacente. Ahn et al. en estudio retrospectivo de supervivencia de 3.188 pacientes encuentra asociación entre el de riesgo de degeneración y la edad avanzada, el sexo y fusión multinivel (183). Aota et al. en estudio retrospectivo de pacientes intervenidos mediante laminectomía y fusión instrumentada, evalúa la incidencia de inestabilidad del segmento adyacente y observa una diferencia significativa de incidencia en pacientes de edad avanzada (12% en pacientes < 55 años frente a 36,7% en > 55 años) (184). Harrop et al., en estudio comparativo de incidencia de degeneración discal tras artrodesis frente a artroplastia, sí identifica la edad como factor de riesgo de cambios radiológicos, pero no en cuanto a cambios sintomáticos (165). Otros autores no muestran influencia de la edad en la aparición de cambios significativos relacionados con degeneración (135,136,140,176). En nuestro estudio tampoco se observa mayor probabilidad de degeneración discal en pacientes de edad superior a 60 años, aunque se sitúa en el umbral de la significación estadística.

El sexo femenino también se ha relacionado con un mayor riesgo de degeneración, asociado a la mayor incidencia de osteoporosis en pacientes del sexo

femenino. Sin embargo, los estudios de Ahn y Aota (183,184), no consideran el sexo femenino como un factor de riesgo significativo de mayor incidencia de cambios radiológicos en estudios clínicos, aunque Harrop (165) sí refiere un mayor riesgo de reintervención de pacientes sintomáticos con el sexo femenino. También en nuestro estudio se observa mayor riesgo de degeneración en mujeres, aunque no se identifican diferencias significativas.

La inclinación de la lámina y el tropismo facetario del segmento superior al fusionado han sido descritos por algunos autores como factores predisponentes de degeneración. La inclinación de la lámina ha sido mencionada como factor etiológico del deslizamiento en la espondilolistesis degenerativa. El tropismo facetario determina cambios en la simetría facetaria y se ha relacionado con cambios en la rotación del segmento superior al fusionado que podrían intervenir en el inicio de la degeneración discal. Bao et al. refieren mayor incidencia de subluxación rotatoria en pacientes con escoliosis lumbar degenerativa, especialmente en niveles L3-L4, relacionados con cambios en el tropismo facetario (102). Okuda et al., en estudio retrospectivo de 20 pacientes intervenidos mediante fusión circunferencial vía PLIF con diagnóstico de espondilolistesis degenerativa L4-L5, refieren que una inclinación de la lámina del segmento L3 $>130^\circ$ y tropismo facetario $>10^\circ$ se asocian a degeneración rápida del segmento proximal en menos de tres años (140). Sin embargo, para Kaito et al. la inclinación de la lámina no tendría influencia en la degeneración proximal (185).

La laminectomía como técnica descompresiva se asocia al procedimiento de fusión en casos de estenosis para descompresión de elementos neurales. La técnica puede requerir la resección del ligamento interespinoso del nivel superior, comprometiendo la estabilidad del segmento proximal, por alteración de la banda de tensión posterior. Chen et al., en un estudio experimental en modelo porcino, demuestran el efecto protector del ligamento interespinoso, siendo menor la movilidad en flexoextensión del segmento proximal cuando se pre-

serva el mismo (141). El estudio clínico de Lai et al. observa la incidencia de degeneración del segmento proximal al cabo de los 6 años, comprobando que es del 6,5% cuando se preserva el ligamento interespinoso del segmento proximal, frente a 24,3% cuando no permanece integro (142). Ekman et al., en estudio aleatorizado de pacientes intervenidos por espondilolistesis, comparó la incidencia de degeneración del segmento proximal cuando se realiza fusión in situ versus fusión más laminectomía. A los 12,5 años la incidencia en el grupo de fusión in situ fue de 4.5%, frente a 47% en el grupo con laminectomía (97).

La articulación facetaria es responsable del soporte de cargas durante el movimiento de extensión de la columna lumbar. La exéresis de la faceta medial y la violación de la faceta superior se han relacionado con inestabilidad mecánica durante el movimiento de extensión. Estudios experimentales en cadáver muestran aumento de cambios en el segmento superior relacionados con la instrumentación vertebral. Cardoso et al., en un estudio de columnas in vitro, muestra cambios significativos, especialmente con rotación del nivel superior, cuando se provoca violación facetaria frente a especímenes con facetas intactas. Los cambios son mayores cuando la violación facetaria es bilateral, aumenta el número de niveles fusionados y se asocia laminectomía en el último nivel fusionado, alterándose la banda de tensión posterior (144). Aunque parecen demostrados los efectos por la alteración biomecánica de sobrecarga de los segmentos superiores, la lesión directa de la articulación facetaria del último nivel instrumentado podría tener un efecto inmediato en el inicio de degeneración del segmento proximal. Ésta puede ser provocada por lesión capsular durante la disección muscular y de forma directa por la osteotomía de la faceta medial o la violación articular durante la inserción del tornillo pedicular. Baorong et al., en un estudio aleatorizado reciente de pacientes intervenidos mediante artrodesis PL, compara la incidencia de degeneración del segmento proximal utilizando dos técnicas de inserción de tornillos pediculares. Un punto de entrada del tornillo más lateral (técnica de Magerl) se asocia a menor incidencia de degeneración del segmento proximal (51,6%), frente a

una técnica de inserción más medial (técnica de Du) cuya incidencia es del 72,4% (145). Chen et al., en un estudio prospectivo aleatorizado de pacientes intervenidos, compara la incidencia de violación de la articulación superior en el segmento instrumentado. Con un punto de entrada más medial al pedículo, según la técnica de Roy-Camille, la violación de la articulación facetaria en el nivel superior instrumentado fue del 100% de los casos, frente a un 20% de casos siguiendo la técnica de Weinstein con un punto de entrada más lateral (186) (Figura 76).

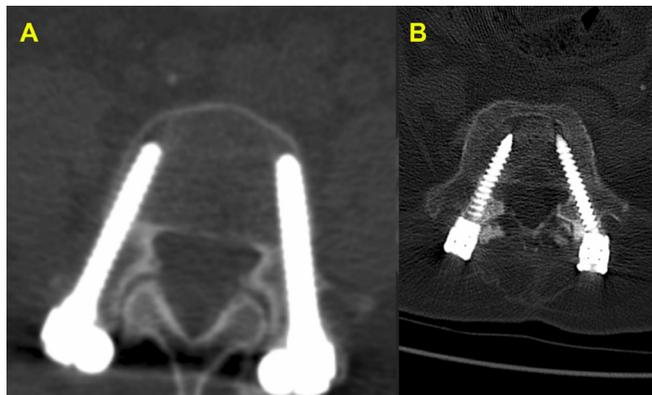


Figura 76. Imágenes de TC en proyección axial. A) Tornillos con conector lateral sin lesión articulación facetaria. B) Tornillo poliaxial con punto de entrada medial y lesión de la articulación facetaria.

La vía de abordaje también ha sido estudiada como factor predisponente de lesión facetaria. Shah et al., en un estudio postoperatorio mediante TC de pacientes intervenidos siguiendo la vía de Wiltse, encuentran un 30-35% de violación facetaria en 106 pacientes (187). Moshifar et al. comparan la incidencia de violación de la faceta en el último nivel instrumentado siguiendo la vía clásica de abordaje en la línea media. La violación facetaria del nivel superior instrumentado mediante el abordaje en la línea media fue del 15%, inferior a la descrita por Shah (188). Los procedimientos de cirugía mínimo-invasiva o percutánea también se han propuesto como protectores de la lesión

facetaria. Sin embargo, Park et al., en el estudio postoperatorio mediante TC de 92 pacientes intervenidos mediante técnica de instrumentación percutánea, observa que un 32% de tornillos en el nivel superior violan la articulación facetaria en el 50% de los pacientes (146).

El tipo de instrumentación pedicular con tornillos poliaxiales o con conector lateral ha sido poco estudiado como factor desencadenante de degeneración del segmento adyacente. Chen et al., refieren mayor riesgo de lesión facetaria cuando el conector lateral se sitúa medial al tornillo, frente a los tornillos poliaxiales con carga superior, siendo menor la lesión facetaria cuando la conexión barra-tornillo se sitúa lateral (186). Sin embargo, sorprende en nuestro estudio el mayor riesgo de degeneración en pacientes con instrumentación mediante tornillos poliaxiales frente a los tornillos con conector lateral. Los resultados mediante el análisis de supervivencia muestran diferencias significativas tanto en el análisis bivariante, mediante las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier, como en el estudio de regresión de Cox. Aunque en nuestro estudio los dispositivos utilizados con conector lateral la barra se sitúa medial al tornillo, la utilización de los mismos en un mayor número de pacientes con menos niveles fusionados y la inserción del tornillo con un punto de entrada más lateral al pedículo, siguiendo las técnicas de Magerl y Weinstein, podrían justificar esta diferencia.

El tipo de fusión posterolateral o circunferencial ha sido relacionado con grados variables de incidencia de degeneración, aunque con resultados contradictorios. Chosa et al., en estudio experimental en modelo de elementos finitos, analiza la repercusión en segmentos móviles no fusionados con degeneración previa, adyacentes a un segmento fusionado mediante técnica PL y PLIF. El modelo PLIF muestra mayor cantidad de cambios en el disco y platillos vertebrales del segmento superior, cuando se aplican cargas en flexión y extensión (189). Cheh et al., en un estudio sobre incidencia de degeneración de segmento adyacente de 188 pacientes intervenidos con nivel

de fusión proximal T10 y distal S1, no muestra diferencias significativas en la incidencia de degeneración en pacientes con fusión PL (29,9%), frente a pacientes con fusión PLIF (31,0%) (190). Aunque es conocida la repercusión biomecánica de la rigidez de la fusión sobre los segmentos adyacentes relacionada con la fusión intersomática, los procedimientos de fusión con colocación de implantes intersomáticos podrían tener un efecto protector de degeneración del segmento, al restaurar la altura del segmento intervenido con preservación de la lordosis, que tendría un efecto protector al disminuir la movilidad de los segmentos móviles no fusionados (97). Sin embargo, Kaito et al. refieren un aumento de incidencia de degeneración del nivel superior al instrumentado, cuando se aplica exceso de distracción del segmento intervenido, siendo este el factor independiente de riesgo de degeneración del segmento superior en el análisis multivariante (185). Nuestro estudio no muestra diferencias significativas en el riesgo de degeneración de segmentos libres según el tipo de fusión.

El número de niveles fusionados también ha demostrado ser un factor de riesgo en el desarrollo de degeneración de segmentos libres, debido al aumento del brazo de palanca que suponen los segmentos rígidos sobre los segmentos no fusionados. Además, la fusión multisegmentaria hipolordótica de segmentos lumbares bajos provoca un intento compensador de segmentos altos con menor capacidad de respuesta compensadora. En el estudio retrospectivo de Etebar y Cahill de 125 pacientes, un 78% de los casos que desarrollaron degeneración del segmento adyacente, tenían dos o más segmentos fusionados (148). Wimmer et al., en un estudio retrospectivo comparativo de pacientes con fusión mono o polisegmentaria, encuentra diferencias significativas entre ambos grupos en la aparición de inestabilidad o translación superior a 3 mm en segmentos superiores (149). Rham et al., en un estudio retrospectivo de 60 pacientes intervenidos mediante artrodesis posterolateral con diagnóstico de columna degenerativa o inestabilidad, encuentran mayor incidencia de degeneración de segmentos proximales en fusiones poli-segmentarias, aunque no

mayor incidencia de estenosis (150). Penta et al. no refiere aumento de complicaciones en segmentos superiores al fusionado en estudio de seguimiento a 10 años de 52 pacientes intervenidos mediante fusión anterior intersomática lumbosacra, comparado con un grupo similar de pacientes tratados sin cirugía, observando que un tercio de los pacientes experimentan cambios degenerativos en ambos grupos (147). Sin embargo, Ghiselli et al. en un estudio de supervivencia de discos libres describen mayor número de pacientes con degeneración de discos libres en pacientes con fusión de un solo nivel, frente a multinivel, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$), y relaciona el hallazgo con la presencia de más discos libres susceptibles de degeneración (176). En nuestro estudio tanto en el análisis bivariante, como en el multivariante, si se muestran diferencias significativas en el riesgo de degeneración de discos libres en pacientes con fusión de tres ó más segmentos frente a uno o dos segmentos fusionados.

El nivel de afectación superior o inferior al segmento o segmentos fusionados también ha sido motivo de estudio por diferentes autores. La mayoría de ellos refieren mayor degeneración discal de niveles superiores al segmento fusionado y escasa afectación del segmento inferior. Lee et al y Ghiselli et al. muestran una escasa incidencia de degeneración en el nivel inferior L5-S1 en pacientes con fusiones L4-L5 (5% y 3% respectivamente) (112,135). Celestre et al. refieren mayor incidencia de afectación en niveles superiores (hasta en 90% de casos), con solo un 10% de afectación del nivel inferior L5-S1. La orientación mas coronal de las facetas en el segmento L5-S1, unido a la mayor rigidez del disco, se han mencionado como factores protectores de degeneración (191). Nuestro estudio muestra resultados similares a otros previos. De un total de 53 pacientes con degeneración sintomática (20,2%), solo 3 (1,1%) con dolor radicular severo fueron reintervenidos por degeneración sintomática del segmento inferior L5-S1 (Figura 77).

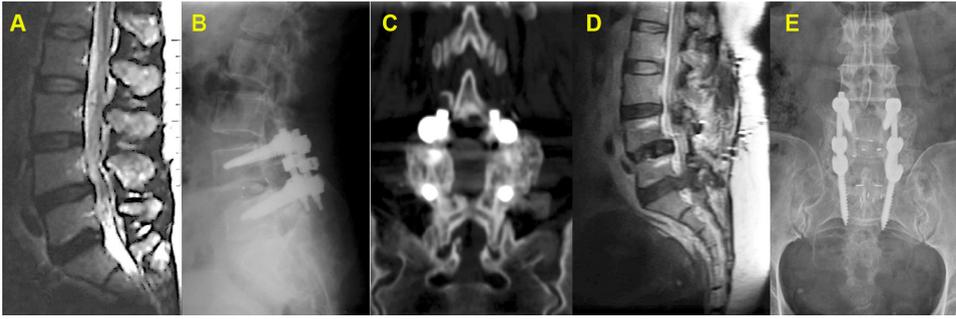


Figura 77. A) Espondilolistesis degenerativa L4-L5. Degeneración discal L5-S1. B) Imagen lateral RX con artrodesis circunferencial PLIF L4-L5. C) Fusión solida TC. D) Hernia discal L5-S1 con dolor lumbar y radicular. E) Descompresión radicular y ampliación de artrodesis con fusión circunferencial L5-S1.

La lordosis lumbar y el equilibrio sagital postoperatorios se han implicado como factores de riesgo de cambios en segmentos no fusionados. Cho et al. refieren aumento de riesgo de desequilibrio sagital tras un proceso de fusión lumbar con fusiones hipolordóticas, que se agrava si existe degeneración previa en segmentos transicionales superiores o inferiores (151). Akamaru et al., en fusiones hipolordóticas simuladas L4-L5 en cadáver, muestran un aumento de movilidad en flexo-extensión del segmento adyacente proximal L3-L4, con diferencias significativas frente a fusión in situ o hiperlordótica (152). Oda et al., en estudio in vivo realizado en modelo ovino, demuestra cambios degenerativos facetarios en el segmento superior, tras fusión cifótica en segmentos inferiores (153). Umehara et al. muestran en un estudio in vivo, hiperlordosis en segmentos superiores compensadora de fusión hipolordotica en segmentos inferiores (154). Como en otros estudios, en este trabajo también se muestra un mayor riesgo de degeneración de segmentos adyacentes en fusiones hipolordóticas, con diferencias significativas en el análisis bivariante (Figura 78). En fusiones cortas de uno o dos segmentos, los segmentos móviles podrían asumir la pérdida en grados de los segmentos fusionados. En fusiones lumbares largas con vértebra superior instrumentada L2 o L1, el riesgo de degeneración proximal aumenta, con posible deformidad coronal y/o sagital secundarias, sobre todo si existe cifosis toracolumbar (Figura 79). Lafage et al.

demuestran la importancia de recuperar o mantener una lordosis postoperatoria proporcional a la incidencia pélvica (48). En fusiones largas la corrección insuficiente del plano sagital determina peores resultados en las escalas de dolor y discapacidad.

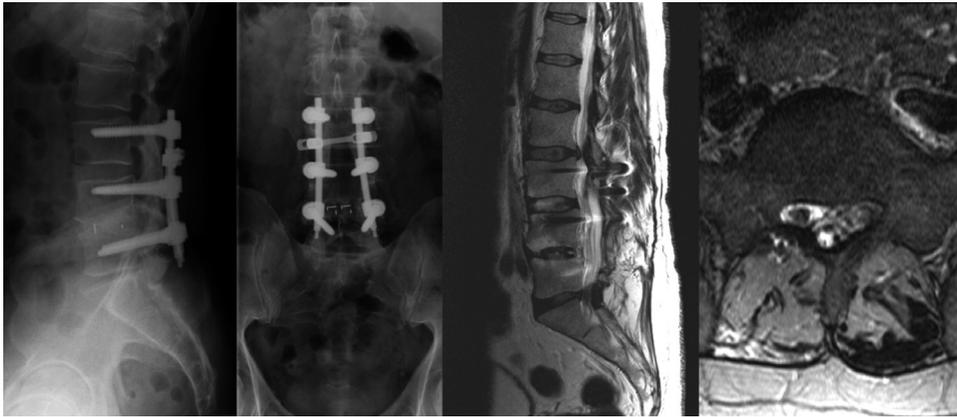


Figura 78. Estenosis de canal lumbar L4-L5 y EDD L3-L4.
Laminectomía descompresiva y fusión híbrida hipolordótica (PL+PLIF L3-L5).
Degeneración superior L2-L3 e inferior L5-S1.

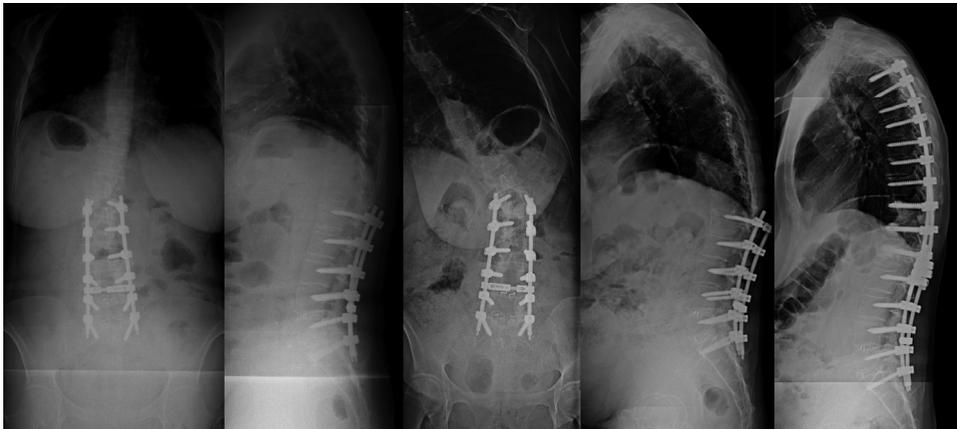


Figura 79. Escoliosis lumbar degenerativa. Laminectomía descompresiva y fusión L1-S1. Deformidad sagital y coronal severas. Corrección mediante ampliación artrodesis columna torácica proximal.

Además, tanto en fusiones largas como en fusiones cortas con inclusión del segmento L5-S1, no son infrecuentes los casos con dolor en la articulación sacroilíaca o repercusión en la articulación coxo-femoral. La pelvis actúa como mecanismo compensador de respuesta para mantener el eje sagital tras la columna lumbar y torácica, con retroversión pélvica, siendo limitada por la posición en extensión de articulación coxo-femoral (192). Este mecanismo condiciona la posición más anterior del acetábulo y podría tener repercusiones en la aparición de cambios degenerativos coxo-femorales así como implicaciones en la sustitución protésica (193). Igualmente, el movimiento de retroversión pélvica y la fusión del segmento L5-S1 se han relacionado con una insuficiente corrección del plano sagital, con persistencia de báscula pélvica aumentada y discrepancia de la relación lordosis lumbar-incidencia pélvica. Excluidas las causas de dolor de la zona donante de injerto, en espina iliaca posterosuperior si se ha utilizado, o lesión de nervios clúneos, el dolor referido en una o ambas articulaciones sacroilíacas en el postoperatorio inmediato o durante el seguimiento se correlaciona con cambios degenerativos radiológicos o mediante TC, con presencia de esclerosis subcondral, osteofitos o signo del vacío, los cuales serían equivalentes a degeneración del segmento inferior al fusionado (194) (Figura 80).

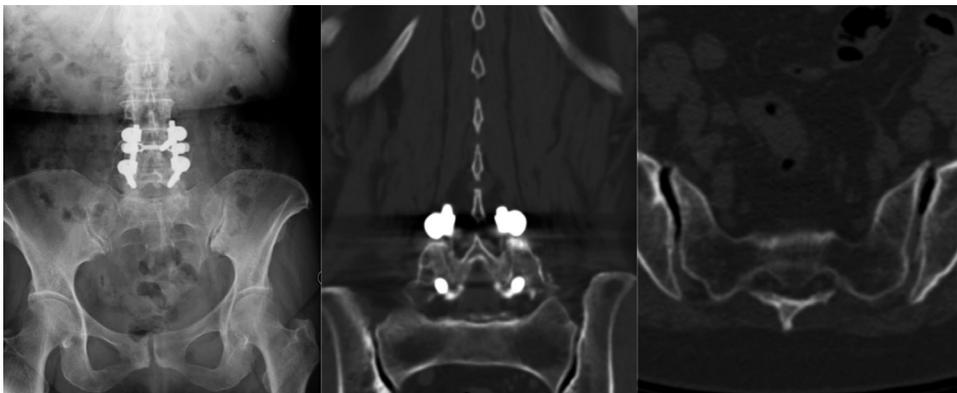


Figura 80. EDD L4-L5. Artrodesis PL L4-L5. Imágenes de TC en proyección coronal lumbosacra y pélvis. Fusión sólida intertransversa. Esclerosis subcondral y signo del vacío en ambas articulaciones sacroilíacas.

La indicación quirúrgica del procedimiento inicial también ha sido considerada como factor de riesgo de reintervención. Deyo et al. refieren hasta un 11% de reintervenciones durante el seguimiento en pacientes intervenidos con diagnóstico de estenosis de canal lumbar. La reintervención precoz se ha relacionado con errores técnicos en el nivel de afectación o descompresión insuficiente, siendo las tardías debidas a pseudoartrosis, problemas relacionados con los implantes, dolor persistente o cambios progresivos degenerativos relacionados con la degeneración del segmento adyacente. En el primer año la descompresión simple se asocia a mayor riesgo de reintervención que la descompresión más fusión (195). Nuestro estudio también muestra diferencias según la patología intervenida, con significación estadística cuando se compara el diagnóstico de estenosis de canal frente al resto de indicaciones de fusión. Este hecho puede ser atribuido a la presencia de degeneración previa de segmentos no fusionados en pacientes con estenosis de canal de origen degenerativo y a la realización de laminectomía descompresiva con ablación del ligamento interespinoso en el segmento proximal no fusionado.

El periodo de seguimiento se ha identificado como factor de riesgo de desarrollo de cambios en el segmento adyacente, con mayor incidencia en pacientes con seguimiento mas largo. Gishelli et al. refieren un aumento progresivo en la incidencia de degeneración con el aumento del periodo seguimiento (3.6% al año 16,5 a los 5 años y 36,1% a los 10 años) (176). Harrop et al. en estudio comparativo de supervivencia de discos libres en pacientes intervenidos mediante artrodesis frente a artroplastia, identifica el periodo de seguimiento como factor de riesgo de aparición de cambios, observando diferencias estadísticamente significativas ($p=0,002$) (165). Sin embargo, el momento de aparición de los cambios se relaciona con la presencia de cambios sintomáticos cuando éstos son precoces, siendo la mayoría asintomáticos cuando son tardíos (99). Aunque un periodo de seguimiento largo se asocia a mayor número de cambios, estos podrían ser consecuencia del envejecimiento fisiológico y no relacionados con la fusión. Kaito et al. en

pacientes con seguimiento medio de 36 meses, similar al periodo de seguimiento de nuestro estudio (43 meses), refiere que un periodo de seguimiento mas corto podría limitar el efecto del envejecimiento en la aparición de degeneración e identificar de forma más precisa los factores relacionados con el procedimiento (185).

Los procedimientos de descompresión minimoinvasivos (MIS), mediante técnicas de laminoplastia o descompresión tubular micro-endoscópica, han sido propuestos para minimizar el daño muscular y permitir una movilización más temprana, comparados con los procedimientos de cirugía abierta. Sin embargo, Kawaguchi et al. en un estudio de cohortes retrospectivo de pacientes intervenidos mediante laminoplastia refieren una incidencia del 11% de degeneración del segmento adyacente a los 5,4 años de seguimiento en diferente nivel al intervenido. Los pacientes que experimentan degeneración tienen mayor rango de movilidad preoperatoria que los pacientes libres de enfermedad durante el seguimiento. Estudios comparativos no muestran diferencias en el índice de reoperación, aunque la mayoría en el nivel intervenido (196). Las técnicas de descompresión mediante retractor tubular se han propuesto para minimizar el daño muscular frente a la técnica de descompresión abierta. Sin embargo, no han mostrado diferencias frente a la técnica abierta en el índice de reintervención, aunque en el mismo nivel intervenido (197). Igualmente, las técnicas minimoinvasivas se han propuesto como técnicas de descompresión en estenosis focal en pacientes con deformidad degenerativa, aunque muestran un índice de reintervención del 10%, que aumenta en presencia de listesis lateral (198).

6.2.7. Análisis de supervivencia

Para determinar el momento de degeneración de los discos libres en pacientes con diferentes periodos de seguimiento se ha recurrido al análisis de supervivencia. Mediante el método actuarial se observa el porcentaje de

pacientes que experimentan cambios en diferentes periodos de seguimiento, comprobándose aumento progresivo en la incidencia de degeneración. El 4,5% de los pacientes experimentan cambios en el periodo 24-36 meses, el 7,1% a los 36-48 meses, el 11,2% a los 48-60 meses, el 13,8% a los 60-72 meses y el 26,9% después de 72 meses de seguimiento. Estudios previos de supervivencia muestran resultados similares (176,183,185,199).

La mediana de supervivencia calculada mediante curvas de Kaplan-Meier fue de 79 meses, siendo variables asociadas el número de niveles fusionados (dos o más niveles fusionados frente a fusión monosegmentaria), la hipolordosis lumbar total postoperatoria (frente a los pacientes con normo o hiperlordosis) y los tornillos poliaxiales (frente a los tornillos con conector lateral). No se observan diferencias en pacientes con edad inferior a 60 años, diferente sexo, con lordosis lumbosacra (normo ó hipolordosis) y diferente tipo de fusión (posterolateral o circunferencial).

Mediante el estudio de regresión de Cox la asociación de tres o más niveles de fusión con el uso de tornillos poliaxiales aumentan el riesgo de degeneración del segmento adyacente, multiplicándose por dos este riesgo en el caso de las fusiones multinivel y por tres en pacientes con instrumentación mediante tornillos pediculares poliaxiales.

6.2.8. Sistemas de protección

El procedimiento de fusión espinal ha sido considerado en las últimas décadas el patrón oro (gold standard) para el tratamiento del dolor lumbar por causa degenerativa. El principio del tratamiento quirúrgico del dolor radicular es la descompresión de elementos neurales, pero el dolor lumbar mecánico asociado a deformidad o inestabilidad puede requerir un procedimiento de fusión espinal. La mejora de las técnicas e implantes han mejorado las tasas de

fusión, sin embargo no siempre se acompaña de una mejoría significativa en el resultado clínico. Este hecho, asociado a la posible degeneración del segmento adyacente sintomática como causa de reintervención, han incrementado el interés por los sistemas de preservación del movimiento o sistemas de protección en el tratamiento del dolor lumbar y se han propuesto como solución potencial para la degeneración del segmento adyacente.

La prótesis de disco lumbar (TDA) surge como alternativa a la artrodesis del segmento enfermo, para mantener la movilidad del mismo, con disminución del soporte de cargas y reducción de las complicaciones relacionadas con el procedimiento de fusión, sobretodo en el disco adyacente. Además, mantener o recuperar la lordosis perdida en el segmento enfermo podría relacionarse con mejoría del equilibrio sagital y menor incidencia de degeneración proximal. Hellum et al. no encuentran diferencias en la incidencia de degeneración proximal en un estudio prospectivo aleatorizado de pacientes intervenidos con prótesis de disco, frente a un grupo control con tratamiento conservador con incremento de degeneración facetaria en el segmento intervenido (200). Estudios comparativos de pacientes intervenidos mediante prótesis de disco, frente a controles con un procedimiento de fusión lumbar intersomática, no muestran diferencias significativas en la frecuencia de reoperación en el segmento adyacente a los 5 años (201). Kasliwal et al. no refieren mejoría en la reposición del ángulo de lordosis postoperatoria con la colocación de la prótesis discal como efecto protector de degeneración. Aunque existe mejoría en la lordosis postoperatoria, los cambios no son significativos en la lordosis focal segmentaria ($p=0,02$), ni en la lordosis lumbar total ($p=0,438$) (202).

Los dispositivos interespinosos han sido utilizados para el tratamiento de la claudicación neurógena secundaria a estenosis de canal espinal, proporcionando descompresión indirecta a través de un abordaje minimoinvasivo y evitando violación del canal vertebral y desgarros dures. La exposición limitada y un tiempo operatorio reducido pueden permitir su uso en pacientes

con presencia de comorbilidades. El principio de los dispositivos interespinosos es colocar la columna en flexión, limitando la extensión para mejorar la clínica de claudicación. Tres dispositivos han sido comercializados: (Wallis, X-Stop y Coflex). Sobottke et al. realizan un estudio comparativo prospectivo de pacientes intervenidos por estenosis de canal lumbar mediante descompresión abierta microquirúrgica, frente a otro grupo intervenido mediante la colocación de dispositivos interespinosos. Aunque los resultados iniciales son similares en ambos grupos, el índice de reintervenciones después del primer año tras colocación de espaciadores fue del 27,3% (203).

Los dispositivos de estabilización dinámica por vía posterior tiene como principio disminuir la rigidez y prevenir la degeneración del segmento adyacente comparada con los sistemas de fijación rígidos. Sin embargo, Kanayama et al. compara la incidencia de ADS en pacientes intervenidos mediante técnica PLIF, PL y ligamentoplastia, no encontrando diferencias significativas (204). Schaeren et al., en un estudio prospectivo de 26 pacientes intervenidos con diagnóstico de estenosis de canal lumbar y espondilolistesis degenerativa tratados mediante descompresión interlaminar y estabilización con Dynesys refieren algún grado de degeneración en segmentos adyacentes en el 47% de los casos (205).

6.2.9. Técnicas reintervención

El tratamiento de pacientes con degeneración del segmento adyacente varía ampliamente, estando relacionado con la forma de presentación. Los pacientes asintomáticos con cambios radiológicos (RASP) pueden ser tratados de forma conservadora. Los pacientes sintomáticos (CASP) pueden ser tratados inicialmente de forma conservadora mediante terapia física y medicación analgésica para el tratamiento del dolor lumbar asociado a inyecciones epidurales o bloqueos selectivos radiculares con finalidad diagnóstica y terapéutica para el tratamiento de la claudicación y dolor radicular.

El tratamiento quirúrgico se inicia tras el fracaso del tratamiento conservador y varía ampliamente según la forma de presentación (estenosis, inestabilidad, escoliosis, cifosis) y el tipo de procedimiento inicial (tipo de fusión previa y niveles fusionados). La descompresión aislada del segmento sintomático y la descompresión con ampliación de la instrumentación previa se han descrito como técnicas de reintervención (Figura 81).



Figura 81. Artrodesis L3-S1. Degeneración proximal y deformidad rotacional L2-L3. Ampliación de artrodesis a nivel torácico inferior T11 y fusión intersomática. Deformidad sagital severa y fractura vertebral T10. Descompresión transpedicular por vía posterior con soporte anterior mediante malla de titanio y ampliación artrodesis proximal torácica.

Philips et al., en un estudio de 33 pacientes con estenosis del segmento adyacente a fusión previa tratados mediante laminectomía aislada, obtienen un 57,7% de buenos resultados, con mejoría del dolor radicular y de claudicación, y con persistencia de dolor lumbar como predictor de mal resultado (206). Schlegel et al. refieren resultados excelentes o buenos en el 64,2% de los pacientes intervenidos con descompresión aislada por estenosis e inestabilidad con dolor lumbar y radicular (207).

Chen et al. evalúan el resultado de 39 pacientes tratados mediante descompresión y fusión posterolateral y con degeneración del segmento adyacente con los criterios de espondilolistesis o inestabilidad dinámica superior a 4 mm

o cambio en el ángulo del segmento superior a 10°. Refieren un 76,9% de buenos resultados, con un 94,9% de fusión radiológica, un 20,5% de pacientes con fusión hipolordótica y un 12,8 % de pacientes con nuevos cambios en el segmento adyacente no fusionado que precisaron una tercera intervención (208).

Chou et al. en revisión sistemática compara los resultados de las diferentes opciones de tratamiento (descompresión aislada simple frente a descompresión mas fusión) y concluye que el tratamiento quirúrgico debe considerarse cuando no existe mejoría de los síntomas mediante tratamiento conservador. Aunque el nivel de evidencia es débil, parecen existir beneficios con el tratamiento quirúrgico y las opciones de tratamiento deben ser individualizadas según los síntomas referidos por el paciente así como por los estudios de imagen (209).

6.3. COMENTARIO FINAL

El presente estudio presenta tanto fortalezas como algunas debilidades. Los pacientes han sido intervenidos por los mismos cirujanos, siguiendo los mismos criterios en las indicaciones y llevando a cabo la misma técnica quirúrgica. Igualmente, todos los pacientes han sido evaluados de manera uniforme al final del seguimiento, a través de una entrevista personal y mediante un estudio radiológico adecuado. Sin embargo, el estudio presenta como limitaciones las propias de un estudio de carácter retrospectivo. Aunque en todos los pacientes se ha evaluado la columna lumbosacra en bipedestación y han podido ser medidas las variables relacionadas con la aparición de cambios radiológicos, la ausencia del estudio radiológico de columna completa en bipedestación en todos los pacientes ha impedido evaluar el eje sagital pre y postoperatorio, como posible factor determinante de la aparición de cambios relacionados con la reposición de ángulos espinales y pélvicos. Igualmente, la no realización de estudio mediante TC en todos los pacientes ha limitado la evaluación del plano axial, útil para determinar cambios facetarios respon-

sables de dolor a nivel de los segmentos libres. Además, aunque el estudio mediante RM había sido realizado en todos los pacientes en el preoperatorio, sólo se llevó a cabo en el 27% de los casos en el postoperatorio, cuando aparecieron nuevos síntomas o se identificaron cambios en estudio radiológico, limitando la evaluación de cambios en todos los pacientes. La presencia de pacientes procedentes de otras áreas geográficas diferentes al área sanitaria en la que se realizó el estudio condicionó una considerable variabilidad en la calidad de las imágenes obtenidas mediante RM. Aunque los cambios en el grado de hidratación de los discos no fusionados han sido evaluados con buen grado de fiabilidad intra e interobservador, no ha sido posible determinar con precisión el grado de degeneración facetaria, que algunos autores consideran como signo de degeneración.

Aunque pueden ser inevitables los factores dependientes del paciente, como causa de degeneración, algunos factores deberían ser tenidos en cuenta para disminuir el riesgo de aparición:

- Limitar el número de procedimientos de fusión a los casos con inestabilidad previa a la intervención o cuando se trata de causa iatrógena intraoperatoria en los pacientes con diagnóstico de columna degenerativa.
- Aunque se mantiene como principio básico el ahorro del número de niveles de fusión, la selección adecuada del nivel de fusión superior e inferior en los casos intervenidos debería ser considerada como posible factor protector de degeneración.
- El estudio radiológico preoperatorio adecuado, incluyendo la columna completa en bipedestación, debe permitir evaluar el eje sagital y coronal, identificando factores de riesgo de degeneración en los extremos de la instrumentación (inestabilidad preoperatoria, rotación, degeneración radiológica discal o facetaria identificada por radiología o RM), así como defor-

midad previa en las zonas de transición (hipolordosis, cifosis toracolumbar y región lumbosacra).

- Identificar mediante el estudio radiológico los posibles mecanismos de compensación del paciente para mantener un eje sagital y coronal adecuados. La falta de corrección del eje sagital con lordosis lumbar no proporcional a la incidencia pélvica, puede provocar repercusiones en zonas superiores de la instrumentación, así como cambios en las articulaciones coxofemoral y sacroiliaca, los cuales determinan dolor persistente y un pobre resultado funcional.
- Finalmente, la posición intraoperatoria del paciente con extensión de miembros inferiores para evitar fusiones hipolordóticas y una meticulosa técnica de exposición de los elementos posteriores, minimizando el daño muscular y facetario, deberían ser considerados como factores protectores de degeneración.

7. CONCLUSIONES

- I. Tras la realización de un procedimiento de fusión lumbar con osteosíntesis transpedicular y/o intersomática en pacientes con diagnóstico de columna degenerativa o inestabilidad, y considerando un periodo de observación entre 24 y 82 meses, con una mediana de duración de 43, la incidencia de degeneración del segmento adyacente, según criterios radiológicos, es del 57,4 % (IC 95%: 51,2-63,6).
- II. Los diagnósticos más frecuentes en los pacientes intervenidos corresponden a espondilolistesis por lisis ístmica, estenosis de canal lumbar y enfermedad discal degenerativa.
- III. La técnica de fusión posterolateral fue utilizada con más frecuencia que la fusión circunferencial, realizándose la primera en el 66% de los casos y la segunda en el 26%. El índice de fusión fue del 54,4% en los pacientes con fusión PL, evaluados según los criterios de Lenke y Bridwell y del 91,0% en los casos de PLIF según criterios de Hackenberg.

- IV. La lordosis lumbar total postoperatoria se mantiene sin cambios cuando ésta es inferior a 50° en el preoperatorio, disminuye cuando es de 50° a 60° y aumenta si es superior a 60°. La lordosis lumbosacra L4-S1 medida por el método de Cobb aumenta en el estudio radiológico realizado al final del seguimiento cuando es menor de 25° en el preoperatorio, disminuye cuando es de 25° a 40° y se mantiene sin cambios cuando es superior a 40°.
- V. Los signos mas frecuentes observados fueron la degeneración discal objetivada mediante el estudio de RM según escala de Pfirrmann en el 43,8% de los casos y la pérdida de altura discal en el 42,6%, medida con técnica digital según método de Farfan y Miyakoshi.
- VI. La rotación de los segmentos vertebrales superiores no incluidos en la fusión, evaluada según el método de Nash-Moe, aumenta en el postoperatorio en el 13,6% de los pacientes. Por su parte, el deslizamiento anterior o posterior al final del seguimiento se observa en el 16,3%, siendo de nueva aparición en el 12,5% en relación con el procedimiento, con predominio de la retrolistesis en 10,6% de los casos frente a sólo 1,9% de anterolistesis.
- VII. El grado de apertura discal de los discos libres no fusionados aumenta en el postoperatorio en una elevada proporción de pacientes, siendo mayor en el primer disco libre. La degeneración discal radiológica moderada o severa según las escala de Weiner y UCLA se observa en 13,3% al final del seguimiento con predominio en el primer disco libre superior.
- VIII. Los cambios radiológicos considerados como signos de degeneración aparecen en el primer disco superior al fusionado en el 21,3% de los casos, seguidos en frecuencia por los del segundo disco superior (18,6%) y por los del disco inferior (17,1%).
- IX. Mediante la utilización de una escala visual analógica y del Índice de Dis-

capacidad de Oswestry, se comprueba una reducción significativa de los síntomas tras la intervención y al final del periodo de seguimiento. Entre los pacientes con criterios radiológicos de degeneración del segmento adyacente, la reaparición de dolor lumbar, dolor radicular o claudicación neurógena ocurre en el 20,2 %.

- X. La proporción de pacientes con degeneración se incrementa de forma progresiva durante los años que siguen a la intervención, desde el 4,5% en el tercer año hasta el 26,9% en el séptimo.

- XI. Mediante análisis de supervivencia se comprueba que son factores relacionados con la aparición de degeneración del segmento adyacente la hipolordosis lumbar postoperatoria, el número de niveles fusionados, el diagnóstico de estenosis de canal y la utilización de dispositivos con tornillos pediculares poliaxiales.

- XII. Mediante análisis de regresión de Cox se observa que el riesgo de degeneración del segmento adyacente es tres veces superior cuando se utilizan tornillos pediculares poliaxiales y dos veces superior cuando la intervención conlleva tres o más niveles de fusión.

REFERENCIAS

1. Albee FH. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease. *JAMA*. 1911;57:885-886.
2. Hibbs RA. Hibbs RA. An operation for progressive spinal deformities. *NY Med J*. 1911;93:1013-1016.
3. Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am*. 1962;44-A:591-610.
4. Luque ER. The anatomic basis and development of segmental spinal instrumentation. *Spine*. 1982;7(3):256-9.
5. Roy-Camille R, Roy-Camille M, Demeulenaere C. [Osteosynthesis of dorsal, lumbar, and lumbosacral spine with metallic plates screwed into vertebral pedicles and articular apophyses]. *Presse Médicale*. 1970;78(32):1447-8.
6. Cotrel Y, Dubousset J. [A new technic for segmental spinal osteosynthesis using the posterior approach]. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot*. 1984;70(6):489-94.
7. Rajae SS, Bae HW, Kanim LE, Delamarter RB. Spinal Fusion in the United States: Analysis of Trends From 1998 to 2008. *Spine*. 2012;37(1):67-76.
8. Thompson JP, Pearce RH, Schechter MT, Adams ME, Tsang IK, Bishop PB. Preliminary evaluation of a scheme for grading the gross morphology of the human intervertebral disc. *Spine*. 1990;15(5):411-5.
9. Karppinen J, Shen FH, Luk KDK, Andersson GBJ, Cheung KMC, Samartzis D. Management of Degenerative Disk Disease and Chronic Low Back Pain. *Orthop Clin North Am*. 2011;42(4):513-28.

10. Kirkaldy-Willis WH, Wedge JH, Yong-Hing K, Reilly J. Pathology and pathogenesis of lumbar spondylosis and stenosis. *Spine*. 1978;3(4):319–28.
11. Aprill C, Bogduk N. High-intensity zone: a diagnostic sign of painful lumbar disc on magnetic resonance imaging. *Br J Radiol*. 1992;65(773):361–9.
12. Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, Carter JR. Imaging of degenerative disk disease. *Radiology*. 1988;168(1):177–86.
13. Braithwaite I, White J, Saifuddin A, Renton P, Taylor BA. Vertebral end-plate (Modic) changes on lumbar spine MRI: correlation with pain reproduction at lumbar discography. *Eur Spine J*. 1998;7(5):363–8.
14. Brox JI, Sørensen R, Friis A, Nygaard Ø, Indahl A, Keller A, et al. Randomized clinical trial of lumbar instrumented fusion and cognitive intervention and exercises in patients with chronic low back pain and disc degeneration. *Spine*. 2003;28(17):1913–21.
15. Fairbank J, Frost H, Wilson-MacDonald J, Yu L-M, Barker K, Collins R, et al. Randomised controlled trial to compare surgical stabilisation of the lumbar spine with an intensive rehabilitation programme for patients with chronic low back pain: the MRC spine stabilisation trial. *BMJ*. 2005;330(7502):1233.
16. Chou R, Baisden J, Carragee EJ, Resnick DK, Shaffer WO, Loeser JD. Surgery for low back pain: a review of the evidence for an American Pain Society Clinical Practice Guideline. *Spine*. 2009;34(10):1094–109.
17. Fritzell P, Hägg O, Wessberg P, Nordwall A, Swedish Lumbar Spine Study Group. 2001 Volvo Award Winner in Clinical Studies: Lumbar fusion versus nonsurgical treatment for chronic low back pain: a multicenter randomized controlled trial from the Swedish Lumbar Spine Study Group. *Spine*. 2001;26(23):2521–32.
18. Fritzell P, Hägg O, Wessberg P, Nordwall A, Swedish Lumbar Spine

Study Group. Chronic low back pain and fusion: a comparison of three surgical techniques: a prospective multicenter randomized study from the Swedish lumbar spine study group. *Spine*. 2002;27(11):1131–41.

19. Mardjetko SM, Connolly PJ, Shott S. Degenerative lumbar spondylolisthesis. A meta-analysis of literature 1970-1993. *Spine*. 1994;19(20 Suppl):2256S – 2265S.

20. Turner JA, Ersek M, Herron L, Deyo R. Surgery for lumbar spinal stenosis. Attempted meta-analysis of the literature. *Spine*. 1992;17(1):1–8.

21. Junghanns H. Spondylolisthesen ohne Spalt in Zwischengelenkstueck. *Arch Orthop Unfallchir*. 1930;29:118–27.

22. Macnab I. Spondylolisthesis with an intact neural arch; the so-called pseudo-spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Br*. 1950;32-B(3):325–33.

23. Newman PH. Spondylolisthesis, its cause and effect. *Ann R Coll Surg Engl*. 1955;16(5):305–23.

24. Matsunaga S, Sakou T, Morizono Y, Masuda A, Demirtas AM. Natural history of degenerative spondylolisthesis. Pathogenesis and natural course of the slippage. *Spine*. 1990;15(11):1204–10.

25. Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD, Hanscom B, Tosteson ANA, Blood EA, et al. Surgical versus nonsurgical treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis. *N Engl J Med*. 2007;356(22):2257–70.

26. Lombardi JS, Wiltse LL, Reynolds J, Widell EH, Spencer C. Treatment of degenerative spondylolisthesis. *Spine*. 1985;10(9):821–7.

27. Johnsson KE, Willner S, Johnsson K. Postoperative instability after decompression for lumbar spinal stenosis. *Spine*. 1986;11(2):107–10.

28. Zdeblick TA. A prospective, randomized study of lumbar fusion. Preliminary results. *Spine*. 1993;18(8):983–91.
29. Bridwell KH, Sedgewick TA, O'Brien MF, Lenke LG, Baldus C. The role of fusion and instrumentation in the treatment of degenerative spondylolisthesis with spinal stenosis. *J Spinal Disord*. 1993;6(6):461–72.
30. Jenis LG, An HS. Spine update. Lumbar foraminal stenosis. *Spine*. 2000;25(3):389–94.
31. Bono CM, Lee CK. Critical analysis of trends in fusion for degenerative disc disease over the past 20 years: influence of technique on fusion rate and clinical outcome. *Spine*. 2004;29(4):455–63.
32. Lad SP, Babu R, Ugiliweneza B, Patil CG, Boakye M. Surgery for spinal stenosis: long-term reoperation rates, health care cost, and impact of instrumentation. *Spine*. 2014;39(12):978–87.
33. Aebi M. The adult scoliosis. *Eur Spine J*. 2005;14(10):925–48.
34. Jimbo S, Kobayashi T, Aono K, Atsuta Y, Matsuno T. Epidemiology of degenerative lumbar scoliosis: a community-based cohort study. *Spine*. 2012;37(20):1763–70.
35. Robin GC, Span Y, Steinberg R, Makin M, Menczel J. Scoliosis in the elderly: a follow-up study. *Spine*. 1982;7(4):355–9.
36. Murata Y, Takahashi K, Hanaoka E, Utsumi T, Yamagata M, Moriya H. Changes in scoliotic curvature and lordotic angle during the early phase of degenerative lumbar scoliosis. *Spine*. 2002;27(20):2268–73.
37. Kobayashi T, Atsuta Y, Takemitsu M, Matsuno T, Takeda N. A prospective study of de novo scoliosis in a community based cohort. *Spine*. 2006;31(2):178–82.

38. Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein S, editor. *Pediatr. Spine Princ. Pract.*, New York: Raven Press;1994, 479-496.
39. Schwab F, Dubey A, Pagala M, Gamez L, Farcy JP. Adult scoliosis: a health assessment analysis by SF-36. *Spine*. 2003;28(6):602–6.
40. Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine*. 2012;37(12):1077–82.
41. Glassman SD, Hamill CL, Bridwell KH, Schwab FJ, Dimar JR, Lowe TG. The impact of perioperative complications on clinical outcome in adult deformity surgery. *Spine*. 2007;32(24):2764–70.
42. Silva FE, Lenke LG. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management. *Neurosurg Focus*. 2010;28(3):E1.
43. Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy J-P. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine*. 2009;34(17):1828–33.
44. Smith JS, Shaffrey CI, Berven S, Glassman S, Hamill C, Horton W, et al. Operative versus nonoperative treatment of leg pain in adults with scoliosis: a retrospective review of a prospective multicenter database with two-year follow-up. *Spine*. 2009; 34(16):1693–8.
45. Smith JR, Samdani AF, Pahys J, Ranade A, Asghar J, Cahill P, et al. The role of bracing, casting, and vertical expandable prosthetic titanium rib for the treatment of infantile idiopathic scoliosis: a single-institution experience with 31 consecutive patients. *Clinical article. J Neurosurg Spine*. 2009;11(1):3–8.
46. Smith JS, Sansur CA, Donaldson WF, Perra JH, Mudiyaam R, Choma TJ, et al. Short-term morbidity and mortality associated with correction of thoracolumbar fixed sagittal plane deformity: a report from the Scoliosis Research

- Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine*. 2011;36(12):958–64.
47. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine*. 2005;30(18):2024–9.
48. Lafage V, Schwab F, Vira S, Patel A, Ungar B, Farcy J-P. Spino-pelvic parameters after surgery can be predicted: a preliminary formula and validation of standing alignment. *Spine*. 2011;36(13):1037–45.
49. Kobayashi A, Kobayashi T, Kato K, Higuchi H, Takagishi K. Diagnosis of radiographically occult lumbar spondylolysis in young athletes by magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med*. 2013;41(1):169–76.
50. Meyerding H. Spondylolisthesis: Surgical treatment and results. *Surgical Gynecology and Obstetrics* 1932;54:371–7.
51. Wiltse LL, Newman PH, Macnab I. Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Clin Orthop*. 1976;(117):23–9.
52. Marchetti PG, Bartolozzi P. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. In: Bridwell KH, Dewald RL, Hammerberg KW, eds. *Textbook of Spinal Surgery*, vol.2. Philadelphia, PA, Lippincott-Raven; 1997;1211–1254.
53. Mac-Thiong J-M, Labelle H, Parent S, Hresko MT, Deviren V, Weidenbaum M, et al. Reliability and development of a new classification of lumbosacral spondylolisthesis. *Scoliosis*. 2008;3:19.
54. Labelle H, Mac-Thiong J-M, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2011;20 Suppl 5:641–6.

55. Hresko MT, Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E. Classification of high-grade spondylolistheses based on pelvic version and spine balance: possible rationale for reduction. *Spine*. 2007;32(20):2208–13.
56. Bouras T, Korovessis P. Management of spondylolysis and low-grade spondylolisthesis in fine athletes. A comprehensive review. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthopédie Traumatol*. 2015;25 Suppl 1:S167–75.
57. Buck JE. Direct repair of the defect in spondylolisthesis Preliminary report. *J Bone Joint Surg Br*. 1970;52(3):432–7.
58. Nicol RO, Scott JH. Lytic spondylolysis. Repair by wiring. *Spine*. 1986;11(10):1027–30.
59. Lenke LG, Bridwell KH, Bullis D, Betz RR, Baldus C, Schoenecker PL. Results of in situ fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord*. 1992;5(4):433–42.
60. Rustagi T, Lavelle WF, Tallarico RA. Surgical management of adult spondylolysis and spondylolisthesis. *Semin Spine Surg*. 2014;26(4):238–46.
61. Weinstein JN, Lurie JD, Olson PR, Bronner KK, Fisher ES. United States' trends and regional variations in lumbar spine surgery: 1992-2003. *Spine*. 2006;31(23):2707–14.
62. Deyo RA, Gray DT, Kreuter W, Mirza S, Martin BI. United States trends in lumbar fusion surgery for degenerative conditions. *Spine*. 2005;30(12):1441–5.
63. Yoshihara H, Yoneoka D. National trends in the surgical treatment for lumbar degenerative disc disease: United States, 2000 to 2009. *Spine J*. 2015;15(2):265–71.
64. Phillips FM, Slosar PJ, Youssef JA, Andersson G, Papatheofanis F. Lum-

bar Spine Fusion for Chronic Low Back Pain Due to Degenerative Disc Disease: A Systematic Review. *Spine*. 2013 Apr;38(7):E409–22.

65. Katz JN. Lumbar disc disorders and low-back pain: socioeconomic factors and consequences. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88 Suppl 2:21–4.

66. McCormick JD, Werner BC, Shimer AL. Patient-reported outcome measures in spine surgery. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(2):99–107.

67. Chapman JR, Norvell DC, Hermsmeyer JT, Bransford RJ, DeVine J, McGirt MJ, et al. Evaluating common outcomes for measuring treatment success for chronic low back pain. *Spine*. 2011;36(21 Suppl):S54–68.

68. Huskisson EC. Measurement of pain. *Lancet Lond Engl*. 1974; 2(7889):1127–31.

69. Haefeli M, Elfering A. Pain assessment. *Eur Spine J*. 2006;15 Suppl 1:S17–24.

70. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine*. 2000;25(22):2940–52.

71. Ware JE, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*. 1992;30(6):473–83.

72. Copay AG, Glassman SD, Subach BR, Berven S, Schuler TC, Carreon LY. Minimum clinically important difference in lumbar spine surgery patients: a choice of methods using the Oswestry Disability Index, Medical Outcomes Study questionnaire Short Form 36, and pain scales. *Spine J*. 2008; 8(6):968–74.

73. Glassman SD, Copay AG, Berven SH, Polly DW, Subach BR, Carreon LY. Defining substantial clinical benefit following lumbar spine arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(9):1839–47.

74. Parker SL, Adogwa O, Paul AR, Anderson WN, Aaronson O, Cheng JS, et al. Utility of minimum clinically important difference in assessing pain, disability, and health state after transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(5):598–604.
75. Parker SL, Mendenhall SK, Shau D, Adogwa O, Cheng JS, Anderson WN, et al. Determination of minimum clinically important difference in pain, disability, and quality of life after extension of fusion for adjacent-segment disease. *J Neurosurg Spine*. 2012;16(1):61–7.
76. Boden SD, Riew KD, Yamaguchi K, Branch TP, Schellinger D, Wiesel SW. Orientation of the lumbar facet joints: association with degenerative disc disease. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78(3):403–11.
77. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2001;26(17):1873–8.
78. Pathria M, Sartoris DJ, Resnick D. Osteoarthritis of the facet joints: accuracy of oblique radiographic assessment. *Radiology*. 1987;164(1):227–30.
79. Weishaupt D, Zanetti M, Boos N, Hodler J. MR imaging and CT in osteoarthritis of the lumbar facet joints. *Skeletal Radiol*. 1999;28(4):215–9.
80. Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine*. 1994;19(14):1611–8.
81. Ryan DJ, Protosaltis TS, Ames CP, Hostin R, Klineberg E, Mundis GM, et al. T1 pelvic angle (TPA) effectively evaluates sagittal deformity and assesses radiographical surgical outcomes longitudinally. *Spine*. 2014;39(15):1203–10.
82. Been E, Kalichman L. Lumbar lordosis. *Spine J*. 2014;14(1):87–97.

83. Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng.* 1992;20(4):451–62.
84. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine.* 2005;30(3):346–53.
85. Lafage V, Ames C, Schwab F, Klineberg E, Akbarnia B, Smith J, et al. Changes in thoracic kyphosis negatively impact sagittal alignment after lumbar pedicle subtraction osteotomy: a comprehensive radiographic analysis. *Spine.* 2012;37(3):E180–7.
86. Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Janik TJ, Holland B. Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangent methods. *Spine.* 2001;26(11):E235–42.
87. Hong JY, Suh SW, Modi HN, Hur CY, Song HR, Park JH. Reliability analysis for radiographic measures of lumbar lordosis in adult scoliosis: a case-control study comparing 6 methods. *Eur Spine J.* 2010;19(9):1551–7.
88. Hwang J-H, Modi HN, Suh S-W, Hong J-Y, Park Y-H, Park J-H, et al. Reliability of lumbar lordosis measurement in patients with spondylolisthesis: a case-control study comparing the Cobb, centroid, and posterior tangent methods. *Spine.* 2010;35(18):1691–700.
89. Cobb JR. Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. The American Academy of Orthopedic Surgeons Instructional Course Lectures. Vol. 5. Ann Arbor, MI: Edwards; 1948. 1948. 5.
90. Kuntz, CH. “Radiographic measurements”. In: Chapman JR, Lee MJ, Hermsmeyer JT, Dettori JR, Norvell DC. *Measurements in Spine Care.* New York: ed Thieme;2012.p. 332-333.

91. Pope MH, Hanley EN, Matteri RE, Wilder DG, BSME, Frymoyer JW. Measurement of Intervertebral Disc Space Height. *Spine*. 1977;2(4):282–6.
92. Schulte TL, Leistra F, Bullmann V, Osada N, Vieth V, Marquardt B, et al. Disc height reduction in adjacent segments and clinical outcome 10 years after lumbar 360 degrees fusion. *Eur Spine J*. 2007;16(12):2152–8.
93. Miyakoshi N, Abe E, Shimada Y, Hongo M, Chiba M, Sato K. Anterior decompression with single segmental spinal interbody fusion for lumbar burst fracture. *Spine*. 1999;24(1):67–73.
94. Yorimitsu E, Chiba K, Toyama Y, Hirabayashi K. Long-term outcomes of standard discectomy for lumbar disc herniation: a follow-up study of more than 10 years. *Spine*. 2001;26(6):652–7.
95. Min JH, Jang JS, Jung B, Lee HY, Choi WC, Shim CS, et al. The clinical characteristics and risk factors for the adjacent segment degeneration in instrumented lumbar fusion. *J Spinal Disord Tech*. 2008;21(5):305–9.
96. Vialle E, Simoes CE. Radiographic measurements. In: Chapman JR, Lee MJ, Hersmeyer JT, Dettori, JR, Norvell DC. *Measurements in Spine Care*. New York: ed Thieme;2012. p. 302.
97. Ekman P, Moller H, Shalabi A, Yu YX, Hedlund R. A prospective randomised study on the long-term effect of lumbar fusion on adjacent disc degeneration. *Eur Spine J*. 2009;18(8):1175–86.
98. Pfeiffer M, Haas O, Huber-Stentrup M, Georg C, Frobin W. Disc height and anteroposterior translation in fused and adjacent segments after lumbar spine fusion. *Germ Med Sci*. 2003;(1):1-9
99. Mannion AF, Leivseth G, Brox J-I, Fritzell P, Hägg O, Fairbank JCT. ISSLS Prize Winner: Long-Term Follow-up Suggests Spinal Fusion Is Associated With Increased Adjacent Segment Disc Degeneration But Without

Influence on Clinical Outcome. *Spine*. 2014;39(17):1373–83.

100. Frobin W, Brinckmann P, Biggemann M. Objective measurement of the height of lumbar intervertebral disks from lateral roentgen views of the spine. *Z Für Orthop Ihre Grenzgeb*. 1997;135(5):394–402.

101. Pellisé F, Hernández A, Vidal X, Minguell J, Martínez C, Villanueva C. Radiologic assessment of all unfused lumbar segments 7.5 years after instrumented posterior spinal fusion. *Spine*. 2007;32(5):574–9.

102. Bao H, Zhu F, Liu Z, Bentley M, Mao S, Zhu Z, et al. Vertebral rotatory subluxation in degenerative scoliosis: facet joint tropism is related. *Spine*. 2014;39(26 Spec No.):B45–51.

103. Nash CL, Moe JH. A study of vertebral rotation. *J. Bone Jt Surg*. 1969;51(a):223-269.

104. Perdriolle R, Vidal J. Thoracic idiopathic scoliosis curve evolution and prognosis. *Spine*. 1985;10(9):785–91.

105. Pope MH, Panjabi M. Biomechanical definitions of spinal instability. *Spine*. 1985;10(3):255–6.

106. Dupuis PR, Yong-Hing K, Cassidy JD, Kirkaldy-Willis WH. Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. *Spine*. 1985;10(3):262–76.

107. Nachemson A. Lumbar spine instability. A critical update and symposium summary. *Spine*. 1985;10(3):290–1.

108. Hayes MA, Howard TC, Gruel CR, Kopta JA. Roentgenographic evaluation of lumbar spine flexion-extension in asymptomatic individuals. *Spine*. 1989;14(3):327–31.

109. Dvorák J, Panjabi MM, Novotny JE, Chang DG, Grob D. Clinical va-

Validation of functional flexion-extension roentgenograms of the lumbar spine. *Spine*. 1991;16(8):943–50.

110. Shaffer WO, Spratt KF, Weinstein J, Lehmann TR, Goel V. 1990 Volvo Award in clinical sciences. The consistency and accuracy of roentgenograms for measuring sagittal translation in the lumbar vertebral motion segment. An experimental model. *Spine*. 1990;15(8):741–50.

111. Weiner DK, Distell B, Studenski S, Martinez S, Lomasney L, Bongiorno D. Does radiographic osteoarthritis correlate with flexibility of the lumbar spine? *J Am Geriatr Soc*. 1994;42(3):257–63.

112. Gary Ghiselli G, Wang JC, Hsu WK, Dawson EG. L5-S1 Segment Survivorship and Clinical Outcome Analysis After L4-L5 Isolated Fusion. *Spine*. 2003;28(12):1275–80.

113. Cloward RB. The Treatment of Ruptured Lumbar Intervertebral Discs by Vertebral Body Fusion. *J Neurosurg*. 1953;10(2):154–68.

114. Harms JG, Jeszszky D. Die posteriore, lumbale, interkorporelle Fusion in unilateraler transforaminaler Technik. *Oper Orthop Traumatol*. 1998;10(2):90–102.

115. Fischgrund JS, Mackay M, Herkowitz HN, Brower R, Montgomery DM, Kurz LT. 1997 Volvo Award winner in clinical studies. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective, randomized study comparing decompressive laminectomy and arthrodesis with and without spinal instrumentation. *Spine*. 1997;22(24):2807–12.

116. Brantigan JW, Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two-year clinical results in the first 26 patients. *Spine*. 1993;18(14):2106–7.

117. Diedrich O, Perlick L, Schmitt O, Kraft CN. Radiographic characteristics

on conventional radiographs after posterior lumbar interbody fusion: comparative study between radiotranslucent and radiopaque cages. *J Spinal Disord.* 2001;14(6):522–32.

118. Hackenberg L, Halm H, Bullmann V, Vieth V, Schneider M, Liljenqvist U. Transforaminal lumbar interbody fusion: a safe technique with satisfactory three to five year results. *Eur Spine J.* 2005;14(6):551–8.

119. Lee JS, Suh KT. Posterior lumbar interbody fusion with an autogenous iliac crest bone graft in the treatment of pyogenic spondylodiscitis. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(6):765–70.

120. Park Y, Ha JW. Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with a minimally invasive approach or a traditional open approach. *Spine.* 2007;32(5):537–43.

121. Dang ABC, Hu SS. Medical Complications in the adult spinal patients. In: Bridwell KH, Dewald RL, Hammerberg KW, eds. *Textbook of Spinal Surgery*, vol.2. Philadelphia: PA, Lippincott-Raven;1997;49-56.

122. Smetana GW. Preoperative pulmonary evaluation: identifying and reducing risks for pulmonary complications. *Cleve Clin J Med.* 2006;73 Suppl 1:S36–41.

123. Lee TH. Reducing cardiac risk in noncardiac surgery. *N Engl J Med.* 1999;341(24):1838–40.

124. Schoenfeld AJ, Ochoa LM, Bader JO, Belmont PJ. Risk factors for immediate postoperative complications and mortality following spine surgery: a study of 3475 patients from the National Surgical Quality Improvement Program. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(17):1577–82.

125. Kim BD, Hsu WK, De Oliveira GS, Saha S, Kim JYS. Operative duration as an independent risk factor for postoperative complications in single-level

lumbar fusion: an analysis of 4588 surgical cases. *Spine*. 2014;39(6):510–20.

126. Dimar JR. Complications of lumbosacral spine surgery In: Bridwell KH, Dewald RL, Hammerberg KW, eds. *Textbook of Spinal Surgery*, vol.2. Philadelphia: PA, Lippincott-Raven;1997; 513-524.

127. Kebaish MA. Failure of lumbar spine instrumentantion. In: Shen FH, Shaffrey CI. ed. *Arthtitis & Arthroplasty: The Spine*. ed.Saunders Philadelphia PA,2010; 281-287.

128. Castro WH, Halm H, Jerosch J, Malms J, Steinbeck J, Blasius S. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae. *Spine*. 1996;21(11):1320–4.

129. Fritzell P, Hägg O, Nordwall A, Swedish Lumbar Spine Study Group. Complications in lumbar fusion surgery for chronic low back pain: comparison of three surgical techniques used in a prospective randomized study. A report from the Swedish Lumbar Spine Study Group. *Eur Spine J*. 2003;12(2):178–89.

130. Ho VT-G, Newman NJ, Song S, Ksiazek S, Roth S. Ischemic optic neuropathy following spine surgery. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2005;17(1):38–44.

131. Shaffer WO, Baisden JL, Fernand R, Matz PG, North American Spine Society. An evidence-based clinical guideline for antibiotic prophylaxis in spine surgery. *Spine J*. 2013;13(10):1387–92.

132. Tomov M, Mitsunaga L, Durbin-Johnson B, Nallur D, Roberto R. Reducing surgical site infection in spinal surgery with betadine irrigation and intrawound vancomycin powder. *Spine*. 2015;40(7):491–9.

133. Hilibrand AS, Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? *Spine J*. 2004;4(6):S190–4.

134. Anderson PA, Andersson GBJ, Arnold PM, Brodke DS, Brodt ED, Cha-

pman JR, et al. Terminology: Spine. 2012;37:S8–9.

135. Lee CS, Hwang CJ, Lee S-W, Ahn Y-J, Kim Y-T, Lee D-H, et al. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur Spine J*. 2009;18(11):1637–43.

136. Gillet P. The fate of the adjacent motion segments after lumbar fusion. *J Spinal Disord Tech*. 2003;16(4):338–45.

137. Park P, Garton HJ, Gala VC, Hoff JT, McGillicuddy JE. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature. *Spine Phila Pa 1976*. 2004;29(17):1938–44.

138. Lee CK, Langrana NA. Lumbosacral Spinal Fusion. *Spine*. 1984;9(6):574–81.

139. Wang JC, Arnold PM, Hermsmeyer JT, Norvell DC. Do lumbar motion preserving devices reduce the risk of adjacent segment pathology compared with fusion surgery? A systematic review. *Spine Phila Pa 1976*. 2012;37(22 Suppl):S133–43.

140. Okuda S, Iwasaki M, Miyauchi A, Aono H, Morita M. Risk Factors for Adjacent Segment Degeneration After PLIF. *Spine*. 2004;29(14):1535–40.

141. Chen L-H, Lai P-L, Tai C-L, Niu C-C, Fu T-S, Chen W-J. The effect of interspinous ligament integrity on adjacent segment instability after lumbar instrumentation and laminectomy--an experimental study in porcine model. *Biomed Mater Eng*. 2006;16(4):261–7.

142. Lai PL, Chen LH, Niu CC, Fu TS, Chen WJ. Relation between laminectomy and development of adjacent segment instability after lumbar fusion with pedicle fixation. *Spine Phila Pa 1976*. 2004;29(22):2527–32.

143. Sudo H, Oda I, Abumi K, Ito M, Kotani Y, Hojo Y, et al. In vitro biomechanical effects of reconstruction on adjacent motion segment: comparison of

aligned/kyphotic posterolateral fusion with aligned posterior lumbar interbody fusion/posterolateral fusion. *J Neurosurg Spine*. 2003;99(2):221–8.

144. Cardoso MJ, Dmitriev AE, Helgeson M, Lehman RA, Kuklo TR, Rosner MK. Does superior-segment facet violation or laminectomy destabilize the adjacent level in lumbar transpedicular fixation? An in vitro human cadaveric assessment. *Spine Phila Pa 1976*. 2008;33(26):2868–73.

145. He B, Yan L, Guo H, Liu T, Wang X, Hao D. The Difference in Superior Adjacent Segment Pathology After Lumbar Posterolateral Fusion by Using 2 Different Pedicle Screw Insertion Techniques in 9-Year Minimum Follow-up: *Spine*. 2014;39(14):1093–8.

146. Park Y, Ha JW, Lee YT, Sung NY. Cranial facet joint violations by percutaneously placed pedicle screws adjacent to a minimally invasive lumbar spinal fusion. *Spine J*. 2011;11(4):295–302.

147. Penta M, Sandhu A, Fraser RD. Magnetic resonance imaging assessment of disc degeneration 10 years after anterior lumbar interbody fusion. *Spine*. 1995;20(6):743–7.

148. Etebar S, Cahill DW. Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. *J Neurosurg Spine*. 1999;90(2):163–9.

149. Wimmer C, Gluch H, Krismer M, Ogon M, Jesenko R. AP-translation in the proximal disc adjacent to lumbar spine fusion: a retrospective comparison of mono-and polysegmental fusion in 120 patients. *Acta Orthop*. 1997;68(3):269–72.

150. Rahm MD, Hall BB. Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: a retrospective study. *J Spinal Disord*. 1996;9(5):392–400.

151. Cho K-J, Suk S-I, Park S-R, Kim JH, Kang S-B, Kim H-S, et al. Risk fac-

tors of sagittal decompensation after long posterior instrumentation and fusion for degenerative lumbar scoliosis. *Spine*. 2010;35(17):1595–601.

152. Akamaru T, Kawahara N, Yoon ST, Minamide A, Kim KS, Tomita K, et al. Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis. *Spine*. 2003;28(14):1560–6.

153. Oda I, Cunningham BW, Buckley RA, Goebel MJ, Haggerty CJ, Orbegoso CM, et al. Does Spinal Kyphotic Deformity Influence the Biomechanical Characteristics of the Adjacent Motion Segments?: An In Vivo Animal Model. *Spine*. 1999;24(20):2139.

154. Umehara S, Zindrick MR, Patwardhan AG, Havey RM, Vrbos LA, Knight GW, et al. The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments. *Spine*. 2000;25(13):1617–24.

155. Sengupta DK, Herkowitz HN. Pedicle screw-based posterior dynamic stabilization: literature review. *Adv Orthop*. 2012;2012:424268.

156. Glassman SD, Carreon L, Dimar JR. Outcome of Lumbar Arthrodesis in Patients Sixty-five Years of Age or Older: Surgical Technique. *JBJS Essent Surg Tech*. 2010;(1 Suppl 1): 77-84:77–84.

157. Schoenfeld AJ, Bono CM. Instrumented lumbar fusion. In: Flatow E, Colvin AC. *Atlas of essential orthopaedic procedures*. Ed: 2015.p.

158. Harms J, Rolinger H. [A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl)]. *Z Für Orthop Ihre Grenzgeb*. 1982;120(3):343–7.

159. Okuda S, Oda T, Miyauchi A, Haku T, Yamamoto T, Iwasaki M. Surgical Outcomes of Posterior Lumbar Interbody Fusion in Elderly Patients: Surgical Technique. *JBJS Essent Surg Tech*. 2007;(1Suppl 2):310–20.

160. Radiological Archive and Image Management. RAIM 2.93. Corporació Sanitaria Parc Taulí UDIAT Centre Diagnòstic S.A. Centre d'Imatge Mèdica Digital. 2011.
161. Álvarez Molinero M, Gálvez Koslowski S, Llopart Alcalde N, Santos Andrés JF, Aguilar Naranjo JJ. Comparación de la medición del ángulo de Cobb: tradicional versus asistida por ordenador. *Rehabilitación*. 2011;45(2):93–8.
162. Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos.
163. Orgánica L. Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. BOE Internet. 1999;14.
164. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159–74.
165. Harrop JS, Youssef JA, Maltenfort M, Vorwald P, Jabbour P, Bono CM, et al. Lumbar adjacent segment degeneration and disease after arthrodesis and total disc arthroplasty. *Spine Phila Pa 1976*. 2008;33(15):1701–7.
166. Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlman HH. Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81(4):519–28.
167. Jackson RP, Peterson MD, McManus AC, Hales C. Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine*. 1998;23(16):1750–67.
168. Barrey C, Roussouly P, Perrin G, Le Huec J-C. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine. Can we identify the compensatory mechanisms? *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 5:626–33.

169. Pope MH, Panjabi M. Biomechanical definitions of spinal instability. *Spine*. 1985;10(3):255–6.
170. Potter BK, Lenke LG, Kuklo TR. Prevention and management of iatrogenic flatback deformity. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-A(8):1793–808.
171. Bevevino AJ, Lehman AR, Lenke LG. Determining fusion levels in lumbar degenerative scoliosis. In: Harrop JS, Vaccaro AR. *Adult degenerative scoliosis*. 1a ed. New Delhi: Jaypee; 2015. p.55-63.
172. Battié MC, Videman T, Kaprio J, Gibbons LE, Gill K, Manninen H, et al. The Twin Spine Study: Contributions to a changing view of disc degeneration†. *Spine J*. 2009;9(1):47–59.
173. Patel AA. Evidence for an Inherited Predisposition to Lumbar Disc Disease. *J Bone Jt Surg Am*. 2011;93(3):225.
174. Okada E, Matsumoto M, Fujiwara H, Toyama Y. Disc degeneration of cervical spine on MRI in patients with lumbar disc herniation: comparison study with asymptomatic volunteers. *Eur Spine J*. 2011;20(4):585–91.
175. Thomas W, Trockmorton ASH, Gregory A, Mencio, Arleen Hodge, Dan M. Spengler. The impact of Adjacent Level Disc Degeneration on Health Status Outcomes Following Lumbar Fusion. *Spine*. 2003;28(22):2546–50.
176. Ghiselli G, Wang JC, Bhatia NN, Hsu WK, Dawson EG. Adjacent segment degeneration in the lumbar spine. *J Bone Jt Surg*. 2004;86(7):1497–503.
177. Weinhoffer SL, Guyer RD, Herbert M, Griffith SL. Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion. A cadaveric study. *Spine*. 1995;20(5):526–31.
178. Cunningham BW, Gordon JD, Dmitriev AE, Hu N, McAfee PC. Biomechanical evaluation of total disc replacement arthroplasty: an in vitro human

cadaveric model. *Spine Phila Pa* 1976. 2003;28(20):S110–7.

179. Rohlmann A, Neller S, Bergmann G, Graichen F, Claes L, Wilke H-J. Effect of an internal fixator and a bone graft on intersegmental spinal motion and intradiscal pressure in the adjacent regions. *Eur Spine J*. 2001;10(4):301–8.

180. Dekutoski MB, Schendel MJ, Ogilvie JW, Olsewski JM, Wallace LJ, Lewis JL. Comparison of in vivo and in vitro adjacent segment motion after lumbar fusion. *Spine-Hagerstown*. 1994;19(15):1745–51.

181. Axelsson P, Johnsson R, Strömqvist B. The spondylolytic vertebra and its adjacent segment: mobility measured before and after posterolateral fusion. *Spine*. 1997;22(4):414–7.

182. Chow DH, Luk KD, Evans JH, Leong JC. Effects of short anterior lumbar interbody fusion on biomechanics of neighboring unfused segments. *Spine*. 1996;21(5):549–55.

183. Ahn DK, Park HS, Choi DJ, Kim KS, Yang SJ. Survival and prognostic analysis of adjacent segments after spinal fusion. *Clin Orthop Surg*. 2010;2(3):140–7.

184. Aota Y, Kumano K, Hirabayashi S. Postfusion instability at the adjacent segments after rigid pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal disorders. *J Spinal Disord*. 1995;8(6):464–73.

185. Kaito T, Hosono N, Mukai Y, Makino T, Fuji T, Yonenobu K. Induction of early degeneration of the adjacent segment after posterior lumbar interbody fusion by excessive distraction of lumbar disc space. *J Neurosurg Spine*. 2010;12(6):671–9.

186. Chen Z, Zhao J, Xu H, Liu A, Yuan J, Wang C. Technical factors related to the incidence of adjacent superior segment facet joint violation after transpedicular instrumentation in the lumbar spine. *Eur Spine J*. 2008;17(11):1476–80.

187. Shah RR, Mohammed S, Saifuddin A, Taylor BA. Radiologic evaluation of adjacent superior segment facet joint violation following transpedicular instrumentation of the lumbar spine. *Spine*. 2003;28(3):272–5.
188. Moshirfar A, Jenis LG, Spector LR, Burke PJ, Losina E, Katz JN, et al. Computed tomography evaluation of superior-segment facet-joint violation after pedicle instrumentation of the lumbar spine with a midline surgical approach. *Spine Phila Pa 1976*. 2006;31(22):2624–9.
189. Chosa E, Goto K, Totoribe K, Tajima N. Analysis of the effect of lumbar spine fusion on the superior adjacent intervertebral disk in the presence of disk degeneration, using the three-dimensional finite element method. *J Spinal Disord Tech*. 2004;17(2):134–9.
190. Cheh G, Bridwell KH, Lenke LG, Buchowski JM, Daubs MD, Kim Y, et al. Adjacent segment disease following lumbar/thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow-up. *Spine*. 2007;32(20):2253–7.
191. Celestre PC, Montgomery SR, Kupperman AI, Aghdasi B, Inoue H, Wang JC. Lumbar Clinical Adjacent Segment Pathology: Predilection for Proximal Levels. *Spine*. 2014;39(2):172–6.
192. Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy J-P. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine*. 2009;34(17):E599–606.
193. Lazennec J-Y, Brusson A, Rousseau M-A. Hip-spine relations and sagittal balance clinical consequences. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 5:686–98.
194. Shin M-H, Ryu K-S, Hur J-W, Kim J-S, Park C-K. Comparative Study of Lumbopelvic Sagittal Alignment Between Patients With and Without Sacroiliac Joint Pain After Lumbar Interbody Fusion: *Spine*. 2013;38(21):E1334–41.

195. Deyo RA, Martin BI, Kreuter W, Jarvik JG, Angier H, Mirza SK. Revision Surgery Following Operations for Lumbar Stenosis. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(21):1979-1986
196. Kawaguchi Y, Ishihara H, Kanamori M, Yasuda T, Abe Y, Nogami S, et al. Adjacent segment disease following expansive lumbar laminoplasty. *Spine J.* 2007;7(3):273-9.
197. Anderson DG, Patel A, Maltenfort M, Vaccaro AR, Ratliff J, Hilibrand A, et al. Lumbar decompression using a traditional midline approach versus a tubular retractor system: comparison of patient-based clinical outcomes. *Spine.* 2011;36(5):E320-5.
198. Kelleher MO, Timlin M, Persaud O, Rampersaud YR. Success and failure of minimally invasive decompression for focal lumbar spinal stenosis in patients with and without deformity. *Spine.* 2010;35(19):E981-7.
199. Sears WR, Sergides IG, Kazemi N, Smith M, White GJ, Osburg B. Incidence and prevalence of surgery at segments adjacent to a previous posterior lumbar arthrodesis. *Spine J.* 2011;11(1):11-20.
200. Hellum C, Berg L, Gjertsen Ø, Johnsen LG, Neckelmann G, Storheim K, et al. Adjacent Level Degeneration and Facet Arthropathy After Disc Prosthesis Surgery or Rehabilitation in Patients With Chronic Low Back Pain and Degenerative Disc: Second Report of a Randomized Study. *Spine.* 2012;37(25):2063-73.
201. Guyer RD, McAfee PC, Banco RJ, Bitan FD, Cappuccino A, Geisler FH, et al. Prospective, randomized, multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of lumbar total disc replacement with the CHARITE artificial disc versus lumbar fusion: five-year follow-up. *Spine J.* 2009;9(5):374-86.

202. Kasliwal MK, Deutsch H. Effect of total lumbar disc replacement on lumbosacral lordosis. *J Spinal Disord Tech*. 2012;25(7):370–3.
203. Sobottke R, Röllinghoff M, Siewe J, Schlegel U, Yagdiran A, Spangenberg M, et al. Clinical outcomes and quality of life 1 year after open microsurgical decompression or implantation of an interspinous stand-alone spacer. *Minim Invasive Neurosurg MIN*. 2010;53(4):179–83.
204. Kanayama M, Togawa D, Hashimoto T, Shigenobu K, Oha F. Motion-preserving surgery can prevent early breakdown of adjacent segments: Comparison of posterior dynamic stabilization with spinal fusion. *J Spinal Disord Tech*. 2009;22(7):463–7.
205. Schaeren S, Broger I, Jeanneret B. Minimum four-year follow-up of spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis treated with decompression and dynamic stabilization. *Spine*. 2008;33(18):E636–42.
206. Phillips FM, Carlson GD, Bohlman HH, Hughes SS. Results of surgery for spinal stenosis adjacent to previous lumbar fusion. *J Spinal Disord*. 2000;13(5):432–7.
207. Schlegel JD, Smith JA, Schleusener RL. Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions. *Spine*. 1996;21(8):970–81.
208. Chen W-J, Lai P-L, Niu C-C, Chen L-H, Fu T-S, Wong C-B. Surgical treatment of adjacent instability after lumbar spine fusion. *Spine*. 2001;26(22):E519–24.
209. Chou D, Dekutoski M, Hermsmeyer J, Norvell DC. The treatment of lumbar adjacent segment pathology after a previous lumbar surgery: a systematic review. *Spine Phila Pa 1976*. 2012;37(22 Suppl):S180–8.

9. ANEXOS

INFORME DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN O COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DEL CENTRO:

La Comisión de Investigación, en reunión de 17 de enero de 2012, ha evaluado el proyecto titulado **"ESTUDIO DE INCIDENCIA Y ANÁLISIS DE FACTORES RELACIONADOS CON LA DEGENERACIÓN DEL SEGMENTO ADYACENTE EN FUSIÓN LUMBAR"**, cuyo Investigador Principal es **D. JOSÉ VICENTE RAMÍREZ VILLAESCUSA**, considerando que el mencionado proyecto es viable en este Centro, siendo la capacidad del Investigador Principal y la disponibilidad de medios en el Complejo Hospitalario Universitario de Albacete suficientes para llevarlo a cabo.

Por tanto esta Comisión informa favorablemente acerca del mencionado proyecto.

Albacete, 17 de enero de 2012.



Fdo.: Carlos de Cabo de la Vega
Secretario de la Comisión de Investigación del C.H.U.A.

El Comité Ético de Investigación Clínica de nuestra Área de Salud en su reunión de fecha 20 de diciembre de 2011, ha evaluado el proyecto titulado **“ESTUDIO DE INCIDENCIA Y ANALISIS DE FACTORES RELACIONADOS CON LA DEGENERACION DEL SEGMENTO ADYACENTE EN FUSION LUMBAR”** Investigador Principal: **JOSE VICENTE RAMIREZ VILLAESCUSA**, considerando que el mencionado proyecto se ajusta a las normas éticas esenciales utilizadas en este ámbito de lo cual queda constancia en el Acta nº 12/11 del CEIC.

Albacete, 20 de diciembre de 2011

Fdo. Pedro Abizanda Soler

Presidente del Comité Ético de Investigación Clínica.

