



Universitat Autònoma de Barcelona

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  [http://cat.creativecommons.org/?page\\_id=184](http://cat.creativecommons.org/?page_id=184)

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

**WARNING.** The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



**Universitat Autònoma  
de Barcelona**

**Tesis Doctoral**

**Utilidad de la Herniectomía y Discectomía  
Percutánea guiada por Tomografía  
Computarizada**

**Autor:** Manuel Cifrián Pérez

**Directores:** Antonio Martínez Noguera y José  
Hermenegildo García Vila. **Tutor:** Antonio Martínez Noguera

**Programa de Doctorado en Medicina**

**Departamento de Medicina**

**Universitat Autònoma de Barcelona**

**2021**



## AGRADECIMIENTOS

---

En primer lugar deseo agradecer a Jordi Burguet Castell toda su ayuda y apoyo, desde el principio del proyecto a su fin. Sin él este trabajo no se habría realizado. Este trabajo también es suyo. Muchas gracias por tu amistad.

Deseo expresar mi agradecimiento a los directores de esta tesis doctoral, Dr. Martinez Noguera y el Dr. Garcia Vila, por la dedicación y apoyo que han brindado a este trabajo.

Gracias a mi familia, a mis padres y hermanos por acompañarme y ayudarme siempre. En especial gracias a mi padre por ayudarme en este proyecto.

Gracias a mi mujer, Daniela, por su paciencia, apoyo y comprensión en este proyecto. Gracias por estar ahí siempre.

## LISTADO DE ABREVIATURAS

---

AINEs	Antiinflamatorios no esteroideos
ANAES	Agencia Nacional Francesa de Acreditación y Evaluación en Salud
AT	Accidentes laborales
CNAM	Caja Nacional del Seguro de Enfermedad
EMG	Electromiografía
EQ	
EQ-5D	
EuroQol-5D	Índice europeo de calidad de vida, por dimensiones
EuroQol-5D-3L	
EQ-VAS	Índice europeo de calidad de vida, escala visual
EVA	Escala visual analógica del dolor
IDET	Electro-Termo-Terapia Intradiscal
IPP	Incapacidad permanente parcial
IPT	Incapacidad permanente total
LCR	Líquido cefalorraquídeo
L2, L3, L4, L5, S1	Raíz nerviosa (localización)
ODI	Índice de discapacidad de Oswestry
PDC	Producto de contraste
PT	Tiempo de protrombina
RM	Resonancia magnética
SCVIR	Society of CardioVascular and Interventional Radiology
T1	Tiempo de relajación longitudinal
T2	Tiempo de relajación transversal
TC	Tomografía computerizada

<b>Resumen</b>	<b>7</b>
<b>Abstract</b>	<b>9</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>10</b>
1.1. Datos epidemiológicos	11
1.1.1. Prevalencia e incidencia de la radiculopatía lumbosacra	11
1.1.2. Factores etiológicos	12
1.2. Anatomía	12
1.2.1. Anatomía de la columna	12
1.2.2. Anatomía vertebral	13
1.2.3. Anatomía intervertebral	14
1.2.3.1. Articulaciones	14
1.2.3.2. Ligamentos y medios de unión	15
1.2.4. Anatomía del disco intervertebral	16
1.2.4.1. Datos fisiológicos	16
1.2.4.2. El anillo fibroso	16
1.2.4.3. El núcleo pulposo	16
1.2.4.4. Inervación	16
1.2.4.5. Vascularización y neovascularización	17
1.2.4.6. Funciones y envejecimiento fisiológico del disco	17
1.3. Hernia discal	18
1.3.1. Fisiopatología e historia natural de la hernia discal	18
1.3.1.1. Fisiopatología del dolor	18
1.3.2. Diagnóstico de la hernia discal	19
1.3.2.1. Anamnesis y exploración física	19
1.3.2.2. Evaluación radiológica de las hernias de disco lumbar	21

1.3.2.2.1. Radiografía simple	21
1.3.2.2.2. Tomografía computarizada (TC)	21
1.3.2.2.3. Resonancia magnética	23
1.3.2.2.4. Electromiografía	26
1.4. Tratamientos	27
1.4.1. Tratamiento médico	27
1.4.1.1. General	27
1.4.1.2. Farmacología	27
1.4.1.3. Fisioterapia	28
1.4.1.4. Infiltraciones	28
1.4.2. Tratamiento quirúrgico	29
1.4.2.1. Procedimiento de diagnóstico	29
1.4.2.2. Elección de la técnica quirúrgica	29
<b>2. Hipótesis</b>	<b>30</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>31</b>
3.1. Objetivo principal	31
3.2. Objetivos secundarios	31
<b>4. Material y método</b>	<b>32</b>
4.1. Criterios de inclusión	32
4.2. Criterios de exclusión	32
4.3. Recopilación de datos	33
4.4. Evaluación mediante escalas	34
4.4.1. EVA	34
4.4.2. ODI	35
4.4.3. EuroQol-5D	38
4.5. Clasificación de la mejoría y de las complicaciones	42
4.6. Análisis estadístico	42
4.6.1. Tests estadísticos	43

4.6.2. Grupo control	44
4.6.3. Software	44
4.7. Descripción del material de herniotomía	45
4.8. Procedimiento de herniectomía percutánea	47
4.8.1. Guía de imagen	47
4.8.2. Preparación y posicionamiento del paciente	47
4.9. Descripción de la técnica	49
<b>5. Resultados</b>	<b>56</b>
5.1. Incidencias y seguimiento a los pacientes	56
5.2. Datos generales	56
5.3. Intensidad del dolor (EVA)	57
5.3.1. Resultados por niveles	61
5.4. Calidad de vida relacionada con la salud	62
5.4.1. EuroQol-5D	62
5.4.2. EuroQol-VAS	66
5.5. Test de evaluación funcional de Oswestry	67
5.5.1. Resultados por niveles	69
<b>6. Discusión</b>	<b>70</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>75</b>
<b>8. Líneas de futuro</b>	<b>77</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>79</b>
<b>Apéndices</b>	<b>87</b>

El objetivo principal de este estudio es evaluar la eficacia de la herniectomía percutánea guiada mediante TC y fluoroscopia. Se trata de un nuevo tipo de tratamiento alternativo a la cirugía, y que en nuestro caso hemos evaluado para pacientes que presentan dolor radicular causado por hernia discal lumbar y refractario a tratamiento conservador.

Para la evaluación de la efectividad y viabilidad de esta técnica hemos seguido en detalle a 132 pacientes con lumbociatalgia y dolor radicular concordante con hernia discal, y con ausencia de mejoría con tratamiento médico conservador correctamente realizado.

El estudio busca ir más allá de medir la evolución del dolor en cada paciente, caracterizando también la evolución en su calidad de vida y en su capacidad funcional. Para la medición del dolor se utiliza la escala de puntuación de EVA, para la de calidad de vida se usa el EuroQol-5D-3L (EQ), y para la capacidad funcional el Índice de Discapacidad de Oswestry (ODI). Las distintas evaluaciones se aplicaron en la consulta inicial, tras el tratamiento, y con un seguimiento al mes, 3 meses, 6 meses y 12 meses post intervención.

El análisis estadístico muestra una disminución significativa del dolor medido a través del EVA, así como una mejoría significativa en la calidad de vida y la capacidad funcional (medidas por el EQ y el ODI) respecto a la determinación inicial. Esta mejoría en las distintas dimensiones no solo es persistente sino que además resulta progresiva en el tiempo de seguimiento, lo que está relacionado con la agresividad mínima de la técnica.

Las medidas de calidad de vida y capacidad funcional aportan una visión más detallada de los efectos del tratamiento. Destaca por ejemplo una mejoría generalizada particularmente marcada en la dimensión de ansiedad/depresión, lo que interpretamos también como consecuencia de un tratamiento que deja mínimas secuelas en el paciente.

Nuestro estudio concluye que la herniectomía y discectomía percutánea guiada por TC es un tratamiento eficaz y seguro del síndrome radicular lumbar refractario a tratamiento rehabilitador, pudiendo realizarse en lugar de la cirugía, y limitando la cirugía de raquis a los casos que no evolucionen favorablemente.

The main objective of this study is to evaluate the efficacy of CT- and fluoroscopy-guided percutaneous herniectomy. It is a new type of alternative treatment to surgery, and in our case, we have evaluated the treatment for patients with radicular pain caused by lumbar disc herniation that showed no improvement after conservative medical treatment.

For the evaluation of the effectiveness and viability of this technique we have assessed 132 patients with herniated disc radicular pain, and with no improvement with conservative medical treatment correctly performed. The study seeks to go beyond measuring the evolution of pain in each patient, also characterizing the evolution of their quality of life and their functional capacity. The VAS score scale is used to measure pain, the EuroQol-5D-3L (EQ) is used for quality of life assessment, and the Oswestry Disability Index (ODI) is used for functional capacity evaluation.

The different evaluations were applied in the initial consultation, after the treatment, and with a follow-up at one month, 3 months, 6 months and 12 months after the intervention. Statistical analysis shows a significant decrease in pain measured through the VAS, as well as a significant improvement in quality of life and functional capacity (measured by the EQ and ODI) compared to the initial determination. This improvement in the different dimensions is not only persistent but is also progressive in the follow-up time, which is related to the minimal aggressiveness of the technique.

Quality of life and functional capacity measurement provide a more detailed evaluation of the effects of the treatment. For example, a particularly marked generalized improvement in the anxiety / depression dimension stands out, which we also interpret as a consequence of a treatment that leaves minimal sequelae in the patient. Our study concludes that CT- and fluoroscopy-guided percutaneous herniectomy and discectomy is an effective and safe treatment of lumbar radicular syndrome refractory to conservative treatment, that can be performed instead of surgery, limiting spinal surgery to cases that do not progress favorably.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El dolor en la parte baja de la espalda con irradiación a una o ambas de las piernas (lumbociatalgia) asociado a una hernia discal es un motivo de consulta muy frecuente en la medicina general, siendo una de las principales causas de morbilidad en los países industrializados. Presenta un significativo impacto socio-económico, ya que los gastos generados en su tratamiento se suman a los costes laborales asociados a la discapacidad de las personas afectadas, así como a su pérdida de calidad de vida.

La causa principal de lumbociatalgia es la radiculopatía lumbosacra aguda. Se trata de un proceso patológico difuso que afecta a una raíz nerviosa subyacente, causando dolor, pérdida de la sensibilidad y función motora según la gravedad. La fuerza muscular a menudo se conserva en el caso de la radiculopatía porque los músculos a menudo reciben inervación de múltiples raíces. Existe una redundancia incorporada en la anatomía humana que le permite mantener su función a pesar de una lesión potencialmente significativa en una sola raíz nerviosa. Por lo tanto, la fuerza muscular a menudo solo se ve afectada en casos graves de radiculopatía (1).

La radiculopatía lumbosacra es muy común. Aunque la mayoría de los casos de radiculopatía lumbosacra son autolimitados, el síntoma más común es la pérdida sensorial (parestesia) en la extremidad inferior (2). También es común el dolor de espalda que se irradia al pie, al realizar una prueba de elevación de la pierna recta (3,4,5,6).

La causa más común de radiculopatía lumbar es una hernia de disco, que puede causar compresión de la raíz nerviosa. Este proceso puede ser agudo o puede desarrollarse de forma crónica con el tiempo.

Las imágenes no siempre son una modalidad útil en el diagnóstico. Se ha encontrado que casi el 27% de los pacientes sin dolor de espalda tienen una hernia de disco en la resonancia magnética (RM). El diagnóstico de dolor radicular se complica porque una anomalía como una hernia de disco encontrada en una resonancia magnética no parece predecir el desarrollo futuro de dolor de espalda (7,8). Para diagnosticar una hernia de disco como fuente del dolor de un paciente, es importante revisar la historia clínica y el examen físico completos, asegurándose de que los síntomas se ajusten a los resultados de las imágenes.

Los pacientes con dolor radicular lumbar a menudo responden al tratamiento conservador. Por ello el tratamiento estándar recomendado incluye inicialmente un tratamiento conservador, cuya duración varía entre 2 y 6 meses, incluyendo tratamiento médico con antiinflamatorios, analgésicos, reposo y fisioterapia. Los pacientes que no responden a las terapias conservadoras probablemente se someterán a una resonancia magnética para una evaluación adicional. En ese momento también se debe considerar, en función de la evolución clínica del paciente, la derivación a un especialista para la realización de infiltraciones guiadas por imagen (9).

En un segundo tiempo, en los casos con ausencia de mejoría clínica, la alternativa que se ofrece a estos pacientes es habitualmente el tratamiento quirúrgico (10). Este procedimiento se realiza bajo anestesia general, a menudo realizando una laminectomía, que presenta riesgos asociados: complicaciones infecciosas, lesión neural, recurrencia o fibrosis postquirúrgica (11,12).

Gracias a los avances en la radiología intervencionista, han surgido nuevas técnicas que permiten suplir la falta de opciones terapéuticas intermedias entre el tratamiento médico y quirúrgico. En los últimos años se han desarrollado diferentes técnicas de herniectomía percutánea ofreciendo una alternativa mínimamente invasiva al tratamiento de la lumbociatalgia por pinzamiento disco radicular.

Las primeras series publicadas con tratamientos mínimamente invasivos de microdiscectomía percutánea (13) mostraron resultados satisfactorios en términos de eficacia clínica y funcional (14,15). La microdiscectomía percutánea se trata de un procedimiento espinal cuyo objetivo es extraer la hernia o una porción de la hernia para reducir la presión sobre la raíz del nervio. Estos buenos resultados iniciales del tratamiento lo hacen apropiado para un estudio detallado de su eficacia.

---

## 1.1. DATOS EPIDEMIOLÓGICOS

---

---

### 1.1.1. PREVALENCIA E INCIDENCIA DE LA RADICULOPATÍA LUMBOSACRA

---

La radiculopatía lumbosacra se da con mucha frecuencia: en promedio, del 3 al 5% de los adultos experimentan síntomas a lo largo de su vida (16). Entre las radiculopatías lumbosacras, la radiculopatía L5 es la radiculopatía lumbar más común.

Entre el 63 y el 72% de los pacientes con radiculopatía lumbar experimenta parestesia, el 35% experimenta irradiación del dolor en la extremidad inferior (lumbociatalgia) y el 27% de los pacientes presenta entumecimiento (2). La debilidad muscular se presenta hasta en un 37%, la ausencia de reflejos en el tobillo hasta en un 40% y la ausencia de reflejos en la rodilla en el 18% de los pacientes (17,18,19).

Las personas con una hernia no necesariamente sufrirán dolor, ni las personas que tengan dolor lumbar necesariamente tendrán una hernia. Se ha encontrado que alrededor del 27% de los pacientes sin dolor de espalda tienen una hernia de disco en la resonancia magnética (7).

Una estimación de la incidencia anual de lumbalgia en la población general arroja cifras que varían entre el 5 y el 10% y disminuyen con la edad, afectando los nuevos casos principalmente a la población de 20 a 30 años (3,20,21,22).

---

### 1.1.2. FACTORES ETIOLÓGICOS

---

El origen más común de la radiculopatía lumbar es la compresión de la raíz nerviosa. Esta compresión resulta normalmente de una hernia de disco o de la espondilosis vertebral. La espondilosis ocurre cuando hay un estrechamiento del canal, foramen neural o del receso lateral, siendo la principal causa del estrechamiento del canal la artritis degenerativa de la columna lumbar. Otras etiologías de la radiculopatía lumbosacra incluyen procesos inflamatorios, infección, traumatismo, enfermedad vascular y neoplasia. La compresión aguda o crónica de la raíz del nervio espinal puede provocar isquemia, inflamación o edema subyacentes.

La raíz nerviosa y los tejidos circundantes generan el dolor que experimentan los pacientes con síntomas radiculares. Los tejidos circundantes incluyen los ligamentos, las estructuras vasculares y la duramadre. Las fibras de dolor de estos tejidos se activan cuando hay una hernia de disco (23). La erosión del disco intervertebral, las articulaciones uncovertebrales y las articulaciones zigoapofisarias dañan las raíces nerviosas espinales. Los osteofitos o las hernias a lo largo de las áreas afectadas pueden causar un pinzamiento directo de la médula espinal y las raíces nerviosas espinales subyacentes. Si la degeneración se vuelve lo suficientemente grave, puede provocar una inestabilización de la columna. Esta inestabilización degenerativa se llama espondilolistesis.

Las áreas más susceptibles a las lesiones son L4-L5 y L5-S1, con aproximadamente el 90% de las radiculopatías lumbosacras compresivas ocurren en estos niveles (24). Estos niveles son a su vez los responsables de la mayor parte del movimiento de la columna.

Existe un vínculo establecido entre la aparición de lumbalgia y la actividad laboral (21), especialmente en relación a determinadas actividades laborales de riesgo: transporte de cargas pesadas, posturas prolongadas y exposición a vibraciones.

---

## 1.2. ANATOMÍA

---

---

### 1.2.1. ANATOMÍA DE LA COLUMNA

---

La columna vertebral es una estructura flexible formada por una serie de huesos llamados vértebras. Son 33 en total y se agrupan en regiones cervical, torácica, lumbar, sacra y coccígea según las regiones que ocupan; son respectivamente 7 cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares, 5 sacras y 4 coccígeas. Las vértebras cervicales, torácicas y lumbares se denominan vértebras verdaderas y son móviles a diferencia de las vértebras sacras y coccígeas, que están fusionadas entre sí.

---

### 1.2.2. ANATOMÍA VERTEBRAL

---

Las vértebras están formadas por dos partes esenciales:

- El segmento anterior o cuerpo vertebral, de forma cilíndrica, cuyas superficies aplanadas superior e inferior (platos vertebrales) están unidas entre sí por cartílagos fibrosos que forman los discos intervertebrales; el cuerpo vertebral está formado por hueso esponjoso, cuya estructura permite el paso de muchos vasos pequeños.
- El segmento posterior o arco vertebral que se compone de dos pedículos y dos láminas y soporta los siete procesos vertebrales: 4 procesos articulares, 2 procesos transversos y 1 proceso espinoso.
- Estos 2 segmentos definen en su centro el canal vertebral que contiene en su interior el saco dural.
- Cada par de vértebras (una superior y otra inferior) tiene dos orificios, uno a cada lado, llamados forámenes intervertebrales o agujeros de conjunción, por los cuales emergen las raíces nerviosas y estructuras vasculares (Fig. 1).

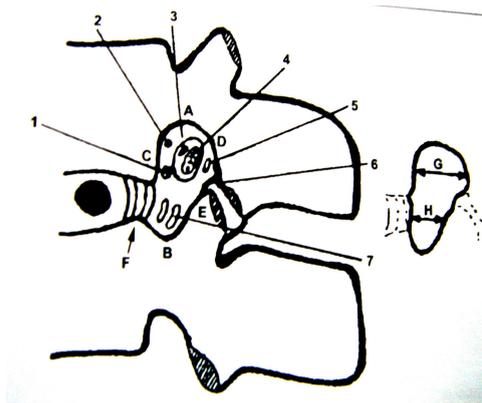


Figura 1: Partes de la vértebra: 1 arteria radicular, 2 nervio sinuvertebral de Luschka, 3 raíz anterior, 4 raíz posterior, 5 vena radicular, 6 cápsula articular, 7 plexo venoso foraminal, A pedículo superior, B pedículo inferior, C cuerpo vertebral, D istmo, E articular superior de la vértebra inferior, F disco intervertebral, G porción fija del foramen, H porción móvil del foramen.

Las vértebras lumbares (Fig. 2 y 3) son las más voluminosas de la columna vertebral, y su inclinación en el plano sagital forma una lordosis fisiológica que de hecho es una convexidad hacia adelante; el cuerpo vertebral es voluminoso a fin de soportar la transmisión de peso y cargas biomecánicas. El canal vertebral presenta una morfología triangular.

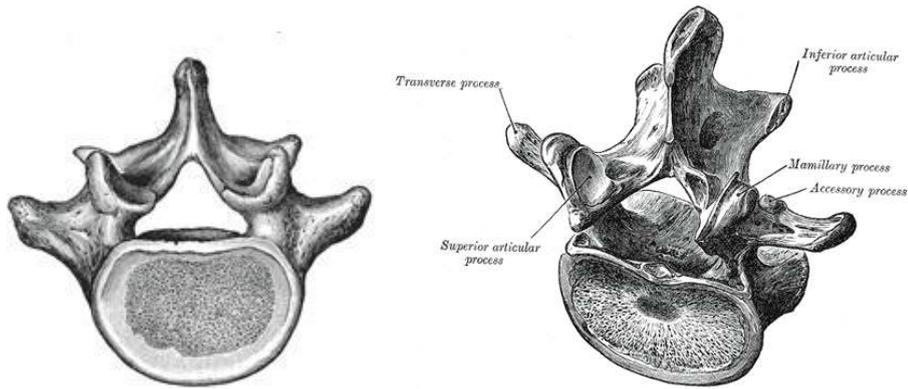


Figura 2: Visión superior de la quinta vértebra lumbar con canal de forma triangular.  
 Figura 3: Vertebral lumbar en visión postero-inferior.

### 1.2.3. ANATOMÍA INTERVERTEBRAL

#### 1.2.3.1. ARTICULACIONES

El disco intervertebral es la articulación intervertebral que establece la movilidad de la columna; es una articulación de tipo anfiartrosis que involucra dos superficies articulares incrustadas de cartílago sin una cavidad articular.

Las placas terminales superior y subyacente están revestidas con cartílago hialino. En él se inserta el disco intervertebral, un tejido fibroelástico redondo en la región torácica y ovalado en la región lumbar. Hay 24 discos, que están hechos de láminas de fibras que cambian de orientación de una capa a otra. Estas fibras se insertan en las placas terminales, y conforman la superficie del disco intervertebral, que se denomina el anillo fibroso. La estructura interna del disco presenta una consistencia gelatinosa denominada el núcleo pulposo.

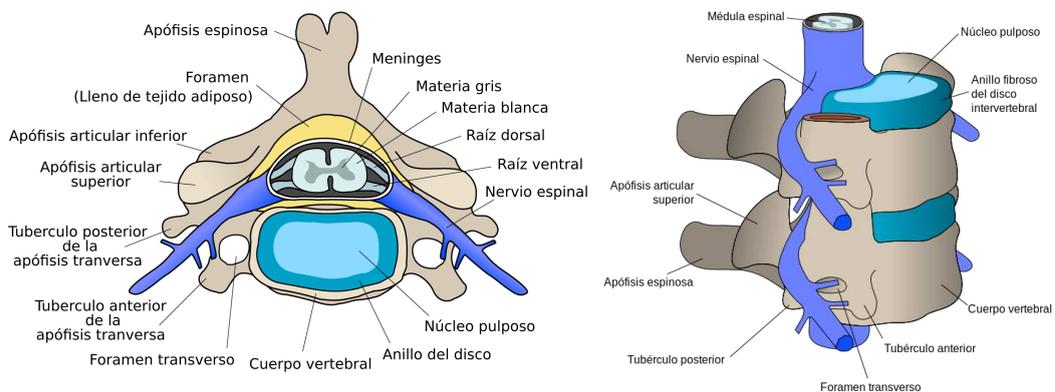


Figura 4: Vértebra cervical: visión axial y lateral. Corte de disco intervertebral identificando núcleo pulposo y anillo fibroso.

Las articulaciones vertebrales también incluyen las articulaciones interapofisarias que permiten la unión de los arcos vertebrales; estas articulaciones cartilaginosas son diartrosis y conectan los dos procesos articulares superior e inferior de cada vértebra con su contraparte superior e inferior (Fig. 4).

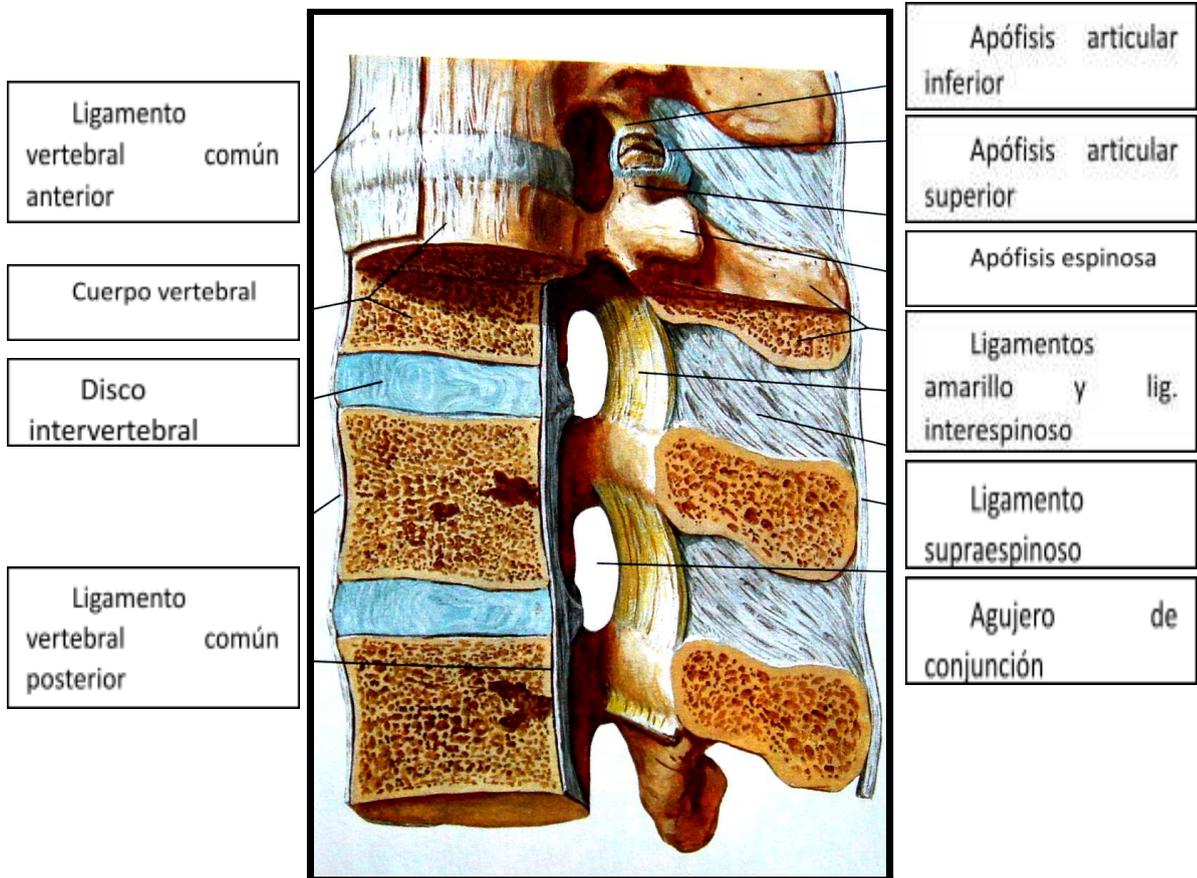


Figura 5: Corte sagital de resección parcial de segmento de columna lumbar.

#### 1.2.3.2. LIGAMENTOS Y MEDIOS DE UNIÓN

Los ligamentos y medios de unión (Fig. 5) están formados por:

- El ligamento longitudinal anterior: recubre toda la parte anterior de los cuerpos vertebrales y los discos desde la base del cráneo hasta el sacro.
- El ligamento longitudinal dorsal o ligamento vertebral común posterior: recubre la superficie posterior de los cuerpos vertebrales dentro del canal vertebral. La topografía de la hernia discal en relación con él es fundamental para establecer una clasificación herniaria (25). Es importante señalar que este ligamento está formado por dos partes: fibras oblicuas y fibras axiales, que presentan un mayor grosor. Esto constituye un área de debilidad anatómica, y podría explicar la mayor frecuencia de migración lateral de las hernias discales.
- Los ligamentos intertransversos: se localizan entre las apófisis transversas, siendo bastante cortos a nivel lumbar.

- El ligamento interespinoso: situado entre las apófisis espinosas. Presenta una composición muy rica en tejido fibroelástico, siendo una estructura accesoria a las funciones musculares de enderezamiento y erectoras del raquis.
- El ligamento amarillo: se localiza entre las láminas vertebrales.

---

#### 1.2.4. ANATOMÍA DEL DISCO INTERVERTEBRAL

---

##### 1.2.4.1. DATOS FISIOLÓGICOS

---

Los discos intervertebrales lumbares son los de mayor grosor del cuerpo; cada disco está formado por 2 elementos, el anillo fibroso y el núcleo pulposo que, con el envejecimiento del disco, tienden a fusionarse tanto anatómica como bioquímicamente.

##### 1.2.4.2. EL ANILLO FIBROSO

---

El anillo fibroso forma la parte fibrosa periférica del disco. Está formado por capas concéntricas de fibras de colágeno, incrustadas en una matriz de proteoglicanos y agua. Solo la parte periférica del disco está vascularizada, aunque escasamente, lo que explica la falta de reparación de un disco dañado (26).

##### 1.2.4.3. EL NÚCLEO PULPOSO

---

El núcleo pulposo tiene la forma de un núcleo gelatinoso ovoide, de 1 cm aproximadamente de diámetro, localizado en el centro del disco. La hidratación de este es máxima en el sujeto joven (90% de agua). A medida que el disco envejece, esta proporción de agua disminuye, y tiende a alcanzar la del anillo fibroso periférico (70% de agua).

En los componentes del disco hay muchas enzimas inflamatorias y proteolíticas, que están inactivas en el estado basal, pero pueden activarse y ser liberadas en caso de lesión del disco.

La compresión del núcleo es responsable de la pérdida de agua. Estar de pie puede conducir a una pérdida de agua del 10-20%, lo que explica la disminución de la altura del disco intervertebral durante la actividad diurna y el regreso a la normalidad después del descanso nocturno (25). Es posible en 15 minutos de decúbito recuperar la altura del disco perdida después de 1 hora y 30 minutos de pie. La degeneración del disco elimina gradualmente esta función de amortiguador.

##### 1.2.4.4. INERVACIÓN

---

Hay fibras nerviosas en los ligamentos longitudinales anterior y posterior en la región lumbar y en el tercio externo del anillo fibroso del disco (27); sin embargo, no se encuentra fibra nerviosa en la parte más profunda del anillo fibroso o en contacto con el núcleo pulposo.

La inervación es fundamental en la zona posterolateral del disco. La proporcionan las ramas del nervio sinuvertebral (25). Este nervio surge, en cada segmento, fuera del

agujero de conjunción frente al nervio espinal; se distribuye a la superficie ventral del saco dural, a los vasos del foramen, al ligamento longitudinal posterior y al anillo fibroso.

#### 1.2.4.5. VASCULARIZACIÓN Y NEOVASCULARIZACIÓN

---

Las placas cartilagosas sirven como una zona de transición entre el disco y el cuerpo vertebral permitiendo la inserción de las fibrillas y el paso de los fluidos nutritivos de la circulación de las vértebras: de hecho, no hay vasos en los discos después del nacimiento. Por lo tanto, la mayor parte del disco es avascular y se nutre por difusión desde el hueso esponjoso de las vértebras adyacentes.

Los cuerpos vertebrales están vascularizados por 2 grupos de arterias:

- *Las ramas directas de las arterias parietales* (intercostal, lumbar) que se distribuyen por toda la superficie de los cuerpos vertebrales, penetrando en el hueso a través de pequeños orificios.
- *Las ramas de las arterias anteriores del canal vertebral.* Hay terminaciones arteriolares en las placas cartilagosas que limitan los discos intervertebrales.

A nivel venoso, existe una red capilar en las placas cartilagosas, que desemboca en una red venosa subcondral horizontal (28). Por otro lado, las raíces espinales están muy vascularizadas y su compresión vascular puede dar lugar a manifestaciones neuroisquémicas graves.

#### 1.2.4.6. FUNCIONES Y ENVEJECIMIENTO FISIOLÓGICO DEL DISCO

---

El disco juega un doble papel como sello y amortiguador de las fuerzas ejercidas. La compresión del núcleo pulposo es responsable de una pérdida de agua, reduciendo a largo plazo considerablemente esta función esencial de amortiguación.

El envejecimiento de los discos predomina en L5-S1 y L4-L5 de forma fisiológica. Cuando ocurre de forma precoz y/o intensa, hablamos de degeneración discal: el borde núcleo-anillo se desvanece y el disco se deshidrata globalmente, produciendo un estrechamiento del disco, que es visible radiológicamente.

La hernia discal ocurre habitualmente en un núcleo generalmente bien hidratado, rodeado por un anillo que comienza a romperse (fase inicial de la degeneración del disco). Posteriormente se produce una hernia de material nuclear hacia el canal espinal, el agujero de conjunción o la región paravertebral a través del anillo periférico fibroso roto. Esta ruptura, que es excepcional antes de los 15 años, puede ocurrir durante un traumatismo violento en un disco sano o, más frecuentemente, en un disco debilitado previamente por microtraumatismos repetidos.

## 1.3. HERNIA DISCAL

---

### 1.3.1. FISIOPATOLOGÍA E HISTORIA NATURAL DE LA HERNIA DISCAL

---

#### 1.3.1.1. FISIOPATOLOGÍA DEL DOLOR

---

A la hora de valorar la fisiopatología del dolor radicular, es fundamental revisar la neuroanatomía humana, tanto de la médula espinal como de las raíces nerviosas (29).

La enfermedad radicular compresiva a menudo ocurre en el área cercana a donde los ganglios de la raíz dorsal se unen a su respectivo cuerpo vertebral (30). Cuando existe una lesión del ramo dorsal del nervio espinal, la evaluación es a menudo compleja. Existe superposición de inervaciones que pueden producir dolor, siendo un reto valorar la patología de la musculatura paraespinal en su totalidad. La fuerza muscular está a menudo preservada en la radiculopatía por la inervación muscular a través de múltiples raíces. Sin embargo, cuando se lesionan las fibras motoras, los reflejos tendinosos profundos pueden estar disminuidos o abolidos.

Los ramos ventrales son responsables de la función motora y sensorial. Por lo general, esto se evalúa en un examen físico de varios miotomas y dermatomas (31). Las áreas del cuerpo que contribuyen a una sola raíz nerviosa se denominan zonas autónomas. Estas áreas independientes de radiculopatía lumbosacra incluyen la parte anterior del muslo (L2 y L3), la pantorrilla medial (L4), el dorso del pie (L5) y la planta del pie (S1). Una compresión de la raíz nerviosa L5 se puede producir a partir de la protrusión del disco central de L2-L3 o L3-L4, una protrusión lateral del disco en L4-L5 o de una protrusión lateral en el foramen en L5-S1.

La cola de caballo contiene múltiples raíces nerviosas. Cuando la compresión ocurre en un nivel, existe una mayor probabilidad de compresión en múltiples raíces nerviosas, posiblemente bilaterales, simultáneamente. El dolor a menudo se presenta junto con déficits neurológicos. La lesión de las raíces nerviosas puede ocurrir a cualquier nivel del disco (23). El dolor lumbar de la ciática se explica por la irritación de las fibras nerviosas localizadas principalmente a nivel del ligamento longitudinal posterior (25,32).

El dolor radicular es causado por la inflamación de la raíz, cuyo origen es doble:

- Compresión mecánica de la raíz que, aisladamente, no puede explicar el dolor radicular, aunque puede provocar un edema localizado (33).
- Reacciones bioquímicas responsables de la "radiculitis química": la ruptura del anillo libera sustancias agresivas en el espacio peridiscal y perirradicular; se produce entonces una rotura de la barrera hemato-meníngea con paso de glicoproteínas inflamatorias (incluida la fosfolipasa A2) muy irritantes para la raíz comprimida y que son el origen de una cascada de reacciones inflamatorias. La radiculitis química puede producir edema de la raíz comprimida y formación de adherencias (25,34).

En general, la compresión de un nervio periférico no causa dolor: la presión sobre una raíz normal produce entumecimiento, parestesia o debilidad muscular (25).

Por tanto, la rotura o la pérdida de la integridad del anillo fibroso provoca esta radiculitis al liberar estas sustancias irritantes; posteriormente se inducen congestión venosa, edema y a veces reacciones autoinmunes. Esta inflamación también puede ser responsable de la formación de adherencias radiculares. Estos fenómenos inflamatorios son especialmente marcados en el caso de una hernia con un fragmento libre ya que permiten que el fragmento se absorba muy rápidamente, lo que explica el buen pronóstico de este tipo de hernia.

---

### 1.3.2. DIAGNÓSTICO DE LA HERNIA DISCAL

---

#### 1.3.2.1. ANAMNESIS Y EXPLORACIÓN FÍSICA

---

La manifestación clínica de la hernia discal está caracterizada por el dolor. Al realizar la anamnesis y exploración física del paciente analizamos la localización del dolor y su irradiación, para poder correlacionar adecuadamente con los hallazgos radiológicos. El dolor lumbar aislado se puede distinguir del dolor radicular, que presenta irradiación en el miembro inferior en el área de un dermatoma.

Debe evaluarse el modo de aparición del síndrome de dolor, su carácter progresivo o por el contrario agudo, ya que a la hora de plantear la posibilidad de tratamiento intervencionista las opciones son distintas si es un dolor agudo o crónico. La ciática o la cruralgia aparecen con frecuencia después de un movimiento de un esfuerzo de flexión, un traumatismo, un accidente, una caída. El dolor lumbar a menudo precede al inicio del dolor radicular por días o incluso años (35), pudiendo evolucionar de forma distinta a lo largo del tiempo.

El aumento del dolor al toser, estornudar o defecar es un signo sugestivo de compromiso disco-radicular. Este carácter agudo también se puede observar con menor frecuencia en las compresiones de la raíz de origen óseo; además, otra característica de este dolor es su carácter mecánico, por lo que a menudo se calma con el reposo en posición supina u otra posición antiálgica.

Es importante definir con precisión la edad del paciente, su profesión, sus ocupaciones y actividades deportivas, ya que si están relacionadas con los hallazgos clínicos se pueden realizar ajustes de estilo de vida a fin de prevenir el empeoramiento clínico y radiológico a largo plazo. Ciertas profesiones favorecen la degeneración del disco, como las expuestas a fuertes vibraciones, y esto debe tenerse en cuenta al volver a la actividad laboral (25). Finalmente, durante la entrevista, hay que explicar al paciente los diferentes tratamientos realizados y las opciones terapéuticas disponibles.

En la columna vertebral frecuentemente existe una limitación de la movilidad de la columna vertebral que condiciona una impotencia funcional variable. A menudo se evidencia que el paciente con hernia discal adopta una postura antiálgica, con una flexión lateral de la columna vertebral. Una elevación de la pierna extendida puede ser

dolorosa en la radiculopatía lumbosacra. El mecanismo del dolor durante la elevación de la pierna extendida es el aumento de la tensión dural que se produce sobre la columna lumbosacra durante la prueba. Los pacientes están en decúbito supino durante la prueba. El médico flexiona el cuádriceps del paciente con la pierna en extensión, así como dorsiflexiona el pie del paciente en el lado sintomático. La reproducción del dolor o parestesias se considera una prueba positiva (signo de Lasègue). Por separado, un signo de la cuerda del arco es un alivio de este dolor radicular subyacente con la flexión de la rodilla del paciente en el lado afectado. La prueba de elevación de la pierna extendida es más útil en el diagnóstico de radiculopatías L4 y S1 (24,36). Se considera que el test de Lasègue es positivo cuando se reproduce el dolor del paciente al elevar la pierna hasta en 70 grados.

Una prueba de elevación por el médico de la pierna extendida contralateral es la flexión pasiva del cuádriceps con la pierna en extensión y el pie en dorsiflexión de la pierna no afectada (*Lasègue cruzado*). Esta prueba es positiva cuando la pierna no afectada reproduce síntomas radiculares en la extremidad afectada del paciente. Sin embargo, la prueba de elevación de la pierna extendida es más sensible pero menos específica que la prueba de elevación de la pierna extendida contralateral (5,37,36). Para explorar las raíces L3 y L4, se usa el signo de Lasègue invertido, realizado en decúbito prono con extensión del muslo y la rodilla flexionada. Los signos neurológicos pueden ser alteraciones de la sensibilidad manifestadas por disestesia, o hipoestesia que, si existe, aparece en las mismas áreas que el dolor.

La alteración motora provoca un déficit de los extensores del pie en caso de alteración de L5 y un déficit de los flexores plantares del pie (dificultad para ponerse de puntillas) en caso de alteración de S1. Un déficit del cuádriceps, es decir, la extensión de la pierna, es un signo de deterioro de L3 o L4. Por lo general, el disco herniado comprime la raíz que emerge del nivel inferior. Podemos cuantificar el déficit motor desde el estadio 0 (parálisis completa) al estadio 5 (fuerza normal contra resistencia).

El reflejo rotuliano está disminuido o abolido en caso de afectación de L3 o L4, y el reflejo aquileo (raíz S1) puede estar ausente o disminuido por la compresión discal de la raíz. Las radiculopatías lumbares L2, L3, L4 se consideran un grupo. Este grupo tiene una marcada superposición de la inervación de los músculos anteriores del muslo (1). Una lesión aguda en la distribución de L2, L3, L4 se presentará con mayor frecuencia cuando el paciente experimente dolor de espalda irradiado a la cara anterior del muslo, que puede progresar hacia la rodilla y posiblemente irradiarse a la cara medial de la parte inferior de la pierna y del pie.

En la radiculopatía L5, los pacientes a menudo se quejan de dolor lumbar agudo, que se irradia por la parte lateral de la pierna hacia el pie. En la exploración física puede verse una reducción de la fuerza muscular con extensión del primer dedo del pie (extensor hallucis longus), abducción, aducción, extensión del primer dedo y dorsiflexión del pie. La radiculopatía L5 crónica puede causar atrofia del extensor corto de los dedos (extensor digitorum brevis). Si es lo suficientemente grave, la

radiculopatía L5 puede causar debilidad en la abducción de la pierna cuando se ven afectados el glúteo menor y el glúteo medio (1).

Para la radiculopatía S1, el dolor sacro o de glúteos se irradiará a la cara posterior de la pierna del paciente, al pie o al perineo. En la exploración física, puede haber debilidad en la flexión plantar. También puede haber una pérdida de sensibilidad a lo largo de la parte posterior de la pierna y la cara lateral del pie. El reflejo del tobillo (S1) también se puede perder o disminuir (1).

### 1.3.2.2. EVALUACIÓN RADIOLÓGICA DE LAS HERNIAS DE DISCO LUMBAR

---

#### 1.3.2.2.1. RADIOGRAFÍA SIMPLE

La evaluación radiográfica tradicional es parte de la evaluación inicial en caso de ciática o cruralgia lumbar. Se utiliza principalmente para evaluar trastornos de la estática, para garantizar la ausencia de lesiones óseas asociadas y para especificar el sitio y el grado de osteoartritis lumbar, si está presente. Sigue siendo un examen económico, mínimamente invasivo y eficaz para detectar los primeros signos de degeneración del disco (38).

Ciertas anomalías radiológicas sugieren fuertemente una hernia de disco: si un estrechamiento del disco no tiene valor semiológico (puede o no estar asociado con una hernia), un bostezo intervertebral posterior, observado principalmente en L4-L5 y L3-L4, se traduce en general en una gran hernia de disco. Una fractura avulsión de la vertiente marginal posterior, a buscar en la radiografía lateral, sugiere una hernia posterior; finalmente, el núcleo extruido puede, de forma excepcional, calcificarse y esta calcificación debe buscarse también en imágenes estándar (25,39).

#### 1.3.2.2.2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (TC)

La tomografía computarizada se realiza en casos de dolor radicular severo, habitualmente sólo después del fracaso de un tratamiento médico bien realizado durante 1 mes.

Los protocolos utilizados son exploraciones en secciones volumétricas con un plano de sección horizontal para permitir reformatear en otros planos con buena calidad; son cortes contiguos, de 1 mm de espesor habitualmente, realizados sobre toda la columna lumbar.

No es necesaria la inyección intravenosa de medio de contraste, salvo en casos seleccionados con hernias a nivel foraminal o extraforaminal.

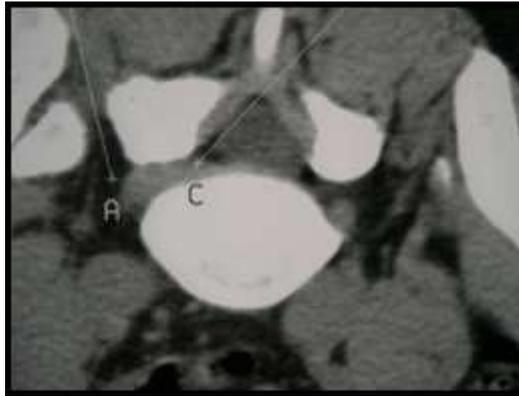


Figura 6: Voluminosa hernia discal foraminal y extraforaminal.

Buscamos signos directos de hernia discal: una protrusión discal más o menos focalizada del borde del disco intervertebral, bastante regular cuando la migración del núcleo permanece subligamentaria, mientras que en caso de perforación de ligamentos la protrusión aparece como una ruptura abrupta del contorno del disco (Fig. 6).

También buscamos signos indirectos de una hernia de disco en la TC:

- La eliminación de la grasa epidural de la parte anterior y anterolateral del canal espinal o, en el caso de una hernia foraminal, la eliminación de la grasa del foramen.
- Compresión del saco dural si la hernia comprime la raíz antes de que emerja de la vaina dural. Es importante señalar que la vaina radicular no aparece individualizada con respecto al saco dural a nivel de la parte inferior del receso articular L4 o L5.
- La compresión o borramiento de la raíz, si la hernia comprime la raíz después de que emerge de la vaina dural, puede estar asociada con la compresión de esta última.

Cuanto más claros sean estos signos, mayores serán las posibilidades de conflicto disco-radicular, especialmente cuando el paciente es joven y la columna vertebral es normal en el estudio radiográfico estándar.

Hay que explicar las dificultades de la tomografía computarizada y algunos aspectos específicos (25,40):

- El disco herniado causa una dilatación de las venas epidurales anteriores y subyacentes, lo que puede conducir a una apreciación errónea del volumen exacto de la hernia dadas las densidades muy cercanas del disco herniado / plexo venoso. La diferenciación entre dilatación venosa y fragmento libre puede ser complicada y se puede utilizar la inyección de medio de contraste para diferenciar entre ambas.

- Se sugiere una hernia grande que comprime todo el saco dural si hay un cambio en la densidad del contenido del saco dural entre el disco patológico y los niveles superior e inferior. Además, la reconstrucción sagital de cortes continuos hace posible reconocer estos grandes discos herniados.
- El diagnóstico diferencial entre una hernia de disco foraminal y un neuroma, metástasis, linfoma o quiste radicular se realiza por la clínica y/o por inyección de producto de contraste en RM o TC de disco. El realce de contraste en la hernia será únicamente en su periferia.
- La salida conjunta de una raíz del saco dural puede generar dudas acerca de la existencia de una hernia de disco, habitualmente afectando a las raíces L5 y S1. La visualización de anomalías óseas junto con un receso radicular aumentado, es caracterizado mejor mediante la realización de reconstrucciones oblicuas.

La TC puede dar resultados erróneos (falsos positivos): el 35% de las TC de pacientes asintomáticos de 40 años o más muestran anomalías en el disco, aunque el porcentaje aumenta con la edad (41,42).

Una TC es una prueba deficiente para la visualización de las raíces nerviosas, lo que dificulta el diagnóstico de la enfermedad radicular. Las tomografías computarizadas estándar son útiles para evaluar las estructuras óseas. Con mejor eficacia que una resonancia magnética (43,44).

#### 1.3.2.2.3. RESONANCIA MAGNÉTICA

La resonancia magnética es considerada actualmente la técnica de elección para el estudio de la lumbociatalgia, siendo fundamental tanto para su estudio como para determinar si el paciente cumple con los criterios de inclusión del tratamiento intervencionista, así como como para la planificación del tratamiento discal. El estudio se realiza habitualmente con cortes finos (3 a 5 mm) en secuencias potenciadas en T1 de alta resolución complementados con cortes en secuencias potenciadas en T2. Es posible inyectar gadolinio durante la exploración (40,45). También es la técnica de elección frente a la TC para mujeres embarazadas, pacientes con alergias o aquellos con demasiados artefactos en la TC.

La utilización urgente de neuroimágenes es para casos de radiculopatía aguda grave. Los síntomas graves incluyen empeoramiento progresivo de los déficits neurológicos, sospecha de neoplasia subyacente, absceso epidural o síndrome de cola de caballo (46). Un problema que surge con las imágenes es que existe una prevalencia muy alta de hallazgos anormales observados en la neuroimagen incluso en pacientes asintomáticos.

La resonancia magnética de la columna lumbosacra es la prueba de imagen más útil para identificar la patología subyacente y la necesidad de una intervención quirúrgica. Las sensibilidades para la TC y la RM son similares para la radiculopatía lumbosacra. Las radiografías simples de la columna lumbar del paciente ofrecen un valor limitado en la

evaluación de la radiculopatía subyacente. Una resonancia magnética puede ser útil para distinguir entre trastornos inflamatorios, malignos o vasculares en comparación con la tomografía computarizada. La recomendación para evaluar la radiculopatía lumbar es una resonancia magnética con contraste, a menos que esté contraindicado lo contrario. Cuando las imágenes son equívocas o negativas, con alta sospecha de radiculopatía, se justifican los estudios de conducción nerviosa (43,44).

Según la secuencia de RM, el disco intervertebral normal aparece:

- Ligeramente hipointenso en T1, de forma más pronunciada en la periferia.
- En T2 la señal es hiperintensa, especialmente a nivel de la parte central, es decir del núcleo pulposo; por otro lado, la parte periférica del anillo y los ligamentos longitudinales aparecen hipointensos, sabiendo que con la edad (a partir de los 20 años) se visualiza una imagen lineal a nivel central del disco.

Con el inicio de la degeneración del disco se produce una disminución de la altura discal. Las señales en este caso son de la siguiente forma:

- En T1 la señal es hipointensa.
- En T2 también lo es, asociando a menudo la presencia de una protrusión discal.
- Hay un cambio en la señal en la resonancia magnética en las placas terminales adyacentes y en la médula ósea.

Para explorar una hernia de disco, se realizan cortes sagitales y / o axiales:

- Las hernias subligamentarias se manifiestan en la secuencia T1 por retroceso focal del disco, limitado posteriormente por hipointensidad del ligamento longitudinal común posterior; hay un borrado de la grasa epidural, la compresión de la raíz y/o la vaina dural por la hernia, y en ocasiones una señal hiperintensa a nivel de los plexos venosos epidurales dilatados (la inyección de gadolinio muestra esta estasis venosa). En T2 obtenemos información sobre el estado de degeneración del disco y sobre la señal de la hernia, que a menudo es idéntica a la parte central del disco: así en un disco bien hidratado la hernia discal presenta una señal relativamente intensa, mientras que esta señal puede ser iso o hipointensa en el caso de una hernia crónica o un disco degenerado (40)(45)
- Las hernias transligamentarias (Fig. 7) (cuando hay rotura del ligamento longitudinal posterior) se identifican por los mismos signos que las anteriores pero hay una desaparición de la línea de señal hipointensa que normalmente se encuentra en la parte posterior del disco. Este signo no es específico de la presencia de una hernia, mientras que una interposición del borde hipointenso entre el disco y un fragmento de disco es un signo más fiable.
- En caso de hernia extruida con fragmento libre, aparece en secuencia T1 iso o hipointensa con respecto al disco original; en T2 la señal del fragmento es hiperintensa (lo que evidencia su carácter hidratado), y existe una inflamación a nivel del espacio epidural que tiende a reabsorber el fragmento con el tiempo.

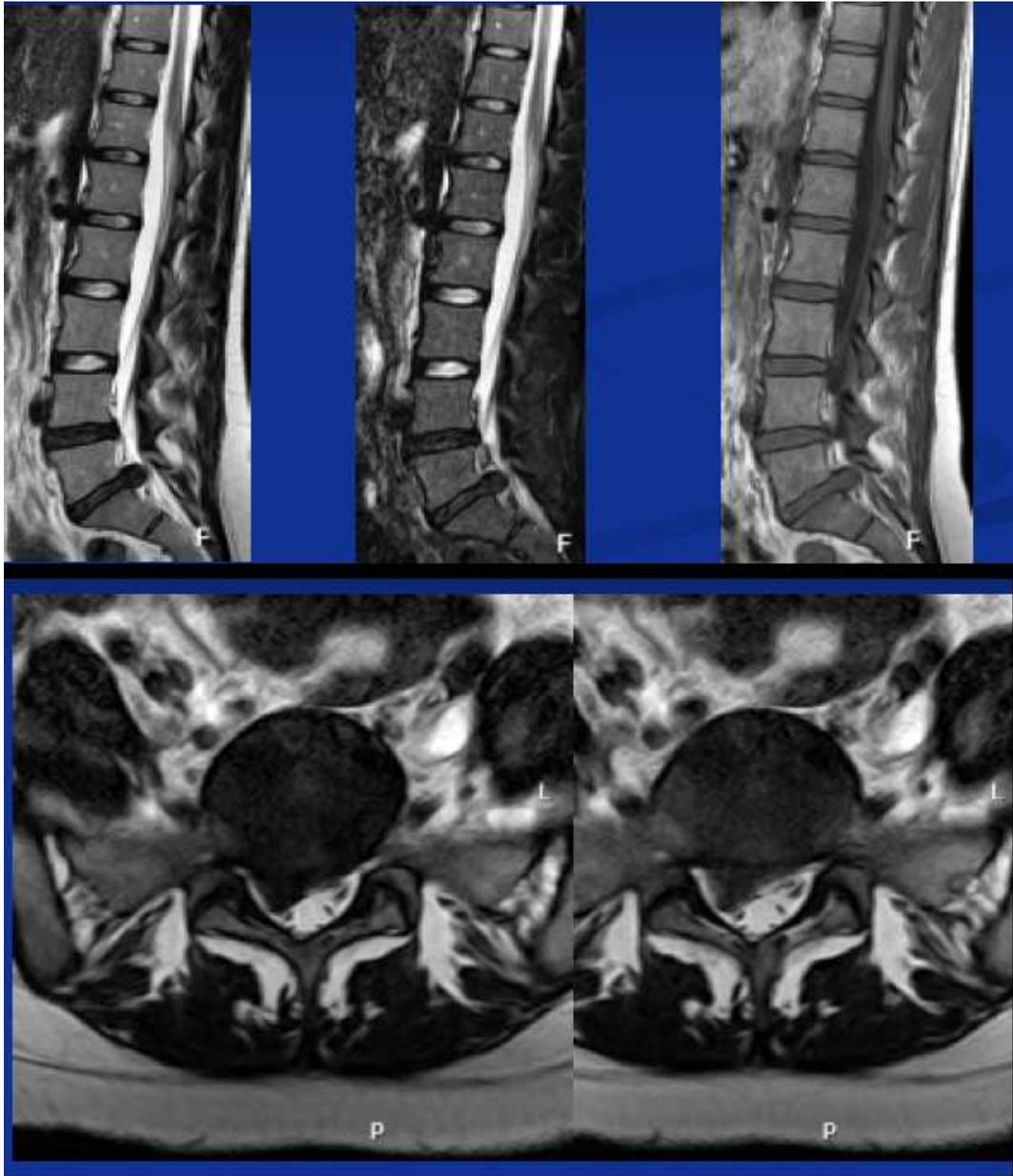


Figura 7: Hernia transligamentaria posterolateral L5-S1 derecha.

Los fenómenos inflamatorios a nivel de la raíz comprimida se deben a la rotura de la barrera hemato-nerviosa, produciéndose tras la inyección de gadolinio un realce radicular y perirradicular de contraste en T1; se podrá visualizar en T2 un agrandamiento de la raíz comprimida dentro de la vaina.

Al igual que con la TC, la RM proporciona un estudio exhaustivo y, en ocasiones, revela lesiones en pacientes asintomáticos, siendo fundamental la adecuada correlación de los hallazgos clínicos y radiológicos de cada caso.

Finalmente, la RM permite realizar la mayoría de los diagnósticos diferenciales de dolor radicular, en particular para excluir una patología intradural en la región lumbar; siendo excepcional actualmente tener que recurrir a pruebas invasivas para el diagnóstico (40,45).

#### 1.3.2.2.4. ELECTROMIOGRAFÍA

Las pruebas más avanzadas, como los estudios de conducción nerviosa o la electromiografía (EMG), se realizan habitualmente después de tres semanas de inicio de los síntomas. La razón principal por la que la solicitud de un estudio de conducción nerviosa o EMG se retrasa tres semanas después de la aparición del dolor es porque los potenciales de fibrilación después de una lesión aguda conducen a una pérdida motora axonal. Estos cambios no se desarrollan hasta dos o tres semanas después de la lesión (47,48).

Cuando se cree que el origen del dolor del paciente es de las ramas dorsales, como en el caso del dolor que se origina en los músculos paraespinales, la EMG puede ser beneficiosa para ayudar a establecer el diagnóstico (1). Una EMG ayuda a establecer la relación entre la raíz nerviosa y la inervación muscular. Por lo general, no se solicita una EMG hasta que los hallazgos de las neuroimágenes hayan sido negativos y no haya signos de radiculopatías graves, como debilidad muscular en el examen (48,49).

La utilidad de la EMG es ayudar a distinguir el dolor, que está relacionado con la debilidad neurogénica; el dolor es similar a la disminución del esfuerzo muscular. Un estudio de conducción nerviosa o una EMG ayudan a localizar raíces nerviosas específicas que están dañadas. Estas pruebas de diagnóstico también pueden ayudar a distinguir entre daño nervioso nuevo y antiguo y detectar la desmielinización a nivel del nervio que conduce a un bloqueo de la conducción (1). La EMG puede proporcionar información fisiológica que puede ayudar en el diagnóstico junto con la información anatómica proporcionada por una resonancia magnética. También proporciona evidencia de denervación directa cuando hay déficits motores inciertos o cuando no hay déficits motores. La EMG es beneficiosa para ayudar a determinar si la denervación es crónica o aguda. Un ejemplo de esto serían los pacientes que se han sometido a una cirugía espinal previa, pero que continúan teniendo dolor lumbar radicular significativo después de la cirugía (47,48).

La degeneración del disco es la etiología subyacente de menos del 5% de los pacientes con dolor lumbar agudo (50). Si un paciente tiene una prueba de Romberg positiva con una afectación de la marcha, en más del 90% de las veces existe síndrome de la columna baja (51). La electromiografía (EMG) tiene una sensibilidad de entre 50 y 85% para la radiculopatía (47,48).

Una revisión sistemática encontró evidencia insuficiente para apoyar el uso de potenciales evocados somatosensoriales para ayudar a hacer el diagnóstico de radiculopatía (52,53).

## 1.4. TRATAMIENTOS

---

### 1.4.1. TRATAMIENTO MÉDICO

---

#### 1.4.1.1. GENERAL

---

El dolor lumbar y lumbociática sintomáticos deben estudiarse de forma integral, descartando la presencia de fractura, neoplasia, infección... debiendo realizar, en caso de duda, las exploraciones complementarias adecuadas. También se debe descartar sistemáticamente la existencia de urgencia diagnóstica y terapéutica: ciática hiperalgésica o asociada a un déficit neurológico (ciática paralizante o con síndrome de cola de caballo).

La mayoría de los casos de radiculopatía lumbosacra son autolimitados. La valoración clínica es esencial en los pacientes con síntomas radiculares, ya que la mayoría de los casos son leves y se resolverán dentro de las seis semanas posteriores al inicio de los síntomas. Es clave recomendar la pérdida de peso considerando que la mayoría de los pacientes con dolor radicular lumbar tendrán un índice de masa corporal elevado. La mejoría espontánea después de una hernia de disco o estenosis espinal lumbar es muy alta (54).

El tratamiento principal para la radiculopatía lumbar incluirá tratamientos conservadores como analgésicos, antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) y modificación de la actividad. La analgesia con opiáceos es solo para pacientes con radiculopatía y dolor intenso que no han mejorado con el tratamiento con AINEs. Los estudios han demostrado que el acetaminofén fue más efectivo que el placebo pero menos efectivo que la morfina para reducir el dolor en pacientes con radiculopatía lumbosacra. (54,55,56,57)

Los relajantes musculares y las benzodiazepinas no son eficaces en pacientes con sospecha de compresión de la raíz nerviosa.

#### 1.4.1.2. FARMACOLOGÍA

---

Tanto para la lumbalgia como la lumbociatalgia, las recomendaciones señalan los tratamientos médicos generales como de primera línea, con el fin de permitir al paciente controlar y manejar su dolor lo más rápido posible:

- *Analgésicos*. Por ejemplo, paracetamol (nivel 1) en la dosis óptima, es decir, hasta 4 gramos por día administrados en 4 dosis sistémicas. Si no es suficiente con la administración de analgésicos de nivel 1 para controlar el dolor del paciente, se recomienda emplear analgésicos de nivel 2 o incluso el nivel 3 (opioides fuertes que incluyen morfina y derivados de la morfina).
- *Antiinflamatorios no esteroideos*. Los medicamentos antiinflamatorios no esteroideos, a una dosis antiinflamatoria, se pueden prescribir solos o en combinación con analgésicos; siendo habitualmente prescritos junto con protectores gástricos (como el omeprazol).

- *Relajantes musculares*. La duración del tratamiento con relajantes no debe exceder las 2 semanas. Se recetan en combinación con otras clases de medicamentos.

#### 1.4.1.3. FISIOTERAPIA

---

Según la ANAES, parece deseable la continuación de las actividades de la vida diaria compatibles con el dolor, no habiendo mostrado ningún efecto beneficioso el reposo en cama más o menos prolongado. Se puede ofrecer al paciente fisioterapia para analgesia y relajación.

Las manipulaciones espinales son de interés sólo en el dolor lumbar sin irradiación asociada, con un efecto analgésico a corto plazo.

#### 1.4.1.4. INFILTRACIONES

---

Las inyecciones de corticosteroides constituyen un tratamiento sintomático de segunda línea del dolor del disco radicular resistente a un tratamiento médico bien realizado. Son posibles varias técnicas de infiltración locorregional: epidural, intratecal o perirradicular guiada bajo fluoroscopia o TC.

Las hernias de disco posterolaterales, foraminales o extraforaminales son subsidiarias de infiltraciones bajo TC; En caso de fracaso del tratamiento médico conservador combinando fisioterapia y medicación oral, las infiltraciones guiadas permiten, con fines analgésicos, administrar localmente el fármaco y, por tanto, aumentar la dosis administrada reduciendo los efectos secundarios generales.

El procedimiento se realiza de forma ambulatoria, tiene una duración aproximada de 15 minutos y se realiza en decúbito prono, previo consentimiento informado del paciente. Se realiza un cuidadoso tratamiento aséptico de la zona de punción, al mismo tiempo se realizan cortes axiales centrados en el segmento espinal afectado. Tras inyectar anestésico local en el punto de entrada de la piel y los planos musculares a lo largo de la ruta predeterminada, se introduce una aguja de punción lumbar 22 G en la diana (ganglio de la raíz dorsal espinal) bajo control de escáner o fluoroscopia. Se realiza una radiculografía mediante la inyección de 2 cc de producto de contraste iodado.

Normalmente, el paciente refiere sentir la reproducción de su dolor y es posible visualizar la difusión de la solución bajo la guía del TC. Las complicaciones (alérgicas, vasculares, infecciosas) son excepcionales.

Las inyecciones epidurales de esteroides son beneficiosas en pacientes con radiculopatía lumbar aguda de hasta tres meses de duración. Este beneficio es modesto pero clínicamente significativo a corto plazo. Si un paciente no ha mejorado después de seis semanas de tratamiento conservador, sería candidato para una inyección epidural de glucocorticoides (58,59,60).

---

## 1.4.2. TRATAMIENTO QUIRÚRGICO

---

### 1.4.2.1. PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO

---

En caso de fracaso de un tratamiento conservador bien realizado, durante al menos 3 meses, el paciente es valorado por cirugía. Antes de realizar la indicación de la cirugía, se deben evaluar dos puntos:

- *Correlación clínica y radiológica.* La radiculalgia debe estar relacionada con la hernia de disco diagnosticada por tomografía computarizada o resonancia magnética. La localización de la hernia discal en imagen debe ser concordante (al mismo nivel y en el mismo lado) con el dolor referido por el paciente, y su localización y volumen debe ser suficiente para explicar la sintomatología.
- *Naturaleza quirúrgica de la hernia.* Clásicamente las indicaciones urgentes son el dolor radicular con déficit motor paralizante y el síndrome de la cola de caballo. El primero da como resultado un marcado déficit motor en la zona de la raíz afectada, pero la cirugía rápida no es garantía de recuperación neurológica. El déficit de esfínter y la hipoestesia en silla de montar constituyen el síndrome de la cola de caballo, que es una urgencia quirúrgica indiscutible. La llamada ciática "hiperalgésica" (dolor de insomnio, poco sensible al reposo y al tratamiento médico) es una emergencia discutida porque el déficit sensorial aislado no es un elemento determinante. En otros casos, es necesario el cese completo de la actividad habitual y un tratamiento conservador previo.

Si bien los pacientes que se someten a una cirugía como la discectomía tienen un resultado más favorable después de un breve seguimiento de 12 semanas, en un seguimiento de uno a dos años hay resultados iguales entre los grupos quirúrgico y no quirúrgico. El paciente no debe considerar opciones quirúrgicas hasta que hayan pasado al menos seis semanas desde el inicio de los síntomas.

### 1.4.2.2. ELECCIÓN DE LA TÉCNICA QUIRÚRGICA

---

La discectomía quirúrgica descrita por muchos autores (61) es un procedimiento exitoso con resultados a largo plazo de alrededor del 85%. Es el procedimiento más común en cirugía de columna. Permite el tratamiento de la hernia de disco tras laminectomía. Suele ser un procedimiento quirúrgico corto, con posibilidad de reintervención en caso de recurrencia.

La microcirugía, que utiliza el microscopio para limitar el tamaño de las cicatrices cutáneas, no siempre se emplea de forma rutinaria (62), siendo útil para abordar hernias recurrentes o para determinadas vías posterolaterales.

La artrodesis intervertebral se considera habitualmente como técnica de segunda elección, cuando la reparación del disco herniado no progresa satisfactoriamente. Se emplea habitualmente a nivel L4-L5, cuando existe una pérdida significativa de la altura discal (35,62).

## 2. HIPÓTESIS

---

En esta tesis queremos estudiar la efectividad y seguridad de la discectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia. Nuestro entendimiento previo a la realización sistemática del estudio es que se trata de una técnica con un gran potencial para tratar a los pacientes, y esa es precisamente la razón por la que se ha elegido tratarlos así en todos los casos presentados. Esto se corresponde con la realidad de la práctica clínica y está en contraposición a un estudio diseñado desde el principio con un grupo control al que se le va a dar un tratamiento ineficaz (placebo) o por debajo del que consideramos ideal.

Sin embargo, a la hora de valorar estadísticamente la efectividad de esta técnica, comparamos los resultados con la hipótesis nula de que el tratamiento no supone una mejora significativa para el paciente. Y esto lo hacemos independientemente para cada una de las escalas medidas para el paciente (dolor con el EVA, calidad de vida con el EQ, y capacidad funcional con el ODI).

La hipótesis alternativa, que la herniectomía y discectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia es una técnica eficaz, segura y fiable en el tratamiento del síndrome radicular lumbar refractario a tratamiento conservador, es la que deberá probarse.

### 3. OBJETIVOS

---

#### 3.1. OBJETIVO PRINCIPAL

---

El objetivo principal de esta tesis es demostrar la eficacia y seguridad de la herniectomía y discectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia. En particular, cuando esta es aplicada en el tratamiento del dolor radicular causado por hernia discal lumbar y refractario a tratamiento conservador.

Esta eficacia que queremos demostrar vendrá dada por una mejora significativa no solo en el dolor de los pacientes, sino también en su calidad de vida y en su capacidad funcional, con todas estas mejoras mantenidas en el tiempo.

#### 3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

---

Los objetivos secundarios de esta tesis son los siguientes:

1. Comprobar que las mejoras en el dolor tras el tratamiento vienen acompañadas por mejoras en la calidad de vida y en la capacidad funcional de los pacientes.
2. Valorar la posibilidad de que la herniectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia sea una alternativa a la cirugía o pueda sustituir a ésta en los pacientes con dolor radicular refractario a tratamiento conservador.

## 4. MATERIAL Y MÉTODO

---

### 4.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

---

El estudio se basa en los resultados obtenidos en 132 pacientes con dolor radicular y hernia discal. Todos los pacientes habían sido tratados previamente con tratamiento médico conservador durante al menos 3 meses, y no habían presentado mejoría clínica.

La población interesada estuvo constituida por pacientes remitidos por los siguientes servicios del Hospital General Universitario de Castellón:

- Servicio de Rehabilitación.
- Servicio de Reumatología.
- Servicio de Neurocirugía.
- Servicio de Traumatología y Ortopedia.

Los criterios de inclusión en nuestro estudio fueron los siguientes:

- Presencia en el paciente de lumbociática de origen disco-radicular secundaria a una hernia discal, documentada con resonancia magnética, refractaria a tratamiento médico conservador durante al menos 3 meses, con ausencia de mejoría a las tres semanas de realizar una infiltración guiada por TC.
- Adecuada hidratación del disco intervertebral, con señal hiperintensa en T2, y conservación de la altura discal.
- Paciente con dolor significativo, presentando en la escala del dolor EVA (medida de la intensidad del dolor) mayor o igual a 6 (sobre 10).

### 4.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

---

Ciertos casos no eran adecuados para la inclusión en este estudio. Los criterios de exclusión fueron:

- Presencia de una hernia extruida/migrada: las hernias contenidas pueden ser tratadas de forma percutánea, consiguiendo una retracción del material discal. En las hernias extruidas o migradas, sin embargo, no se consigue habitualmente una reducción significativa del volumen herniario mediante técnicas percutáneas.
- Se descartan también los pacientes con ausencia de clínica radicular o con una mala correlación clínico-radiológica. Si el origen del dolor es el conflicto disco-radicular, causado por la compresión de la hernia discal sobre la raíz nerviosa, no se conseguirá una mejoría clínica del paciente. Los pacientes que presenten una radiculalgia lumbar de etiología diferente a la hernia discal no son pues candidatos a realizar este procedimiento.
- Presencia de una disminución de la altura del disco con deshidratación significativa (desaparición de la hiperseñal T2). Si existe una osteocondrosis del

disco, las posibilidades de que una descompresión percutánea del disco sea suficiente para retraer la hernia y que desaparezca el conflicto disco radicular disminuye. Cuanto mayor sea la pérdida de altura y degeneración discal, es menos probable que la herniectomía percutánea sea efectiva.

- Existencia de un déficit motor estimado  $\leq \frac{3}{4}$  o un déficit neurológico (hipo anestesia o perianal, alteraciones del esfínter). En estos casos se recomienda realizar una intervención quirúrgica en vez de un procedimiento percutáneo.
- Contraindicaciones comunes a todas las intervenciones espinales guiadas por imagen: trastorno de la hemostasia (PT menor de 70, plaquetas menor de 150.000) no reversible, tratamiento con anticoagulantes (debe ser retirado previamente a realizar el procedimiento, pudiendo volver a introducir la anticoagulación tras el mismo), infección en curso (sepsis o afectación de partes blandas en el trayecto teórico de la aguja), embarazo, incapacidad para tolerar el procedimiento (se requiere que el paciente pueda mantener la posición en prono durante la planificación con el TC y el procedimiento).

---

### 4.3. RECOPIACIÓN DE DATOS

---

Se realizó una consulta a todos los pacientes, en la que se completó una hoja de recolección de datos previamente a la intervención, incluyendo: consentimiento informado firmado y fechado con la información de la técnica, datos de filiación (nombre, apellidos, edad), descripción y localización del dolor del paciente y localización y tipo de hernia discal.

Se midió la intensidad del dolor mediante la escala visual analógica (**EVA**), antes y después del procedimiento. Se realizó seguimiento clínico en consulta al mes, 3 meses, 6 meses y 12 meses post-intervención, donde se volvió a evaluar la escala visual analógica del dolor (Fig. 8).

Se evaluó también la discapacidad y afectación de la calidad de vida de los pacientes antes de la intervención mediante el Índice de discapacidad de Oswestry (**ODI**) (63) y la escala **EuroQol-5D-3L**. Estas dos escalas se recogieron para cada paciente en la consulta previa al procedimiento, a los 3 meses, 6 meses y 12 meses post intervención (Fig. 9a y 9b).

Para evaluar la respuesta al tratamiento nos fijamos en las siguientes variables: diferencia del EVA (EVA previo y al mes, tres y seis meses tras tratamiento), diferencia del EuroQol, y diferencia del resultado del test de evaluación funcional de Oswestry.

#### 4.4. EVALUACIÓN MEDIANTE ESCALAS

##### 4.4.1. EVA

En la escala visual analógica del dolor (EVA), el paciente refiere su percepción del dolor de 0 (ausencia de dolor) a 10 (máximo dolor).

Consiste en una línea horizontal de 10 centímetros, en cuyos extremos se encuentran las expresiones extremas de un síntoma. En el izquierdo se ubica la ausencia o menor intensidad y en el derecho la mayor 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 valoración será:

- Dolor leve si el paciente puntúa el dolor como menor de 3.
- Dolor moderado si la valoración se sitúa entre 4 y 7.
- Dolor severo si la valoración es igual o superior a 8.

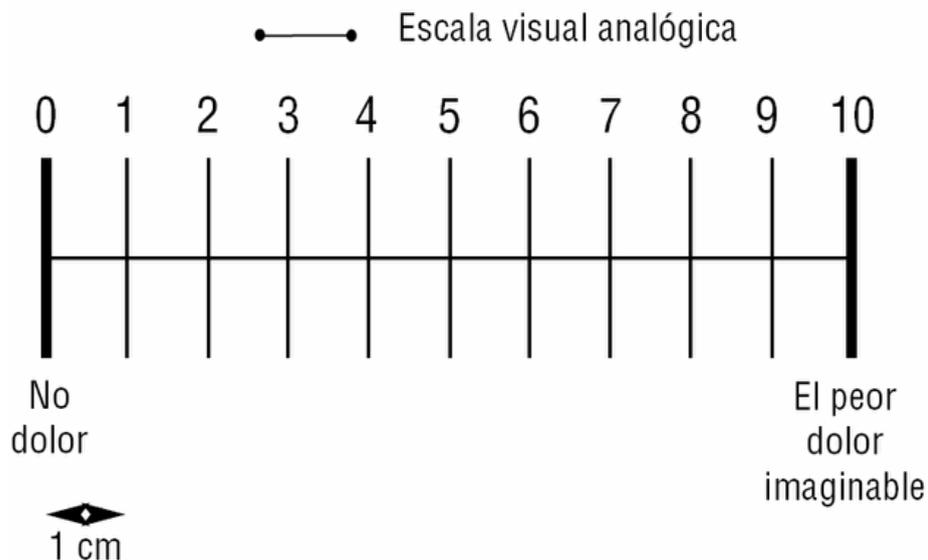


Figura 8: Escala visual analógica del dolor (EVA).

Se midió la intensidad del dolor mediante el EVA antes y después del procedimiento, así como en un seguimiento clínico en consulta al mes, 3 meses, 6 meses y 12 meses post intervención.

---

#### 4.4.2. ODI

---

Empleamos el test de Oswestry para valorar el estado funcional de los pacientes mediante el índice de discapacidad de Oswestry (ODI). En él se valoran distintos aspectos relacionados con la discapacidad, incluyendo cuidados personales, sueño, actividades motoras y sexuales, vida social, y posibilidad de viajar. La puntuación total se expresa en porcentaje (de 0 a 100%).

En la versión 2.0 del índice de discapacidad de Oswestry, se proporciona al paciente un cuestionario en el que valora las siguientes 10 categorías con una de las posibles afirmaciones:

1. Intensidad del dolor
  - Puedo soportar el dolor sin necesidad de tomar calmantes [0 puntos]
  - El dolor es fuerte pero me manejo sin tomar calmantes [1 punto]
  - Los calmantes me alivian completamente el dolor [2 puntos]
  - Los calmantes me alivian un poco el dolor [3 puntos]
  - Los calmantes apenas me alivian el dolor [4 puntos]
  - Los calmantes no me alivian el dolor y no los tomo [5 puntos]
2. Cuidados personales
  - Me las puedo arreglar solo sin que me aumente el dolor [0 puntos]
  - Me las puedo arreglar solo pero esto me aumenta el dolor [1 punto]
  - Los cuidados personales me producen dolor y tengo que hacerlo despacio y con cuidado [2 puntos]
  - Necesito alguna ayuda pero consigo hacer la mayoría de las cosas yo solo [3 puntos]
  - Necesito ayuda para hacer la mayoría de las cosas [4 puntos]
  - No puedo vestirme, me cuesta lavarme y suelo quedarme en la cama [5 puntos]
3. Levantar peso
  - Puedo levantar objetos pesados sin que me aumente el dolor [0 puntos]
  - Puedo levantar objetos pesados pero me aumenta el dolor [1 punto]
  - El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo hacerlo si están en un sitio cómodo (ej. en una mesa) [2 puntos]
  - El dolor me impide levantar objetos pesados, pero sí puedo levantar objetos ligeros o medianos si están en un sitio cómodo [3 puntos]
  - Sólo puedo levantar objetos muy ligeros [4 puntos]
  - No puedo levantar ni acarrear ningún objeto [5 puntos]
4. Caminar
  - El dolor no me impide caminar cualquier distancia [0 puntos]
  - El dolor me impide caminar más de un kilómetro [1 punto]
  - El dolor me impide caminar más de 500 metros [2 puntos]
  - El dolor me impide caminar más de 250 metros [3 puntos]
  - Sólo puedo caminar con bastón o muletas [4 puntos]
  - Permanezco en la cama casi todo el tiempo y tengo que ir a rastras al baño [5 puntos]

5. Estar sentado
  - Puedo estar sentado en cualquier tipo de silla todo el tiempo que quiera [0 puntos]
  - Solo puedo estar sentado en mi silla favorita todo el tiempo que quiera [1 punto]
  - El dolor me impide estar sentado más de una hora [2 puntos]
  - El dolor me impide estar sentado más de media hora [3 puntos]
  - El dolor me impide estar sentado más de 10 minutos [4 puntos]
  - El dolor me impide estar sentado [5 puntos]
6. Estar de pie
  - Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera sin que me aumente el dolor [0 puntos]
  - Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera pero me aumenta el dolor [1 punto]
  - El dolor me impide estar de pie más de una hora [2 puntos]
  - El dolor me impide estar de pie más de media hora [3 puntos]
  - El dolor me impide estar de pie más de 10 minutos [4 puntos]
  - El dolor me impide estar de pie [5 puntos]
7. Dormir
  - El dolor no me impide dormir bien [0 puntos]
  - Sólo puedo dormir si tomo pastillas [1 punto]
  - Incluso tomando pastillas duermo menos de 6 horas [2 puntos]
  - Incluso tomando pastillas duermo menos de 4 horas [3 puntos]
  - Incluso tomando pastillas duermo menos de 2 horas [4 puntos]
  - El dolor me impide totalmente dormir [5 puntos]
8. Actividad sexual
  - Mi actividad sexual es normal y no me aumenta el dolor [0 puntos]
  - Mi actividad sexual es normal pero me aumenta el dolor [1 punto]
  - Mi actividad sexual es casi normal pero me aumenta mucho el dolor [2 puntos]
  - Mi actividad sexual se ha visto muy limitada a causa del dolor [3 puntos]
  - Mi actividad sexual es casi nula a causa del dolor [4 puntos]
  - El dolor me impide todo tipo de actividad sexual [5 puntos]
9. Vida social
  - Mi vida social es normal y no me aumenta el dolor [0 puntos]
  - Mi vida social es normal pero me aumenta el dolor [1 punto]
  - El dolor no tiene un efecto importante en mi vida social, pero sí impide mis actividades más enérgicas como bailar [2 puntos]
  - El dolor ha limitado mi vida social y no salgo tan a menudo [3 puntos]
  - El dolor ha limitado mi vida social al hogar [4 puntos]
  - No tengo vida social a causa del dolor [5 puntos]
10. Viajar
  - Puedo viajar a cualquier sitio sin que me aumente el dolor [0 puntos]
  - Puedo viajar a cualquier sitio, pero me aumenta el dolor [1 punto]
  - El dolor es fuerte pero aguanto viajes de más de 2 horas [2 puntos]

- El dolor me limita a viajes de menos de una hora [3 puntos]
- El dolor me limita a viajes cortos y necesarios de menos de media hora [4 puntos]
- El dolor me impide viajar excepto para ir al médico o al hospital [5 puntos]

Para interpretar los resultados de este test, se suma la puntuación asociada a cada respuesta y se calcula el nivel de discapacidad según la siguiente fórmula: puntos totales / 50 x 100 = % de incapacidad. Por ejemplo, si la suma de los puntos ODI registrados es 16, entonces tendríamos un  $16/50 \times 100 = 32\%$  de discapacidad.

Según el nivel de discapacidad, se consideran las siguientes categorías:

- 0-20% (discapacidad mínima): el paciente puede realizar la mayoría de las actividades de su vida. Usualmente no está indicado el tratamiento, a excepción de sugerencias sobre levantar peso, postura, actividad física y dieta. Los pacientes con ocupaciones sedentarias, como por ejemplo secretarios o programadores, pueden experimentar más problemas que otros.
- 21-40% (discapacidad moderada): el paciente puede experimentar más dolor y dificultades para levantar pesos, sentarse o estar de pie. Los viajes y la vida social son más dificultosas y pueden estar incapacitados para trabajar. El cuidado personal, actividad sexual y el sueño no están groseramente afectados. El tratamiento conservador puede ser suficiente.
- 41-60% (discapacidad severa): el dolor es el principal problema en estos pacientes pero también pueden experimentar grandes problemas en viajar, cuidado personal, vida social, actividad sexual y sueño. Es apropiado hacer una evaluación detallada.
- 61-80% (incapacitado): el dolor de espalda tiene un impacto en todos los aspectos de la vida diaria y el trabajo. Se requiere un tratamiento activo.
- 81-100%: estos pacientes pueden estar postrados en cama o exageran sus síntomas. Es recomendado una evaluación cuidadosa.

Se evaluó el Índice de discapacidad de Oswestry de todos los pacientes en la consulta previa al procedimiento, a los 3 meses, 6 meses y 12 meses post intervención.

---

#### 4.4.3. EUROQOL-5D

---

Para medir la calidad de vida de los pacientes empleamos el Índice Europeo de Calidad de Vida (EQ-5D, EuroQol-5D o EuroQol-5D-3L). Se trata de un instrumento de evaluación de la calidad de vida estandarizado que explora cinco dimensiones: movilidad, cuidado personal, actividades cotidianas, dolor/malestar, y ansiedad/depresión. Para cada una de estas dimensiones se puntúa de la siguiente manera: (1) ausencia de problemas, (2) algunos problemas, y (3) severos problemas.

Dentro de la escala EuroQol-5D, se mide también el EuroQol-VAS. Esta se trata de una escala de autoevaluación del estado de salud en la que el paciente expresa la percepción sobre su estado de salud en ese momento. Esta escala va de 0 a 100, siendo 100 el mejor estado de salud y 0 el peor estado de salud.

Es por lo tanto el propio paciente el que valora su estado de salud, primero en niveles de gravedad por dimensiones (sistema descriptivo) (Fig. 9a) y luego en la escala EuroQol-VAS de evaluación más general (Fig. 9b) (64).

Marque con una cruz como esta  la afirmación en cada sección que describa mejor su estado de salud en el día de hoy.

**Movilidad**

- No tengo problemas para caminar
- Tengo algunos problemas para caminar
- Tengo que estar en la cama

**Cuidado-Personal**

- No tengo problemas con el cuidado personal
- Tengo algunos problemas para lavarme o vestirme solo
- Soy incapaz de lavarme o vestirme solo

**Actividades de Todos los Días** (ej, trabajar, estudiar, hacer tareas domésticas, actividades familiares o realizadas durante el tiempo libre)

- No tengo problemas para realizar mis actividades de todos los días
- Tengo algunos problemas para realizar mis actividades de todos los días
- Soy incapaz de realizar mis actividades de todos los días

**Dolor/Malestar**

- No tengo dolor ni malestar
- Tengo moderado dolor o malestar
- Tengo mucho dolor o malestar

**Ansiedad/Depresión**

- No estoy ansioso/a ni deprimido/a
- Estoy moderadamente ansioso/a o deprimido/a
- Estoy muy ansioso/a o deprimido/a

Figura 9a: Cuestionario de salud EuroQol-5D.

La combinación de los 3 valores en cada una de las 5 dimensiones evaluadas genera  $3^5 = 243$  posibles “estados de salud” diferentes, que pueden utilizarse como perfiles. Por ejemplo, un individuo que señale que no tiene problemas para caminar (1), no tiene problemas con el cuidado personal (1), tiene algunos problemas para realizar sus actividades cotidianas (2), tiene moderado dolor o malestar (2) y no está ansioso o deprimido (1), se ubica en el “estado de salud” 11221.

La segunda parte del EQ-5D es la escala EuroQol-VAS. Se trata de una escala vertical de 20 centímetros, milimetrada, que va desde 0 (peor estado de salud imaginable) a 100 (mejor estado de salud imaginable). En ella, el individuo debe marcar el punto en la línea vertical que mejor refleje la valoración de su estado de salud global en el día de hoy. El uso de la EuroQol-VAS proporciona una puntuación complementaria al sistema descriptivo de la autoevaluación del estado de salud del individuo (64).

Para ayudar a la gente a describir lo bueno o malo que es su estado de salud, hemos dibujado una escala parecida a un termómetro en el cual se marca con un 100 el mejor estado de salud que pueda imaginarse, y con un 0 el peor estado de salud que pueda imaginarse.

Por favor, dibuje una línea desde el cuadro que dice “su estado de salud hoy,” hasta el punto en la escala que, en su opinión, indique lo bueno o malo que es su estado de salud en el día de hoy.

**Su estado  
de salud  
hoy**

Mejor estado  
de salud  
imaginable

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

Peor estado  
de salud  
imaginable

Figura 9b: Termómetro Euro-Qol de valoración del estado de salud (EQ-VAS).

Se evaluó la escala EuroQol-5D-3L para cada paciente en la consulta previa al procedimiento, a los 3 meses, 6 meses y 12 meses post intervención.

#### 4.5. CLASIFICACIÓN DE LA MEJORÍA Y DE LAS COMPLICACIONES

---

Al comparar los valores del EVA, ODI y EQ-5D de los pacientes tomados en distintos momentos, clasificaremos los resultados de la siguiente forma en función de la mejoría que han presentado:

- *Muy bueno*: cuando se obtiene una mejora superior al 75%.
- *Bueno*: cuando se obtiene una disminución entre el 50 y 75%.
- *Satisfactorio*: cuando se obtiene una disminución entre el 30 y 50%.
- *Pobre*: cuando se obtiene una disminución de menos del 30%, o si han surgido complicaciones mayores o requerido cirugía posteriormente.

Para clasificar las complicaciones utilizamos la siguiente clasificación reconocida por la Society of CardioVascular and Interventional Radiology (SCVIR):

- *Complicaciones menores*: aquellas que no requieren tratamiento o un tratamiento mínimo pero sin consecuencias.
- *Complicaciones mayores*: aquellas que requieren cuidados específicos importantes, aumento del nivel de atención, prolongación de la duración de la hospitalización superior a 48 horas. Esta clasificación incluye secuelas permanentes y muertes.

#### 4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

---

Aplicar un tratamiento dado a un grupo de pacientes tiene necesariamente una cierta variación en los resultados. En nuestro caso, el tratamiento por herniectomía y discectomía percutánea guiada por TC no siempre ha resultado en una reducción del dolor: por ejemplo ha habido 11 de de los 132 pacientes con un dolor igual o mayor al que tenían antes del tratamiento pasados 3 meses desde este<sup>1</sup>.

¿Se trata por tanto de un tratamiento eficaz? Como describiremos en la sección de resultados, sí que lo es. En la gran mayoría de casos ha habido una disminución del dolor muy pronunciada, lo cual deja poca duda sobre su eficacia. Pero para hacer esta afirmación con confianza podemos analizar “cuán buenos” son estos resultados comparados con lo que sería esperable si el tratamiento no funcionara. Un *análisis estadístico*.

En nuestro caso vamos a fijarnos principalmente en cómo han cambiado las distintas escalas como la intensidad del dolor (medida por el EVA) desde antes del tratamiento hasta distintos momentos posteriores a él. Para afirmar que el resultado de la mejora de los pacientes no es anecdótico o una simple fluctuación estadística, podemos usar pruebas estadísticas que comparan estas diferencias (65).

---

<sup>1</sup> La comparación a 3 meses del tratamiento es un ejemplo representativo: suficientemente cercano al tratamiento como para que no influyan mucho otros factores, a la vez que suficientemente lejano para que la inflamación haya bajado junto con su dolor asociado.

La idea de las distintas pruebas existentes consiste en elegir un valor que resume de alguna forma lo que queremos medir (lo que se llama un *estadístico*) y fijarnos en cómo se comportaría si el tratamiento no fuera eficaz. Esta es precisamente la asunción de la llamada *hipótesis nula*. Para descartarla, es decir, para poder afirmar que el tratamiento sí que ha resultado en una mejora del dolor, estudiamos si bajo la hipótesis nula el valor que toma nuestro estadístico sería “demasiado raro”: la probabilidad<sup>2</sup> de obtenerlo (o de obtener un resultado aún más raro), sería menor que cierta cantidad (típicamente, 5%).

Dicho de otra forma, si el resultado es demasiado sorprendente como para ser por azar, descartamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa (en nuestro caso, que el tratamiento es eficaz). Este tipo de procedimiento es lo que en estadística se conoce como *contraste de hipótesis*.

---

#### 4.6.1. TESTS ESTADÍSTICOS

---

La cantidad que resume los cambios en la intensidad del dolor para los pacientes podría ser la suma de las diferencias del dolor en distintos momentos comparados con el dolor de cada paciente pre-tratamiento. Usar este estadístico nos llevaría básicamente a hacer el llamado *t-test de muestras dependientes* (66). El problema con esta prueba es que asume intervalos iguales en la escala de medida<sup>3</sup>. Sin embargo la escala EVA de intensidad del dolor se corresponde a una valoración subjetiva, y por tanto intervalos iguales en ella no tienen un significado absoluto. Este es precisamente el caso más común por el que al estudiar el cambio de cierta propiedad (la intensidad del dolor tras el tratamiento en nuestro caso) no se pueda aplicar el t-test de muestras dependientes.

Otra cantidad en la que podemos fijarnos es simplemente el cambio en la intensidad del dolor para cada paciente. ¿Es mayor?, ¿igual?, ¿menor? Si el tratamiento no afectara a la evolución del dolor, esperaríamos que aproximadamente la mitad de los pacientes mejoraran y la otra mitad empeoraran. La prueba que valora en detalle si esto es así se conoce como la *prueba de los rangos con signos de Wilcoxon* (67). Esta prueba se encuadra dentro de los que se conocen como *tests no paramétricos*, porque no hacen ninguna asunción al estilo de que la distribución de los datos es gaussiana (y por tanto “parametrizable”) (68).

Esta prueba, la de los rangos con signos de Wilcoxon, es la que hemos usado para determinar la eficiencia del tratamiento de forma estadísticamente significativa. El p-valor obtenido en ella nos indicará hasta qué punto podemos estar seguros al afirmar la bondad de los resultados del tratamiento.

---

<sup>2</sup> A esta probabilidad se la conoce como *p-valor*.

<sup>3</sup> Además de asumir que las medidas siguen una distribución gaussiana (o “normal”), que estaría por probar en el caso de nuestras medidas.

---

#### 4.6.2. GRUPO CONTROL

---

Aunque los resultados pasen la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon y las diferencias sean estadísticamente significativas, en realidad eso no probaría que la mejora es consecuencia del tratamiento. La razón es que la diferencia podría ser consecuencia del *efecto placebo*.

Para poder probar que la mejora sí es consecuencia del tratamiento deberíamos comparar el resultado de este con el de un tratamiento placebo, en el que los pacientes fueran “tratados” con un método que se supiera inefectivo, sin que los pacientes (ni el médico) supieran a priori cuál se ha administrado en cada caso. Son las comparaciones respecto a este *grupo control* las que nos indicarían definitivamente si hay una relación causa-efecto.

Claramente usar un grupo control en nuestro caso no se corresponde a un tratamiento ético de los pacientes. Nuestro estudio se conforma a la realidad de la práctica médica y no pretende ser un experimento preparado a priori con las máximas garantías para su tratamiento estadístico. Eso no quita que la mejora del dolor por el tratamiento sea un resultado robusto y fuera de duda razonable, pero a la vez es importante ser consciente de las limitaciones del marco estadístico en el que se evalúan los resultados.

---

#### 4.6.3. SOFTWARE

---

Para el análisis de los datos, incluyendo las distintas medidas con el seguimiento que se ha hecho a todos los pacientes y su estudio estadístico, hemos utilizado distintas herramientas de software que se encuentran disponibles abiertamente para toda la comunidad científica. La manipulación y análisis de los datos se ha hecho con Pandas, las distintas representaciones gráficas se han hecho con Matplotlib, y los estudios estadísticos con la librería para computación científica y técnica SciPy (69,70,71,72). Todos ellos son paquetes del lenguaje Python, y se desarrollan por distintas comunidades científicas como software libre.

#### 4.7. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL DE HERNIOTOMÍA

---

El dispositivo médico utilizado, Herniatome, es un producto con el sello CE que se comercializa en EE. UU. y Europa. Consta de una sonda de discectomía lumbar percutánea y una cánula de introducción de 1,5 mm de diámetro, estéril y de un solo uso (Fig. 10 y 11).

Este dispositivo está diseñado para realizar la aspiración de material del disco del núcleo pulposo de un disco intervertebral durante una herniectomía lumbar percutánea. Se compone de una cánula introductora con ventana lateral de aproximadamente 1 cm de longitud en su porción distal. En su interior se encuentra el sistema de aspiración (sonda motorizada) conectado a un colector. El sistema motorizado está unido a un tornillo de arquímedes. La frecuencia de rotación del tornillo permite la reducción mecánica en la viscosidad del disco herniado, a la vez que aspira el material licuado. El contenedor en la parte superior del dispositivo permite al operador evaluar la cantidad de material herniado que ha sido aspirado. La cánula tiene un ángulo de aproximadamente 30 grados en su porción distal, para conseguir, mediante la rotación del dispositivo de 360 grados, crear un área completa de succión y descompresión. Esta técnica permite la descompresión mediante dos mecanismos: físico, consiguiendo licuar el núcleo pulposo herniado, y mecánico, mediante la aspiración del material licuado (Fig. 12).



Figura 10: El sistema de herniectomía Herniatome y su mecanismo de rotación-succión.



Figura 11: Tornillo sin fin del sistema de herniotomía y sonda de canal de trabajo con ventana lateral.



Figura 12: Diagrama del sistema de herniotomía realizando descompresión del núcleo pulposo y la hernia discal.

Además del Herniatome, el material no específico para el procedimiento es el siguiente:

- Jeringa de 20 cc y aguja de 22 G (para anestesia local).
- Hoja de bisturí.
- Apósito estéril del arco de fluoroscopia.
- Aguja Chiba 20 G 20 cm.
- Set de Herniatome: (Fig. 13) Aguja introductora, cánula introductora, dispositivo de herniatome.

Los productos inyectados son:

- Antiséptico (povidona yodada, betadine dérmica al 10%).
- Anestesia local: lidocaína al 2% (xylocaine).



Figura 13: Campo operatorio con el material necesario para el procedimiento.

## 4.8. PROCEDIMIENTO DE HERNIECTOMÍA PERCUTÁNEA

---

### 4.8.1. GUÍA DE IMAGEN

---

La técnica empleada en nuestro servicio combina doble guía radiológica: TC y fluoroscopia. La TC permite visualizar con precisión tanto el hueso como las estructuras de partes blandas: el disco intervertebral, hernia discal, y estructuras vasculares y neurales. La fluoroscopia no permite ver las estructuras de partes blandas, pero aporta la posibilidad de visualizar el procedimiento en tiempo real. Combinando ambas disponemos de una guía precisa, segura y con visualización directa de todo el procedimiento.

### 4.8.2. PREPARACIÓN Y POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

---

Todas las intervenciones se realizaron en una sala dedicada a la radiología intervencionista. Los pacientes se colocaron en decúbito prono sobre la mesa TC, con un soporte colocado debajo del abdomen para disminuir la lordosis lumbar (Fig. 14).



Figura 14: Posicionamiento del paciente en la mesa de TC en prono.

Inicialmente, la TC se realiza centrada en los discos lumbares, con cortes de 1 mm de espesor reconstruidos cada milímetro. Las reconstrucciones tridimensionales a través de la estación de trabajo permiten identificar el nivel de la hernia a tratar, planificar la ruta del dispositivo y elegir el punto de entrada más seguro para la realización de la herniectomía (para evitar daños a estructuras vasculares y nerviosas) (Fig. 15).

A la hora de planificar el punto de entrada en la piel se debe considerar qué tipo de hernia estamos tratando. Si se trata de una hernia foraminal o extraforaminal

empleamos habitualmente un abordaje posterolateral, planificando el recorrido de la aguja para acceder al disco intervertebral a través de la hernia discal (abordaje intra herniario). Este abordaje permite descomprimir el disco intervertebral adyacente a la hernia discal, evitando manipular el resto del disco. También permite aspirar directamente la hernia discal, al haberla atravesado en el abordaje; esto es únicamente posible al realizar el procedimiento con guía mediante TC en vez de solo con fluoroscopia, que no permite visualizar la hernia discal.

Cuando nos encontramos ante una hernia postero-central o postero-lateral, empleamos habitualmente un abordaje interlaminar. En este tipo de hernias no es posible realizar un abordaje intra herniario por vía posterolateral (abordaje clásico a través de triángulo de Kambin) (73) debido a la interposición de estructuras óseas (lámina, pedículo, apófisis cigapofisaria), siendo únicamente posible el abordaje por vía interlaminar. En la planificación del abordaje interlaminar evitamos que el trayecto de la aguja se encuentre el saco dural, la raíz emergente o la descendente, evitando la aparición de complicaciones potenciales de la técnica.

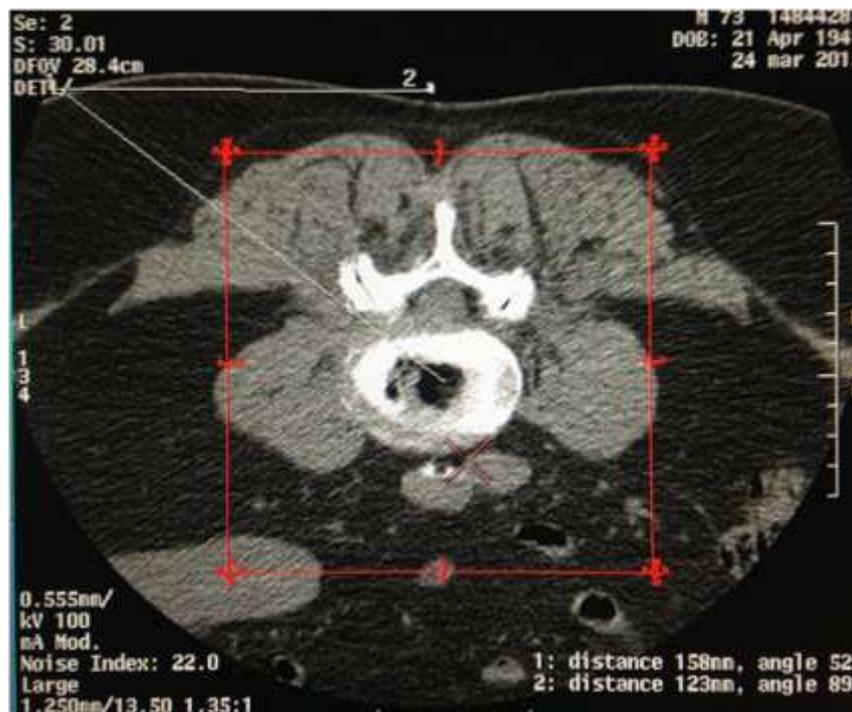


Figura 15: Adquisición de TC para planificación del abordaje óptimo de la aguja introductora.

Una vez determinado el punto de entrada deseado en la piel, preparamos el campo quirúrgico de forma estéril. Se limpia con clorhexidina el punto de entrada en la piel, cubriendo con paños estériles todo el área de trabajo. También se cubren con plásticos el arco en C y TC, y se prepara el material necesario para la intervención. Es necesario cumplir de forma estricta los protocolos de asepsia a fin de minimizar el riesgo de

complicaciones infecciosas. Se realiza profilaxis antibiótica con 1 g de Cefazolina intravenosa, o en pacientes alérgicos con quinolonas.



Figura 16: Preparación del paciente.

---

#### 4.9. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

---

Todos los procedimientos se realizaron con anestesia local y sedación. No se realizó ningún procedimiento con anestesia general. Algunos pacientes fueron premedicados con ansiolíticos antes de la intervención.

Todo el personal de radiología intervencionista está vestido con indumentaria quirúrgica, mascarilla quirúrgica, gorro y peucos de un solo uso, delantal protector y protector de tiroides de plomo (Fig. 16). Asimismo, todo el personal que participa en la intervención realiza un lavado de manos quirúrgico y se viste de forma estéril empleando bata de laboratorio y guantes estériles.

Después de la administración de anestesia local cutánea y subcutánea (lidocaína al 1%) se avanza una guía 20G en el punto marcado en el TC de planificación previo, realizando cortes secuenciales hasta que se accede al disco intervertebral a través de la hernia discal.

Este abordaje intra herniario se realiza de dos formas distintas dependiendo de la localización de la hernia. Se realiza un abordaje posterolateral en las hernias foraminales y extraforaminales. En las hernias posterocentrales y posterolaterales realizamos un acceso interlaminar. Es necesaria una planificación meticulosa del abordaje para evitar la lesión de estructuras en el trayecto de la aguja y adyacentes a la hernia discal (saco dural, raíces nerviosas, vasos epidurales) y minimizar el riesgo de potenciales complicaciones. Combinando la visualización mediante TC en plano axial y

fluoroscopia en visión sagital se consigue un control preciso del abordaje y progresión de la aguja.

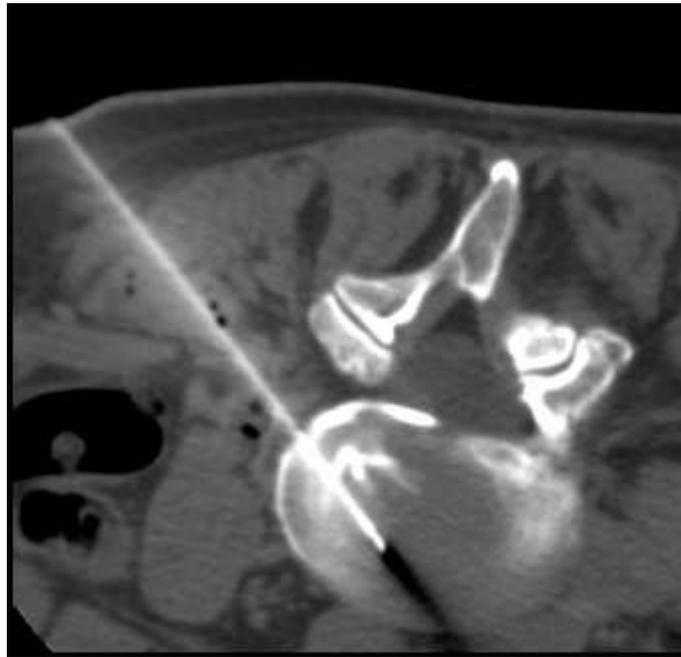


Figura 17: Identificación del escáner de plano axial.



Figura 18: Localización por fluoroscopia en plano sagital.

Se realiza una discografía bajo control fluoroscópico (Fig. 17) y bajo anestesia local según el curso y la angulación determinada por el escáner (Fig. 18) permitiendo en primer lugar un abordaje trans herniario. La realización de una discografía, mediante la inyección de unos pocos mililitros de contraste yodado en el disco a través de la aguja introductora, permite confirmar su correcto posicionamiento. Por otra parte, la prueba discográfica confirma el diagnóstico de conflicto disco-radicular en el nivel en cuestión (Fig. 19), y permite valorar la correlación radiológica con la clínica del paciente.

La opacificación del disco facilita el posicionamiento óptimo de la punta de la sonda en la hernia (figs. 20 y 21).

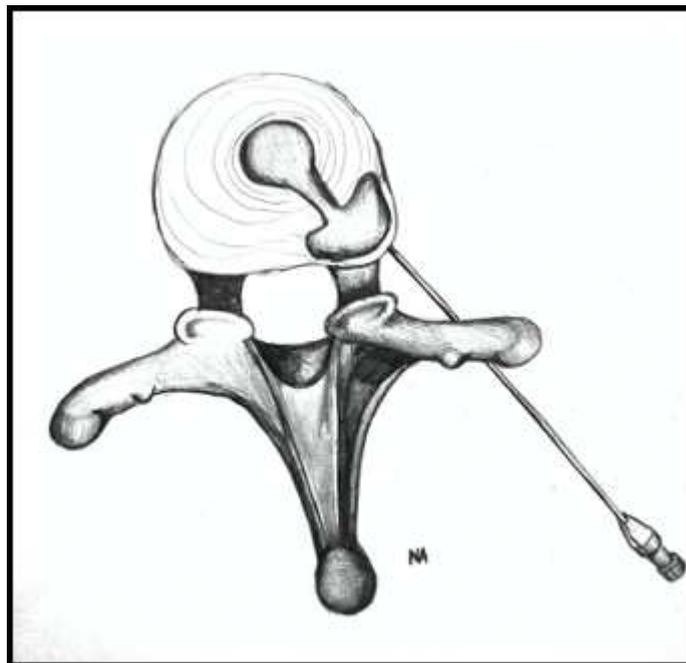


Figura 19: introducción de la aguja 20 G en el disco, realizando una discografía.

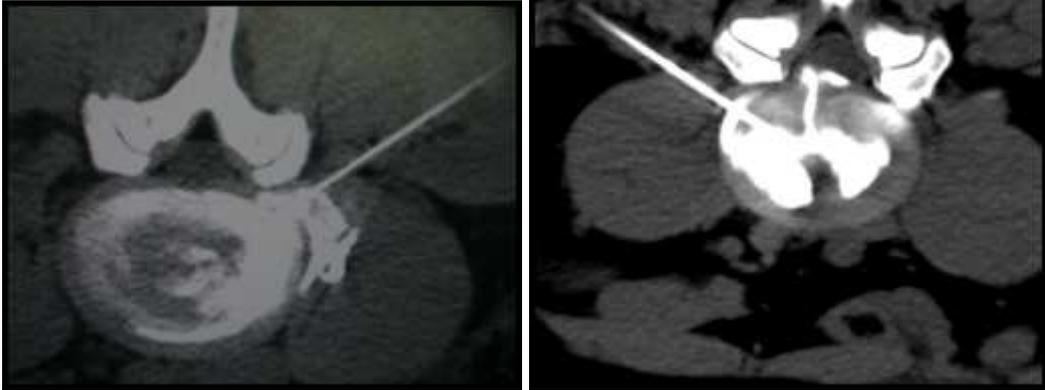


Figura 20: Corte de TC intraoperatorio.

Figura 21: Opacificación del disco al realizar discografía. Se objetiva la rotura del anillo fibroso con salida de contraste a la hernia discal.

Una vez confirmada la localización intradiscal de la aguja, se retira la parte proximal de la aguja para permitir que se use como una guía para la cánula introductora. Tras introducir de forma coaxial la cánula introductora retiramos la aguja, y en su lugar se introduce el dispositivo de herniectomía (Fig. 22, 23, 24, 25).





Figura 22, 23, 24, 25: Posicionamiento e inserción de la sonda.

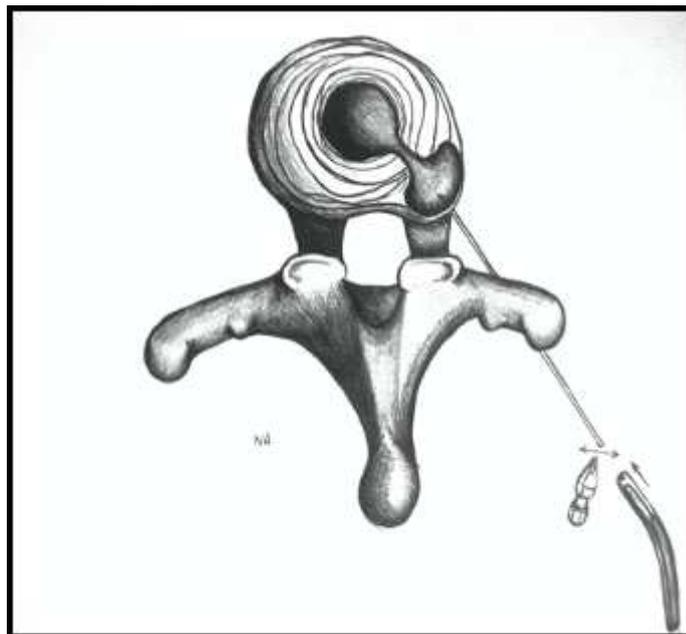


Figura 26: Colocación de la sonda de herniectomía mediante técnica coaxial.

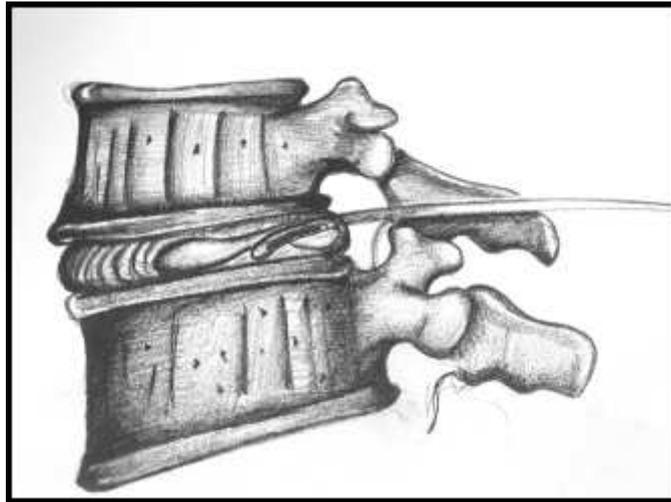


Figura 27: Vista sagital de la introducción de la sonda.

El trocar de inserción del cable se puede curvar para permitir un campo de extracción más amplio y facilitar el paso a través de la hernia en un acceso difícil. Al encender el dispositivo se activa un tornillo sin fin que penetra en la hernia de disco y empuja mecánicamente el material pulposo hacia arriba a lo largo de la sonda (Fig. 26 y 27).

Con el dispositivo de herniectomía encendido, el operador realiza movimientos cuidadosos de introducción-retirada y rotación en 360° (teniendo cuidado de permanecer siempre en la hernia y segmento de disco adyacente a la hernia). El objetivo es la aspiración de la hernia discal y de un pequeño volumen del segmento de disco adyacente a la hernia, consiguiendo disminuir la presión de la hernia sobre la raíz nerviosa. El tiempo de trabajo y aspiración del dispositivo es variable, manteniendo la aspiración hasta que se obtiene la extracción del material discal deseado. En el caso de hernias parcialmente calcificadas, es posible la fragmentación parcial del material calcificado.

A pesar de que el objetivo óptimo es la aspiración del material herniado, esto no siempre ocurre (especialmente en el caso de hernias fibrosas o calcificadas); en cualquier caso, el objetivo de descompresión se alcanza cuando el operador objetiva la disminución de resistencia al movilizar el dispositivo y se ha extraído el material herniario suficiente. Habitualmente el procedimiento finaliza cuando los sucesivos movimientos de rotación ya no eliminan material pulposo (Fig. 28).

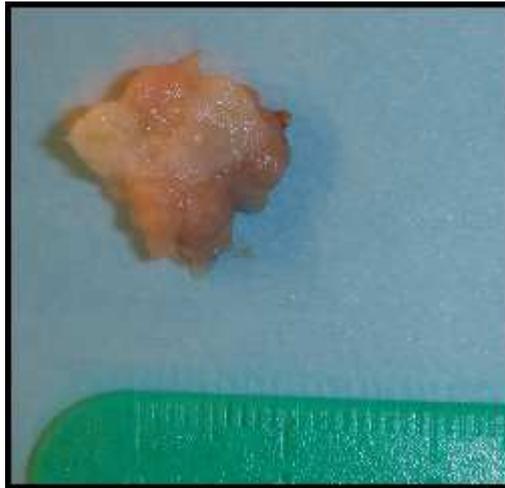


Figura 28: material pulposo extraído al final de la operación.

A continuación se extrae la sonda de aspiración y se realiza una infiltración con corticoide particulado (Triamcinolona 40 mg) dentro y fuera del disco para favorecer la reducción de la inflamación local debido a la intervención. No son necesarios puntos de sutura, siendo suficiente un apósito para cubrir la zona de punción.

Aunque no hay evidencia en la literatura de la necesidad de cobertura antibiótica, recomendamos administrar 1-2 g de Cefazolina intravenosa para evitar complicaciones infecciosas durante una operación realizada en condiciones óptimas (74).

Una vez finalizado el procedimiento el paciente permanece ingresado en el hospital, pautando medicación analgésica y antiinflamatoria (Paracetamol 1 g, Enantyum 25 mg) y, en ausencia de complicaciones, es dado de alta a las 24 horas. Se recomienda reposo relativo en domicilio de 48 horas y posteriormente retomar la actividad habitual y laboral. El tratamiento antiinflamatorio se puede prescribir por un período de 3 días después de la intervención, y posteriormente a demanda si presenta algún episodio de dolor.

En ausencia de complicaciones se realiza seguimiento clínico en el servicio solicitante y por radiología intervencionista (consulta al mes, tres, seis y doce meses post intervención).

## 5. RESULTADOS

---

### 5.1. INCIDENCIAS Y SEGUIMIENTO A LOS PACIENTES

---

Se realizaron con éxito todos los procedimientos en los 132 pacientes. No hubo ningún fallo técnico (100% de éxito técnico).

No se perdió a ningún paciente durante el seguimiento y los 132 pacientes pudieron seguirse durante un mínimo de 12 meses.

No se registraron complicaciones mayores en ninguno de los pacientes de la serie (siendo estas las que requieren tratamiento específico significativo, un aumento del nivel de cuidados, y una extensión de la duración de hospitalización de más de 48 horas, como se explica en la sección de métodos). Tampoco hubo complicaciones infecciosas en la serie. Esto concuerda con estudios previos que sugieren que las complicaciones infecciosas son menores en la discectomía percutánea guiada por TC que en la cirugía abierta (75).

Otro de los aspectos a los que se ha prestado atención es el tiempo que han tenido que estar internados los pacientes en el hospital.

La técnica ha tenido en todos los casos una duración aproximada de 30 a 50 minutos, con un tiempo total dentro de la sala para el paciente de cerca de una hora. En todos los casos a las 24 horas se ha dado el alta a los pacientes, tras el seguimiento requerido. Se pautó en todos los casos 48 horas de reposo relativo en el domicilio.

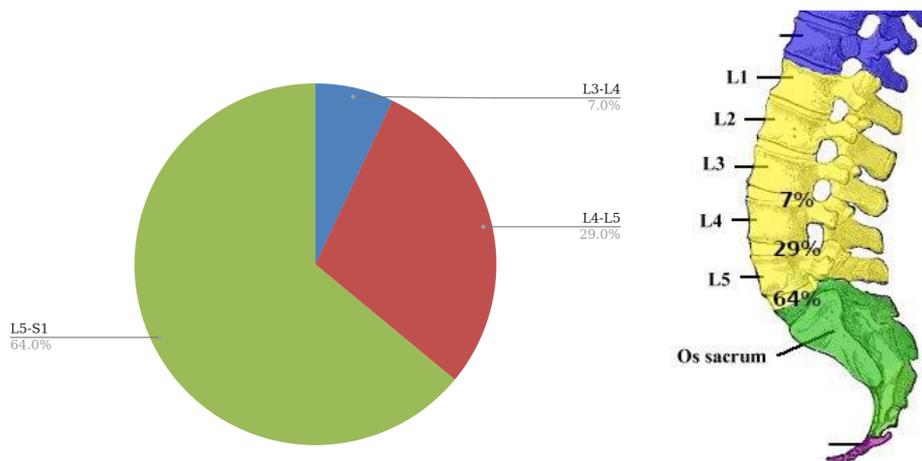
En el seguimiento clínico tras el alta no se han producido efectos secundarios importantes a corto plazo ni en la revisión del mes, tres y seis meses. Respecto a las complicaciones menores, cinco pacientes presentaron cefalea intensa a la semana del procedimiento, que se resolvió espontáneamente con tratamiento médico conservador (Aines, cafeína e hiperhidratación). No se requirió infiltración epidural para realizar tapón hemostático en ningún caso. No hubo que reintervenir a ninguno de los pacientes posteriormente.

### 5.2. DATOS GENERALES

---

Respecto a la localización de las hernias discales tratadas, un 7% están localizadas a nivel L3-L4, un 29% a nivel L4-L5 y un 64% a nivel L5-S1 (Fig. 29a, 29b).

Del total de casos un 56% presentan lateralidad izquierda y un 44% derecha, no existiendo una diferencia estadísticamente significativa respecto a la lateralidad.



Figuras 29a y b: Localización de las hernias.

### 5.3. INTENSIDAD DEL DOLOR (EVA)

Los pacientes puntúan la intensidad del dolor radicular y lumbar en una escala EVA de 0.0 (sin dolor) a 10.0 (máxima intensidad). En base a los cambios en el EVA desde antes del tratamiento a los distintos momentos en que se ha medido, los resultados fueron los siguientes:

	<b>muy bueno</b>	<b>bueno</b>	<b>satisfactorio</b>	<b>pobre</b>
<i>post-operación</i>	35 (27%)	16 (12%)	57 (43%)	24 (18%)
<i>+1m</i>	59 (45%)	42 (32%)	20 (15%)	11 (8%)
<i>+3m</i>	84 (64%)	21 (16%)	8 (6%)	19 (14%)
<i>+6m</i>	91 (69%)	15 (11%)	9 (7%)	17 (13%)
<i>+12m</i>	96 (73%)	12 (9%)	7 (5%)	17 (13%)

La interpretación de estos resultados corresponde a la que aparece en la sección de material y métodos:

- *Muy bueno*: cuando se obtiene una disminución de la EVA inicial superior al 75%.
- *Bueno*: cuando se obtiene una disminución de la EVA inicial entre el 50% y 75%.
- *Satisfactorio*: cuando se obtiene una disminución entre el 30% y 50%.

- *Pobre*: en el caso de una disminución de la EVA inicial de menos del 30%, o si han surgido complicaciones o requerido cirugía posteriormente.

Como se ve, existe una mejoría en el EVA en el postoperatorio inmediato en la mayoría de los pacientes, persistiendo la mejoría clínica en el seguimiento realizado al mes, a los 3 meses, 6 meses y 12 meses.

En el post operatorio (24 horas tras intervención), el 82% de los pacientes refieren mejoría del dolor (incluyendo pacientes con evolución muy buena, buena o satisfactoria), que persiste en el seguimiento clínico al mes (92% de los pacientes), y en el seguimiento a los 3 meses (86% de los pacientes), 6 meses (87% de los pacientes) y 12 meses (87% de los pacientes). A los 12 meses únicamente un 13 % de los pacientes presentaron una mejoría pobre, de menos de un 30%. Ningún paciente presentó un empeoramiento del dolor respecto a la valoración inicial.

Esta mejoría aparece reflejada con más detalle en (Fig. 30), donde se ven la mediana y los principales percentiles de la distribución de EVA para los pacientes. En la representación utilizada, un diagrama de cajas o *box plot*, la mediana del EVA de los pacientes en cada momento se muestra con una barra naranja horizontal en medio de un rectángulo. El rectángulo a su vez muestra los rangos en los que están comprendidos entre el 25 y el 75% de los pacientes. Las líneas desde el borde del rectángulo abarcan todo el rango de valores de EVA que hay en los pacientes, a excepción de puntos fijos aislados (*outliers*) que pueden aparecer si hay casos con un valor muy distinto de la distribución general (si aparecen a una distancia mayor de 1.5 veces el rango intercuartil, definido como el rango en el que se encuentran del percentil 25% al 75%).

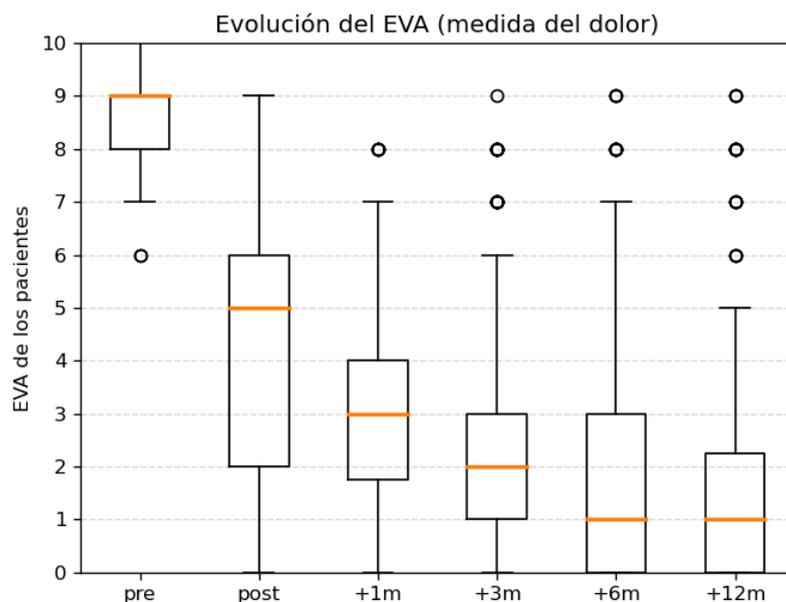


Figura 30: Diagrama de cajas de la evolución del EVA.

Esta mejoría es estadísticamente significativa, como se ha comprobado al realizar la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon sobre las diferencias del EVA anterior al tratamiento y el EVA en los distintos momentos en que se ha medido posteriormente. En todos los casos la prueba da un p-valor para la hipótesis nula muy por debajo de 5% (de hecho, del orden de  $10^{-20}$ ), como era de esperar con unos resultados de mejora tan clara. Los p-valores obtenidos en el caso del EVA son los siguientes:

<b>Comparación con pre-tratamiento</b>	<b>p-valor</b>
<i>post-operación</i>	$3.5 \times 10^{-23}$
<i>+1m</i>	$2.4 \times 10^{-23}$
<i>+3m</i>	$7.5 \times 10^{-22}$
<i>+6m</i>	$1.5 \times 10^{-21}$
<i>+12m</i>	$2.1 \times 10^{-21}$

El estudio de la significancia estadística para el caso del ODI y el EuroQol-5D es similar. En esos casos también se apreciará una mejora que es estadísticamente significativa. Un ejemplo desarrollado donde aparecen todos estos resultados se puede ver en el apéndice A.

Otro aspecto importante es que no solo la mayoría de los pacientes han mejorado, sino que además, progresivamente, ha aumentado esa mejoría a lo largo del tiempo, como también se puede apreciar en (Fig. 30).

Para ver con más detalle la forma de esa mejoría hemos realizado un diagrama de violín (*violin plot*) en el que se muestra la forma de la distribución del EVA en los pacientes para cada momento (Fig. 31). Se trata de un tipo de representación menos común que un box plot, pero que presenta más información: para cada momento se muestra una desviación más grande desde el centro cuanto mayor número de pacientes se encuentren con ese valor del EVA.

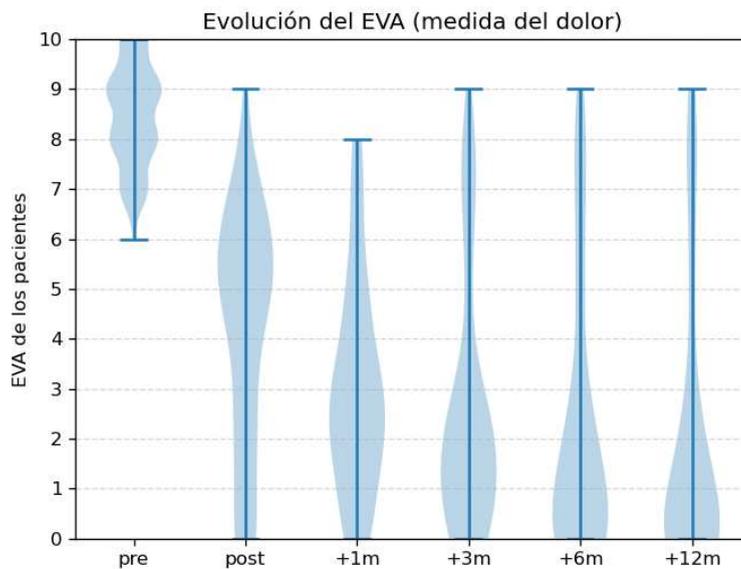


Figura 31: Diagrama de violín de la evolución del EVA.

Uno de los detalles interesantes que apreciamos en esta gráfica es la presencia aparente de dos poblaciones: unos pocos pacientes no mejoran significativamente tras la operación y su falta de mejora se mantiene con el tiempo, mientras que para el resto de los pacientes no solo hay mejoría, sino que es más acentuada con el tiempo.

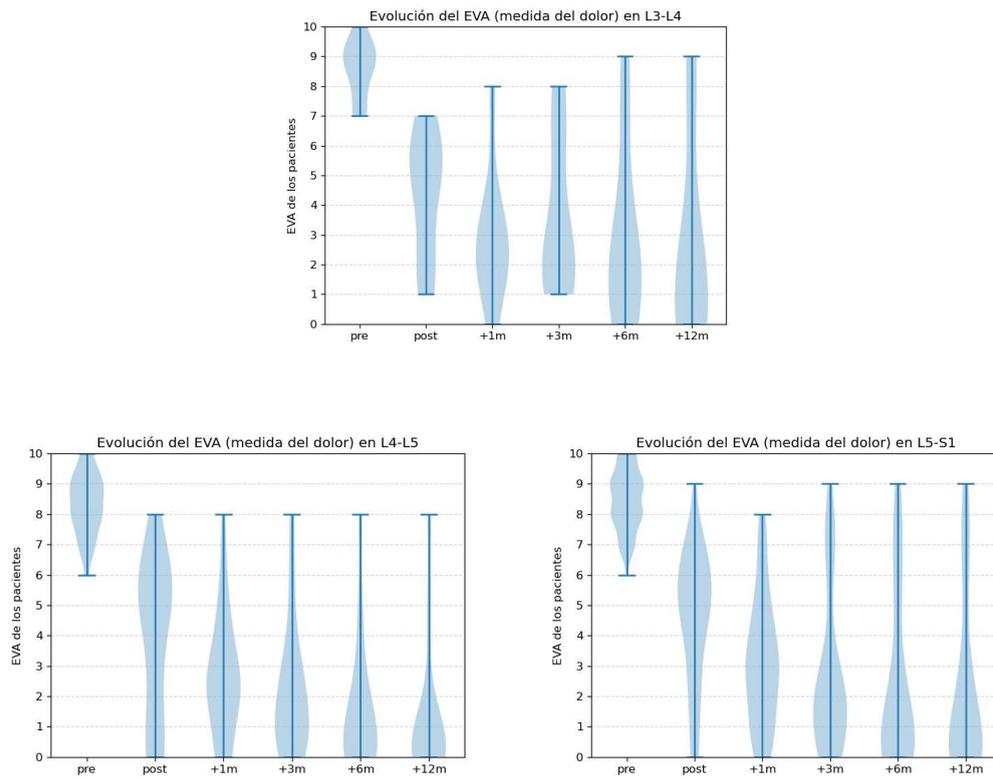
No hubo complicaciones mayores en ningún paciente de la serie. las complicaciones menores pudieron ser tratadas correctamente con tratamiento conservador médico, y en ningún caso fue necesaria realizar una intervención quirúrgica precoz.

---

### 5.3.1. RESULTADOS POR NIVELES

---

Al analizar la evolución del EVA en función de los niveles tratados observamos que los mejores resultados se dan en el nivel L4-L5, siendo algo mejores que los del nivel L5-S1 (Fig. 32, 33 y 34). El nivel que aparentemente tiene peores resultados en la evolución del dolor es el L3-L4, pero este grupo es el menos numeroso y se trata de solo 2 pacientes de un total de 9 pacientes tratados en este nivel, y dado el escaso número no es posible valorar si es una fluctuación estadística, o si los resultados de los pacientes tratados en este nivel son peores.



Figuras 32, 33 y 34: Diagrama de violín de la evolución del EVA en los niveles L3-L4, L4-L5 y L5-S1.

#### 5.4. CALIDAD DE VIDA RELACIONADA CON LA SALUD

La valoración del cambio en la calidad de vida relacionada con la salud para los pacientes tratados se ha medido con distintos índices.

##### 5.4.1. EUROQOL-5D

Con el coeficiente EuroQol-5D valoramos el estado de salud de los pacientes y cómo afecta a su calidad de vida. Previo a la operación, en todos los casos tratados se trata de pacientes que muestran un coeficiente alto, casi siempre superior a 10, que se corresponde con unos impedimentos grandes al desarrollo de una vida de calidad.

Considerando el promedio de las 5 dimensiones evaluadas en el EuroQol-5D (movilidad, cuidado personal, actividades cotidianas, dolor/malestar, y ansiedad/depresión), el resultado del tratamiento fue el siguiente:

	<b>muy bueno</b>	<b>bueno</b>	<b>satisfactorio</b>	<b>pobre</b>
<i>+3m</i>	50 (38%)	46 (35%)	20 (15%)	16 (12%)
<i>+6m</i>	77 (58%)	27 (20%)	12 (9%)	16 (12%)
<i>+12m</i>	91 (69%)	17 (13%)	9 (7%)	15 (11%)

El estudio de la significancia estadística para la mejora medida por el EuroQol-5D se hizo de forma similar al del EVA. Los p-valores en estos casos son los siguientes:

<b>Comparación con pre-tratamiento</b>	<b>p-valor</b>
<i>+3m</i>	$3.5 \times 10^{-23}$
<i>+6m</i>	$1.4 \times 10^{-22}$
<i>+12m</i>	$1.0 \times 10^{-22}$

Así pues, el análisis muestra una mejoría estadísticamente significativa del nivel de salud en la escala de calidad EuroQol-5D respecto a la determinación inicial, persistente en la evaluación clínica 1, 3, 6 y 12 meses después del procedimiento. Esta mejoría, al igual que sucede en el apartado anterior con el EVA, continúa mejorando de

forma progresiva a lo largo del tiempo en el seguimiento clínico. Es interesante esta evolución, ya que probablemente a la vez que el paciente mejora del dolor en paralelo hay una mejoría paulatina en las distintos aspectos de la calidad de vida, que se va consolidando a medida que pasa el tiempo. También llama la atención que los pacientes que no presentan mejoría permanecen estables, no existiendo un aumento de este grupo a los 6 y 12 meses.

Al valorar por separado las distintas dimensiones del EuroQol-5D, podemos ver un descenso significativo a los 3 meses de la intervención en cada una de las dimensiones que se miden (ansiedad/depresión, dolor/malestar, actividades cotidianas, cuidado personal y movilidad). Esta mejoría persiste en el seguimiento a los 6 y 12 meses (Fig. 35, 36, 37 y 38). Para interpretar correctamente las gráficas hay que tener en cuenta que el valor mínimo para cada dimensión es 1, por lo que la puntuación mínima para un paciente que no tenga ninguna limitación en las distintas dimensiones del EuroQol-5D es 5.

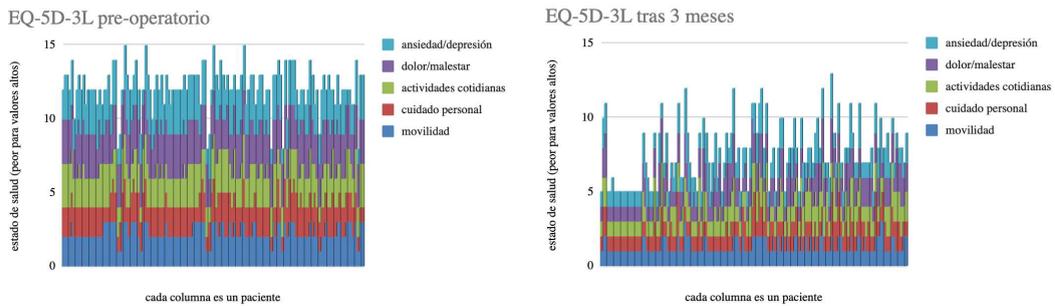


Figura 35: Estado de salud (EQ-5D) pre-operatorio. Figura 36: EQ-5D tras 3 meses.

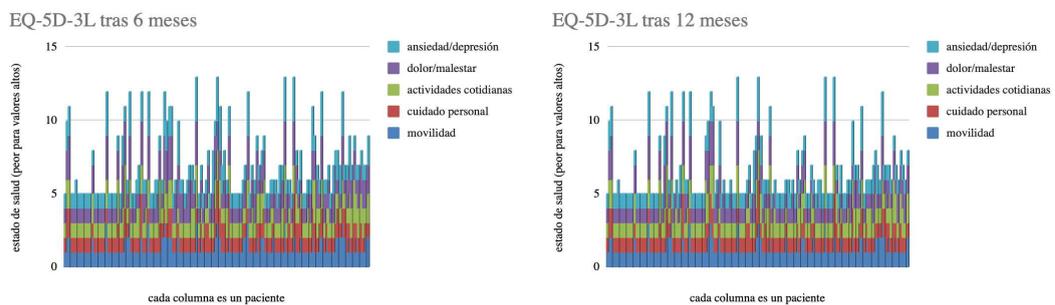


Figura 37: Persiste el descenso a los 6 meses. Figura 38: Persiste a los 12 meses.

Las mejoras en cuanto a movilidad, dolor / malestar, cuidado personal y problemas de actividades cotidianas presentan todas una evolución similar (Fig. 39). Se da una mejoría significativa tras la herniectomía percutánea, mantenida en el control clínico a los 6 y 12 meses post procedimiento.

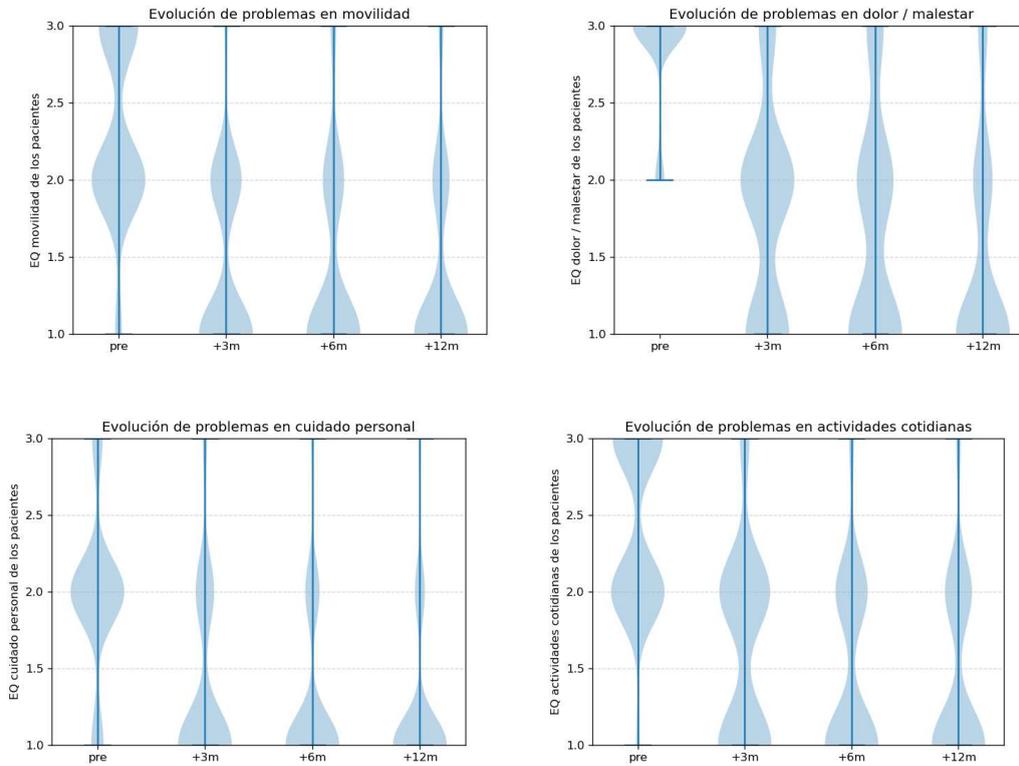


Figura 39: Diagramas de violín donde se objetivan las mejorías en problemas de movilidad, dolor / malestar, cuidado personal y actividades cotidianas tras el tratamiento, que se mantiene a los 6 y 12 meses.

Respecto a la dimensión de ansiedad / depresión es donde se evidencia una mejoría más llamativa respecto a los valores iniciales pretratamiento. Esto podría ser debido al componente multifactorial del dolor crónico, que presenta un mayor componente psicógeno y una mayor afectación del área emocional respecto al dolor agudo. Probablemente, al mejorar el dolor, aunque más lentamente, se mejoran los problemas de ansiedad y depresión asociados (Fig. 40).

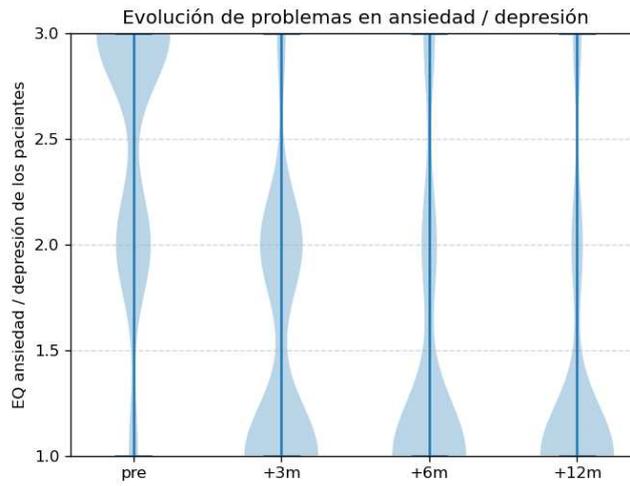


Figura 40: Diagrama de violín para problemas de ansiedad / depresión. La mejoría en esta dimensión es la más pronunciada de todas.

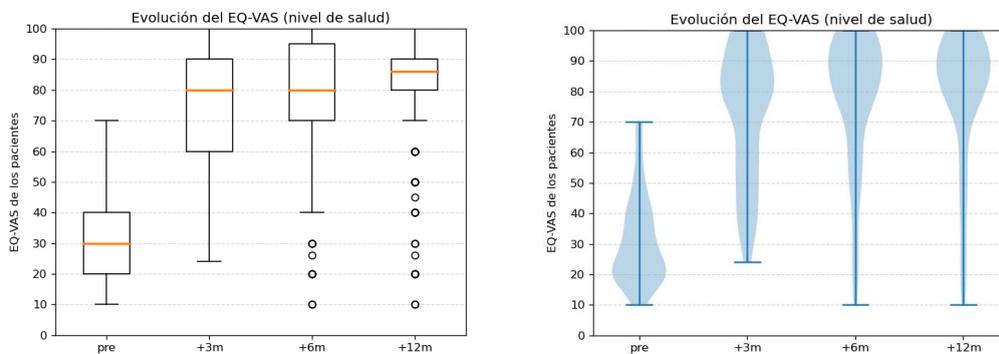
---

### 5.4.2. EUROQOL-VAS

---

Otro de los índices utilizados para medir la calidad de vida de los pacientes es el EuroQol-VAS (EQ-VAS), un número único que comprende una autovaloración general del nivel de salud de 0 a 100, siendo 100 el mejor estado de salud y 0 el peor estado de salud.

Tras el tratamiento observamos una mejoría significativa del EuroQol-VAS, que persiste en el seguimiento clínico a los 6 y 12 meses (Fig. 41 y 42). Al igual que en el caso del EVA, en el seguimiento clínico observamos que continúa la mejoría de la percepción del estado de salud del paciente, evolucionando favorablemente a los 6 y 12 meses.



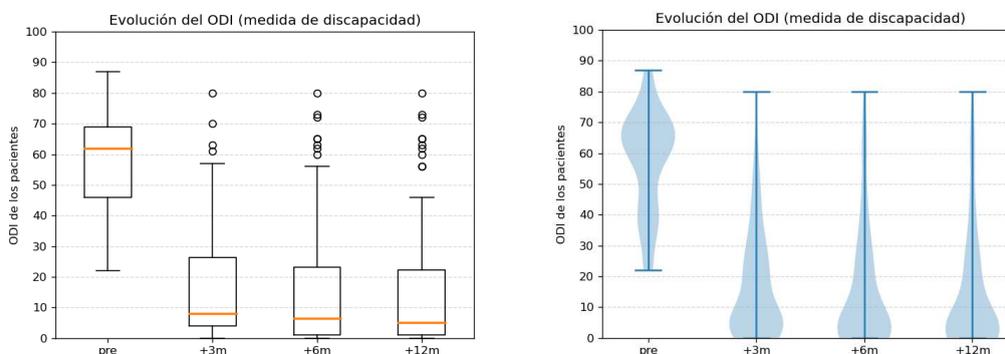
Figuras 41 y 42: Diagrama de caja y diagrama de violín, representando la evolución del EQ-VAS tras herniectomía percutánea.

## 5.5. TEST DE EVALUACIÓN FUNCIONAL DE OSWESTRY

Respecto a la medida de discapacidad, los resultados que obtenemos son los siguientes:

	<b>muy bueno</b>	<b>bueno</b>	<b>satisfactorio</b>	<b>pobre</b>
<i>+3m</i>	74 (56%)	27 (20%)	12 (9%)	19 (14%)
<i>+6m</i>	83 (63%)	23 (17%)	8 (6%)	18 (14%)
<i>+12m</i>	86 (65%)	24 (18%)	4 (3%)	18 (14%)

Existe un descenso significativo en cada una de las dimensiones del test de evaluación funcional de Oswestry a los 3 meses, 6 meses y 12 meses respecto a la valoración pre intervención (Fig. 43 y 44).



Figuras 43 y 44: Diagrama de caja y diagrama de violín, representando la evolución del ODI tras herniectomía percutánea.

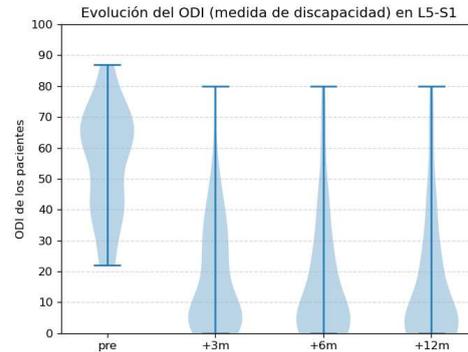
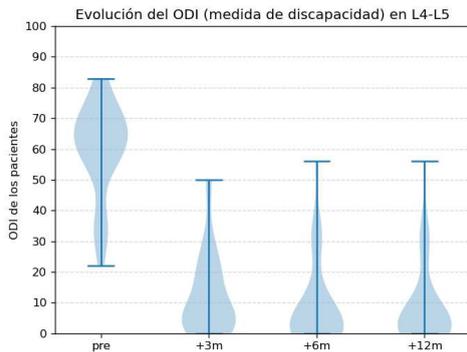
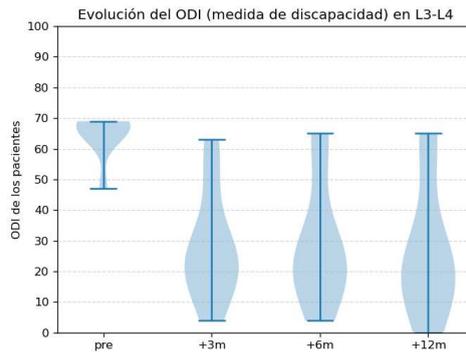
El estudio de la significancia estadística para el caso del ODI es similar al del EVA y EuroQol-5D, y los p-valores que muestran que la mejora es significativa en los distintos tiempos son:

<b>Comparación con pre-tratamiento</b>	<b>p-valor</b>
<i>+3m</i>	$6.4 \times 10^{-23}$
<i>+6m</i>	$2.9 \times 10^{-22}$
<i>+12m</i>	$2.0 \times 10^{-22}$

De la misma manera que con el EVA y EuroQol, vemos que en seguimiento clínico el ODI continúa mejorando, aumentando de forma paulatina los pacientes con resultado bueno o muy bueno, y disminuyendo los que presentan un resultado satisfactorio o pobre (Fig. 43 y 44). Es esperable esta correlación entre las distintas escalas, y que a medida que los pacientes presentan mejoría del dolor y la calidad de vida, también disminuya el grado de discapacidad.

### 5.5.1. RESULTADOS POR NIVELES

Al analizar la evolución del ODI en función de los niveles tratados observamos que, al igual que ocurre con el EVA, los mejores resultados son en el nivel L4-L5, siendo algo mejores que los del nivel L5-S1. El nivel con peores resultados en la evolución de la discapacidad es el L3-L4, aunque se trata de los mismos 2 pacientes y no es posible afirmar que exista un efecto significativo (Fig. 45, 46 y 47).



Figuras 45, 46 y 47: Diagrama de violín de la evolución del ODI en los niveles L3-L4, L4-L5 y L5-S1.

## 6. DISCUSIÓN

---

El dolor lumbar asociado con la hernia discal es un problema médico prevalente en las consultas de atención primaria, y es una de las principales causas de morbilidad de los países industrializados. El impacto económico asociado es significativo, tanto por los gastos médicos como por el tiempo de baja laboral (76,77).

El tratamiento recomendado incluye, como primera opción, tratamiento conservador con una duración variable de 2 a 6 meses. El tratamiento conservador incluye tratamiento médico con fármacos antiinflamatorios y analgésicos, reposo y rehabilitación.

En caso de fracaso del tratamiento conservador, o como segunda opción, la alternativa habitualmente empleada para tratar este tipo de dolor es la discectomía quirúrgica, realizada con anestesia general, cuyo objetivo es la eliminación de los fragmentos de disco herniados y la descompresión de la raíz nerviosa. Sin embargo, es una intervención agresiva con una tasa de complicaciones significativa (11) debido a su naturaleza invasiva, y se asocia a una duración de la estancia hospitalaria prolongada y elevados costos de salud pública asociados. La cirugía presenta riesgos relacionados con su naturaleza invasiva, incluyendo infección, fracaso del tratamiento, recidiva o fibrosis postquirúrgica (11,12).

Durante las últimas décadas, muchos equipos han desarrollado nuevas técnicas mínimamente invasivas y menos radicales que la técnica quirúrgica: primero en la década de 1970 la quimionucleolisis con papaína, luego el estudio de Hijikata que en 1975 introdujo la primera sonda de nucleotomía manual, que se automatizó en 1985 con Onik (78). En 1987 Choy creó otra técnica de nucleotomía, la vaporización con láser del disco. La discoplastia térmica (o nucleoplastia) y la IDET son dos técnicas nuevas muy recientes desarrolladas desde 2000 (79,80).

Sin embargo, todas estas terapias tienen sus límites. Por ejemplo, se ha retirado del mercado la nucleolisis química, debido a la publicación de reacciones anafilácticas (81). Los resultados de las nucleotomías manuales y automáticas fueron difíciles de confirmar, ya que el diámetro de las primeras sondas no permitía un abordaje foraminal. La discectomía con láser tiene efectos adversos sobre el tejido peri-herniario y se ha demostrado que es menos eficaz que la quimopapaína. La técnica de nucleoplastia ha informado de complicaciones como la fibrosis epidural (82) y requiere estudios en series más grandes. A pesar de estos inconvenientes, todas estas técnicas muestran una búsqueda de procedimientos menos invasivos que permitan, mediante la extracción del material herniado, reducir la presión ejercida sobre la raíz nerviosa, lo que se traduce en una disminución de la convalecencia del paciente.

Gracias a los avances en radiología intervencionista, se han desarrollado nuevas técnicas que suponen una alternativa a la ausencia de tratamientos ofrecidos entre los tratamientos médicos y quirúrgicos. Se han desarrollado diferentes técnicas de discectomía percutánea en los últimos años para el tratamiento de las hernias de disco,

proporcionando una alternativa frente a la cirugía en el tratamiento de la lumbociatalgia por hernia discal.

La razón por la que estas técnicas son eficaces se debe a que la retracción de la protrusión discal supone una reducción de la presión de la hernia sobre el nervio, permitiendo una descompresión indirecta del nervio y la desaparición del dolor radicular. La tasa de éxito de estas técnicas varía entre un 75 y un 80% (83,84).

El objetivo de combinar un nuevo sistema con guía de imagen dual (TC y fluoroscopia) es similar al de otros sistemas percutáneos, buscando conseguir una descompresión mecánica del disco. La diferencia, sin embargo, es que el objetivo de la descompresión es la hernia discal en vez del disco intervertebral. El objetivo es tratar la hernia de disco del mismo modo que se realizaría mediante un abordaje quirúrgico, pero extrayendo únicamente el material herniado y con las ventajas de un abordaje percutáneo. Esta técnica tiene la ventaja adicional de preservar el núcleo pulposo contenido en el disco.

En 1985 Onik et al (85) presentaron el primer dispositivo mecánico automático para el tratamiento percutáneo de la hernia de disco. Alo et al (15) en 2004 presentaron los primeros casos de pacientes tratados por un nuevo sistema de descompresión discal, la Dekompressor. Los casos publicados en la literatura sobre este dispositivo muestran resultados satisfactorios (21), lo que confirma la viabilidad de un enfoque percutáneo, pero también destacan algunas limitaciones del sistema. Entre las limitaciones están el tamaño y forma del dispositivo (sólo disponible con el extremo distal recto en la versión 19-G y con un extremo distal curvo en la versión 17G).

Estos dos inconvenientes se obvian en el Herniatome gracias a un calibre menor del introductor (17 G) y a presentar un extremo distal curvado y con ventana lateral, lo que permite, mediante la realización de movimientos circulares, aspirar una mayor cantidad de tejido y producir un menor impacto en las estructuras anatómicas adyacentes. Gracias a la ventana lateral es posible realizar la aspiración en 360 grados, al contrario que los sistemas descritos previamente, que únicamente realizan aspiración por la vertiente distal del sistema.

Disponer de una sonda introductora de pequeño calibre presenta múltiples ventajas, ya que permite realizar una incisión milimétrica en la piel y un abordaje interlaminar si es necesario, disminuyendo el riesgo de daño de ligamentos y no produciendo inestabilidad al no actuar sobre los elementos óseos, arco posterior o estructuras musculares adyacentes. De esta forma se evita el riesgo de fibrosis postoperatoria y se minimiza la posibilidad de una aceleración del proceso de degeneración del disco posteriormente.

Otra de las diferencias de nuestro estudio respecto a los estudios previos es que realizamos un abordaje intra herniario en vez de realizar un abordaje intradiscal. El abordaje al disco a través de la hernia discal lo hacemos guiado por TC y fluoroscopia. De esta forma se realiza el tratamiento únicamente en la hernia discal y el segmento

adyacente del disco intervertebral, no realizando ninguna agresión ni manipulación en el resto de disco.

Con esto se minimiza la agresión del procedimiento intervencionista, alterando la anatomía del paciente lo menos posible. Así conseguimos disminuir el riesgo de complicaciones potenciales y, al concentrar el efecto del procedimiento en el área de máximo interés (hernia discal y segmento del disco adyacente) tiene un efecto mayor sobre la descompresión de la raíz nerviosa. Al combinar la TC con la fluoroscopia es posible realizar la aspiración con control radiológico en tiempo real, lo que recae en un aumento de la precisión y seguridad del procedimiento.

En función de la anatomía del paciente es posible curvar el sistema introductor y la aguja, facilitando realizar abordajes más complejos, y permitiendo realizar movimientos de extracción de mayor amplitud. El movimiento rotatorio de la sonda permite la extracción-aspiración de la hernia discal y el núcleo pulposo tanto a nivel posteromedial, posterolateral, foraminal y extraforaminal.

No se ha producido ningún fallo técnico en ninguno de los procedimientos, consiguiendo un éxito técnico en todos los pacientes. La visualización al final del procedimiento de la muestra de hernia discal y núcleo extraída permite juzgar cuantitativa y cualitativamente la descompresión realizada y muestra la ausencia de daño tisular asociado (15). Finalmente, al no alterar la anatomía del paciente, esta intervención tiene la ventaja de no dificultar posteriormente un posible procedimiento quirúrgico en caso de fallo de la técnica, manteniendo todas las opciones terapéuticas disponibles en un futuro.

El tiempo de hospitalización es corto, en nuestra serie todos los pacientes fueron dados de alta a las 24 horas del procedimiento y, tras un reposo relativo de 48 horas en el domicilio, es posible retomar las actividades de la vida diaria y la actividad laboral habitual con normalidad. Esto supone una gran diferencia respecto a la alternativa quirúrgica, que presenta tiempos de hospitalización mayores, mayores tiempos de recuperación una vez dado el alta al paciente (de varios meses en función de la cirugía realizada) y mayores costes socio-económicos asociados, al retrasar significativamente la reincorporación del paciente a su actividad laboral (75).

Nuestra serie de 132 pacientes se limitó deliberadamente a indicaciones clínicas específicas, con criterios de inclusión y exclusión bien definidos. En particular, la hidratación satisfactoria y la preservación de la altura del disco (38), necesarios para obtener la reducción deseada de la presión sobre la raíz nerviosa. La selección cuidadosa de los pacientes es esencial para conseguir un tratamiento exitoso y una eficacia a largo plazo (38,86).

Todos los pacientes habían realizado un tratamiento conservador previo de al menos 12 semanas. Si bien actualmente no existe consenso sobre la duración del tratamiento conservador, algunos autores hablan de 6 meses (87).

Este estudio no se benefició de un grupo control porque todos los pacientes incluidos son pacientes que deben ser intervenidos por la persistencia del dolor. Los

criterios de inclusión de nuestra serie son casi superponibles a los de una serie de discectomía clásica.

En nuestra serie, habiendo realizado un seguimiento clínico regular, observamos una mejoría del dolor mantenida a los 12 meses en el 87% de los casos. Existe una mejoría en la discapacidad en el 86% de los casos a los 12 meses, y una mejoría de la calidad de vida en el 87% de los pacientes. Nuestra serie tiene por lo tanto mejores resultados que los de otras series publicadas utilizando otras técnicas percutáneas mínimamente invasivas (78,88,89,90,91,92). Esta mejoría en los resultados es probablemente consecuencia de una combinación de los distintos factores comentados anteriormente:

- La guía de imagen dual con TC y fluoroscopia, que permite una elevada precisión y una visualización en tiempo real del procedimiento.
- La realización de un abordaje intra herniario, sólo posible empleando la TC para el abordaje, y que no ha sido empleado en los estudios publicados.
- El empleo de un sistema de descompresión discal con mejoras técnicas respecto a otros dispositivos (incluyendo ventana lateral, sistema coaxial, vertiente distal del introductor curva, y bajo perfil).

Los pacientes no solo tienen menos dolor, sino que también existe una mejoría significativa de todas las dimensiones de la calidad de vida, persistente y progresiva en el tiempo, existiendo también una disminución del grado de discapacidad. Aunque es esperable que la mejoría del dolor se asocie a una mejoría de la discapacidad y de la calidad de vida, la mayoría de los estudios publicados no valoran estas tres dimensiones por separado.

Al analizar la evolución del EVA y del ODI en función de los niveles tratados observamos que los mejores resultados son en el nivel L4-L5, siendo algo mejores que los del nivel L5-S1.

El nivel con peores resultados en la evolución del dolor y la discapacidad es el L3-L4, pero al ser un grupo pequeño con solo 2 pacientes afectados no es posible valorar si es una fluctuación estadística. Sería interesante realizar algún estudio con más pacientes tratados a nivel L3-L4 para poder confirmar si realmente presentan peores resultados las hernias discales tratadas en este nivel.

Una posible explicación de los mejores resultados en los niveles L4-L5 respecto al L5-S1 son las características anatómicas. El punto de entrada en la hernia / disco a nivel L5-S1 está condicionado por la lordosis lumbar y la cresta iliaca, con la necesidad de abordaje en ocasiones con un ángulo pronunciado craneocaudal, limitando la ventana de acceso y la navegabilidad del sistema de aspiración. A nivel L4-L5 no tienen tanta importancia los factores anatómicos como en L5-S1.

Respecto a la tasa de éxito de la cirugía, existen múltiples estudios disponibles. En una revisión, Hoffman et al. (93) documenta una tasa de éxito del 67% para la discectomía estándar. De forma similar, Kitze et al. (94) presenta que aproximadamente un tercio de los pacientes mantienen la sintomatología dolorosa tras la intervención,

resultados similares a los presentados por Keller et al. (95) en el seguimiento a 10 años. La tasa de éxito quirúrgica disminuye si se emplean otras técnicas como la fusión quirúrgica (96). A pesar de la dificultad de realizar una comparación con la cirugía por la heterogeneidad de los estudios y técnicas empleadas, la mejoría del dolor, discapacidad y calidad de vida de nuestra serie es superior respecto a los estudios mencionados anteriormente.

Según el metaanálisis y revisión sistemática de 9504 publicaciones de Shriver et al. (97) la tasa de complicaciones de la discectomía quirúrgica oscila en función de la intervención realizada entre 12,5% (discectomía abierta), 13,3% (discectomía micro endoscópica) y 10,8% (microdiscectomía percutánea). En comparación, no existieron complicaciones en nuestra serie, siendo todos los pacientes dados de alta a las 24 horas del procedimiento.

Estudios similares al nuestro, en los que se realiza una descompresión de la hernia discal con guía mediante TC (98,13) muestran una mejoría clínica significativa de los pacientes a los 6 meses en la escala EVA, y proponen esta técnica como alternativa a la cirugía abierta por su mínima invasividad. Nuestro estudio realiza una valoración clínica más completa del paciente, al recoger no sólo la dimensión del dolor, sino la discapacidad y la de la calidad de vida, y confirma la persistencia de la mejoría a los 12 meses.

La discectomía percutánea guiada con el control doble mediante TC y fluoroscopia resulta una alternativa interesante a la cirugía u otros tratamientos percutáneos ya en uso. Lo avalan en nuestro estudio todos estos factores: la ausencia de una incisión quirúrgica (correlacionada con un riesgo de fibrosis intracanal), el respeto de la anatomía vertebral, la reproductibilidad técnica de la intervención, la realización bajo anestesia local, una tasa muy baja de complicaciones, la rápida incorporación a la actividad laboral y el alto índice de éxito.

## 7. CONCLUSIONES

---

El estudio de los pacientes que aparece como tema principal en esta tesis doctoral se ha hecho con las siguientes prácticas que consideramos muy beneficiosas y que todavía hoy no están extendidas en la práctica médica:

- La realización de un abordaje intra-herniario en el disco, tratando la hernia discal directamente de forma similar a la cirugía pero con una mínima invasividad y alta precisión.
- La incorporación de un sistema de guía de imagen dual mediante TC y fluoroscopia para realizar el procedimiento, aumentando la precisión y seguridad de la técnica, y disminuyendo las complicaciones potenciales.

Las conclusiones a las que se ha llegado en la realización del estudio de esta tesis siguiendo dichas prácticas son las siguientes:

1. **La herniectomía y discectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia es un tratamiento eficaz y duradero en el síndrome radicular lumbar refractario a tratamiento rehabilitador.**

Nuestra serie presenta excelentes resultados, con una alta tasa de éxito. La mejoría clínica de los pacientes es duradera, objetivando una mejoría del dolor significativa tras el procedimiento y persistente en el seguimiento a los 3, 6 y 12 meses. Además de duradera, existe una progresión de la mejoría a lo largo del tiempo, disminuyendo el dolor de forma paulatina. Esto probablemente puede ser explicado por la mínima agresión de la técnica, que no distorsiona la anatomía, permitiendo una mejoría y recuperación rápidas, y minimizando los cambios inflamatorios reactivos que se producen en la cirugía convencional.

Este alto porcentaje de éxito también es debido a una selección rigurosa de los pacientes después de un examen clínico preciso y una valoración radiológica que confirme que el origen del dolor del paciente es la hernia discal. Hay que tener en cuenta esta selección al hacer las comparaciones con otras técnicas como la cirugía tradicional.

2. **Los pacientes tratados con herniectomía percutánea no solo tienen menos dolor, sino que también existe una mejoría significativa de todas las dimensiones de la calidad de vida, persistente y progresiva en el tiempo, así como una disminución del grado de discapacidad.**

Aunque es esperable que la mejoría del dolor se asocie a una mejoría de la discapacidad y de la calidad de vida, la mayoría de los estudios publicados no valoran estas tres dimensiones por separado. De esta forma se ha podido valorar de forma integral la evolución clínica del paciente a largo plazo.

**3. La herniectomía y discectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia también se trata de una técnica fiable y segura.**

Al ser un procedimiento mínimamente invasivo, presentar un mínimo riesgo de complicaciones y realizarse con un ingreso hospitalario de solo 24 horas, permite que el paciente se recupere rápidamente. Esto supone unos beneficios importantes tanto para el paciente como a nivel socio-económico (por ejemplo, permite reincorporarse rápidamente a su actividad habitual laboral).

Si comparamos nuestros resultados con los de la cirugía tradicional (discectomía quirúrgica), la herniectomía percutánea presenta claras ventajas cuando es aplicable, ya que supone la mencionada mejoría mayor, tanto del dolor como de la calidad de vida y discapacidad, a la vez que una recuperación más rápida del paciente.

Al contrario que la cirugía de columna, que limita las opciones futuras de los pacientes, la herniectomía percutánea no altera la anatomía del paciente, ni limita ninguna posibilidad de tratamiento futuro. Es decir, un paciente tratado con esta técnica podrá someterse en el futuro tanto a la cirugía convencional como a otras técnicas mínimamente invasivas, además de conseguir evitar en la mayoría de estos casos la realización de intervenciones quirúrgicas más agresivas. Esto mejora significativamente el pronóstico de calidad de vida para el paciente.

Por todo ello recomendamos realizar la herniectomía y discectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia en los pacientes con dolor radicular de causa herniaria refractaria a tratamiento conservador, limitando la cirugía para los casos que no evolucionen favorablemente.

## 8. LÍNEAS DE FUTURO

---

En cuanto a la práctica médica, dado los excelentes resultados de la técnica estudiada (la herniectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia), consideramos que debería ser el tratamiento de elección para el tratamiento del dolor radicular de causa herniaria refractario a tratamiento conservador, limitando la indicación de cirugía únicamente para los casos que no evolucionen favorablemente con la herniectomía percutánea. En el presente, no obstante, existen limitaciones para poder emplear esta técnica de forma generalizada, que pueden subsanarse de diversas formas en un futuro.

Para poder implementar la herniectomía percutánea ampliamente se requieren recursos técnicos y humanos.

Los medios técnicos incluyen la suficiente disponibilidad de TC o salas de intervencionismo (Cone Beam CT) para poder realizar el procedimiento en los distintos hospitales de la red sanitaria. Sería necesaria la disponibilidad de un sistema de guía de imagen dual mediante TC y fluoroscopia para realizar el procedimiento, aumentando la precisión y seguridad de la técnica, y disminuyendo las complicaciones potenciales.

Se requieren también medios humanos: radiólogos intervencionistas formados en técnicas mínimamente invasivas de dolor y con formación y experiencia clínica en el área del dolor. También es necesario la difusión en la red sanitaria y en los distintos servicios implicados (Rehabilitación, Cirugía de columna, Traumatología, Neurocirugía...) de la posibilidad de realizar esta técnica, sus ventajas y su incorporación en las guías clínicas hospitalarias. La creación de comités multidisciplinares para la valoración de estos pacientes sería útil para poder valorar de forma individualizada los casos y ofrecer el mejor tratamiento para cada paciente.

En cuanto a la investigación, una línea de futuro interesante sería estudiar con más detalle el impacto social y económico de la herniectomía percutánea guiada por TC y fluoroscopia. Dadas las ventajas que presenta respecto a la cirugía (menor invasividad, escasas complicaciones, posibilidad de incorporación del paciente de forma inmediata a su actividad laboral) consideramos que el impacto socioeconómico puede ser un factor a la hora de justificar y potenciar la implantación del tratamiento mínimamente invasivo de las hernias de disco.

Otra línea de investigación futura sería valorar la posibilidad de combinar nuevas modalidades de guía de imagen al TC y fluoroscopia, incluyendo fusión con RM y fusión con ecografía. De esta forma se podría aumentar la precisión de la técnica aún más y disminuir el nivel de radiación, al no emplear estas técnicas radiaciones ionizantes.

Finalmente, estos avances en fusión de imagen y precisión de la técnica podrían ser también empleados en otras patologías, favoreciendo la utilización de técnicas mínimamente invasivas en tratamiento de patología degenerativa, medicina regenerativa, oncología, como por ejemplo tratamiento de ablación y cementación de metástasis óseas, fijación percutánea vertebral, o tratamiento de fibrosis postquirúrgica (síndrome de cirugía fallida de espalda).

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Tsao BE, Levin KH, Bodner RA. Comparison of surgical and electrodiagnostic findings in single root lumbosacral radiculopathies. *Muscle Nerve*. enero de 2003;27(1):60-4.
2. Brown HA, Pont ME. DISEASE OF LUMBAR DISCS. TEN YEARS OF SURGICAL TREATMENT. *J Neurosurg*. mayo de 1963;20:410-7.
3. Dydyk AM, M Das J. Radicular Back Pain. En: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.
4. Weir BK. Prospective study of 100 lumbosacral discectomies. *J Neurosurg*. marzo de 1979;50(3):283-9.
5. Deyo RA, Rainville J, Kent DL. What can the history and physical examination tell us about low back pain? *JAMA*. 12 de agosto de 1992;268(6):760-5.
6. van der Windt DA, Simons E, Riphagen II, Ammendolia C, Verhagen AP, Laslett M, et al. Physical examination for lumbar radiculopathy due to disc herniation in patients with low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 17 de febrero de 2010;(2):CD007431.
7. Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N, Modic MT, Malkasian D, Ross JS. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. *N Engl J Med*. 14 de julio de 1994;331(2):69-73.
8. Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am*. marzo de 1990;72(3):403-8.
9. Chou R, Qaseem A, Owens DK, Shekelle P, Clinical Guidelines Committee of the American College of Physicians. Diagnostic imaging for low back pain: advice for high-value health care from the American College of Physicians. *Ann Intern Med*. 1 de febrero de 2011;154(3):181-9.
10. Amoretti N, David P, Grimaud A, Flory P, Hovorka I, Roux C, et al. Clinical follow-up of 50 patients treated by percutaneous lumbar discectomy. *Clin Imaging*. julio de 2006;30(4):242-4.
11. Ramirez LF, Thisted R. Complications and demographic characteristics of patients undergoing lumbar discectomy in community hospitals. *Neurosurgery*. agosto de 1989;25(2):226-30; discussion 230-1.
12. Stolke D, Sollmann WP, Seifert V. Intra- and postoperative complications in lumbar disc surgery. *Spine*. enero de 1989;14(1):56-9.
13. Amoretti N, Gallo G, Nicolas S, Federico T, Theumann N, Guinebert S, et al. Contained Herniated Lumbar Disc: CT- and Fluoroscopy-Guided Automated Percutaneous Discectomy-A Revival. *Semin Intervent Radiol*. octubre de 2018;35(4):255-60.
14. Amoretti N, Huchot F, Flory P, Brunner P, Chevallier P, Bruneton JN. Percutaneous nucleotomy: preliminary communication on a decompression probe (Dekompressor) in percutaneous discectomy. Ten case reports. *Clin Imaging*. marzo de 2005;29(2):98-101.

15. Alo KM, Wright RE, Sutcliffe J, Brandt SA. Percutaneous Lumbar Discectomy: Clinical Response in an Initial Cohort of Fifty Consecutive Patients With Chronic Radicular Pain [Internet]. Vol. 4, Pain Practice. 2004. p. 19-29. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1533-2500.2004.04003.x>
16. Tsao B. The Electrodiagnosis of Cervical and Lumbosacral Radiculopathy [Internet]. Vol. 25, Neurologic Clinics. 2007. p. 473-94. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ncl.2007.02.001>
17. Acute low back problems in adults: assessment and treatment. Acute Low Back Problems Guideline Panel. Agency for Health Care Policy and Research. Am Fam Physician. 1 de febrero de 1995;51(2):469-84.
18. Katz JN, Dalgas M, Stucki G, Katz NP, Bayley J, Fossel AH, et al. Degenerative lumbar spinal stenosis. Diagnostic value of the history and physical examination. Arthritis Rheum. septiembre de 1995;38(9):1236-41.
19. Hall S. Lumbar Spinal Stenosis [Internet]. Vol. 103, Annals of Internal Medicine. 1985. p. 271. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-103-2-271>
20. Robertson JT. The rape of the spine. Surg Neurol. enero de 1993;39(1):5-12.
21. Biering-Sørensen F. A prospective study of low back pain in a general population. I. Occurrence, recurrence and aetiology. Scand J Rehabil Med. 1983;15(2):71-9.
22. Carey TS, Evans AT, Hadler NM, Lieberman G, Kalsbeek WD, Jackman AM, et al. Acute severe low back pain. A population-based study of prevalence and care-seeking. Spine . 1 de febrero de 1996;21(3):339-44.
23. Groen GJ, Baljet B, Drukker J. Nerves and nerve plexuses of the human vertebral column. Am J Anat. julio de 1990;188(3):282-96.
24. Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. N Engl J Med. 1 de febrero de 2001;344(5):363-70.
25. Matthew T. Imagerie du rachis lombaire [Internet]. Guide d'imagerie médicale pour les osthéopathes. 2015. p. 189-201. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-2-294-71587-7.00016-4>
26. Yasuma T, Arai K, Yamauchi Y. The histology of lumbar intervertebral disc herniation. The significance of small blood vessels in the extruded tissue. Spine . 1 de octubre de 1993;18(13):1761-5.
27. Bogduk N, Long DM. The anatomy of the so-called «articular nerves» and their relationship to facet denervation in the treatment of low-back pain. J Neurosurg. agosto de 1979;51(2):172-7.
28. Crock HV, Yoshizawa H, Kame SK. OBSERVATIONS ON THE VENOUS DRAINAGE OF THE HUMAN VERTEBRAL BODY [Internet]. Vol. 55-B, The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume. 1973. p. 528-33. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620x.55b3.528>
29. Hay MC. Anatomy of the lumbar spine. Med J Aust. 5 de junio de 1976;1(23):874-6.
30. Ferrante MA, Wilbourn AJ. Electrodiagnostic approach to the patient with suspected

brachial plexopathy. *Neurol Clin.* mayo de 2002;20(2):423-50.

31. Lee MWL, McPhee RW, Stringer MD. An evidence-based approach to human dermatomes. *Clin Anat.* julio de 2008;21(5):363-73.
32. Huntoon MA. Low Back Pain and Radicular Pain [Internet]. Oxford Medicine Online. 2017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/med/9780190217518.003.0019>
33. Olmarker K, Rydevik B. Pathophysiology of sciatica. *Orthop Clin North Am.* abril de 1991;22(2):223-34.
34. Capesius P, Babin E. Radiculosaccography with Water-soluble Contrast Media [Internet]. 1978. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-66832-6>
35. Maigne J-Y. *Soulager le mal de dos.* (DEPRECIATED); 2001. 371 p.
36. M Das J, Nadi M. *Lasegue Sign.* En: *StatPearls.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.
37. Vroomen PC, de Krom MC, Knottnerus JA. Diagnostic value of history and physical examination in patients suspected of sciatica due to disc herniation: a systematic review. *J Neurol.* octubre de 1999;246(10):899-906.
38. Benneker LM, Heini PF, Anderson SE, Alini M, Ito K. Correlation of radiographic and MRI parameters to morphological and biochemical assessment of intervertebral disc degeneration. *Eur Spine J.* febrero de 2005;14(1):27-35.
39. Brat H, Bouziane T, Willems X. Imagerie interventionnelle rachidienne clinique [Internet]. *Imagerie de la Colonne Vertébrale et de la Moelle épinière.* 2017. p. 399-417. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-2-294-74723-6.00014-8>
40. Meurin A, Dousset V. Imagerie de diffusion du rachis et de la moelle [Internet]. Vol. 90, *Journal de Radiologie.* 2009. p. 1276-7. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0221-0363\(09\)75091-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0221-0363(09)75091-7)
41. Dönmez T, Caner H, Cila A, Erzen C, Eryilmaz M, Ozcan OE, et al. Low density in the posterior aspect of the intervertebral disk in the patient with herniated nucleus pulposus. A prospective study of 50 cases. *Acta Neurochir.* 1991;108(1-2):64-6.
42. Wiesel SW, Tsourmas N, Feffer HL, Citrin CM, Patronas N. A study of computer-assisted tomography. I. The incidence of positive CAT scans in an asymptomatic group of patients. *Spine.* septiembre de 1984;9(6):549-51.
43. Borenstein DG, O'Mara JW, Boden SD, Lauerman WC, Jacobson A, Platenberg C, et al. The Value of Magnetic Resonance Imaging of the Lumbar Spine to Predict Low-Back Pain in Asymptomatic Subjects [Internet]. Vol. 83, *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume.* 2001. p. 1306-11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2106/00004623-200109000-00002>
44. Cho SC, Charles Cho S, Ferrante MA, Levin KH, Harmon RL, So YT. Utility of electrodiagnostic testing in evaluating patients with lumbosacral radiculopathy: An evidence-based review [Internet]. Vol. 42, *Muscle & Nerve.* 2010. p. 276-82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/mus.21759>

45. Dietemann J-L. Imagerie du rachis lombaire. Elsevier Masson; 1994. 242 p.
46. Tarulli AW, Raynor EM. Lumbosacral radiculopathy. *Neurol Clin.* mayo de 2007;25(2):387-405.
47. Levin KH. Electromyography and magnetic resonance imaging in the evaluation of radiculopathy. *Muscle Nerve.* agosto de 1999;22(8):1158-9; author reply 1159.
48. Albeck MJ, Taher G, Lauritzen M, Trojaborg W. Diagnostic value of electrophysiological tests in patients with sciatica. *Acta Neurol Scand.* abril de 2000;101(4):249-54.
49. Bischoff RJ, Rodriguez RP, Gupta K, Righi A, Dalton JE, Whitecloud TS. A Comparison of Computed Tomography-Myelography, Magnetic Resonance Imaging, and Myelography in the Diagnosis of Herniated Nucleus Pulposus and Spinal Stenosis [Internet]. Vol. 6, *Journal of Spinal Disorders.* 1993. p. 289-95. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/00002517-199306040-00002>
50. Bogduk N. The lumbar disc and low back pain. *Neurosurg Clin N Am.* octubre de 1991;2(4):791-806.
51. Katz JN, Harris MB. Clinical practice. Lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med.* 21 de febrero de 2008;358(8):818-25.
52. Grossman SA, Krabak MJ. Leptomeningeal carcinomatosis. *Cancer Treat Rev.* abril de 1999;25(2):103-19.
53. Dumitru D, Dreyfuss P. Dermatomal/segmental somatosensory evoked potential evaluation of L5/S1 unilateral/unilevel radiculopathies. *Muscle Nerve.* abril de 1996;19(4):442-9.
54. Kreiner DS, Hwang SW, Easa JE, Resnick DK, Baisden JL, Bess S, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. *Spine J.* enero de 2014;14(1):180-91.
55. Pinto RZ, Maher CG, Ferreira ML, Ferreira PH, Hancock M, Oliveira VC, et al. Drugs for relief of pain in patients with sciatica: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 13 de febrero de 2012;344:e497.
56. Serinken M, Eken C, Gungor F, Emet M, Al B. Comparison of Intravenous Morphine Versus Paracetamol in Sciatica: A Randomized Placebo Controlled Trial. *Acad Emerg Med.* junio de 2016;23(6):674-8.
57. Rasmussen-Barr E, Held U, Grooten WJ, Roelofs PD, Koes BW, van Tulder MW, et al. Non-steroidal anti-inflammatory drugs for sciatica. *Cochrane Database Syst Rev.* 15 de octubre de 2016;10:CD012382.
58. Pinto RZ, Maher CG, Ferreira ML, Hancock M, Oliveira VC, McLachlan AJ, et al. Epidural corticosteroid injections in the management of sciatica: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med.* 18 de diciembre de 2012;157(12):865-77.
59. Jordan SE. Assessment: use of epidural steroid injections to treat radicular lumbosacral pain: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology.* 11 de septiembre de 2007;69(11):1191; author reply 1191-2.

60. Manchikanti L, Knezevic NN, Boswell MV, Kaye AD, Hirsch JA. Epidural Injections for Lumbar Radiculopathy and Spinal Stenosis: A Comparative Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Physician*. marzo de 2016;19(3):E365-410.
61. Righesso O, Falavigna A, Avanzi O. COMPARISON OF OPEN DISCECTOMY WITH MICROENDOSCOPIC DISCECTOMY IN LUMBAR DISC HERNIATIONS [Internet]. Vol. 61, *Neurosurgery*. 2007. p. 545-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1227/01.neu.0000290901.00320.f5>
62. Hudgins WR. The role of microdiscectomy. *Orthop Clin North Am*. julio de 1983;14(3):589-603.
63. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine*. 15 de noviembre de 2000;25(22):2940-52; discussion 2952.
64. Herdman M, Badia X, Berra S. El EuroQol-5D: una alternativa sencilla para la medición de la calidad de vida relacionada con la salud en atención primaria [Internet]. Vol. 28, *Atención Primaria*. 2001. p. 425-9. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0212-6567\(01\)70406-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0212-6567(01)70406-4)
65. Contributors to Wikimedia projects. Paired difference test [Internet]. Wikimedia Foundation, Inc.; 2009 [citado 19 de diciembre de 2020]. Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Paired\\_difference\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Paired_difference_test)
66. Rodrigo Amat J. T-test con R [Internet]. Disponible en: [https://www.cienciadedatos.net/documentos/12\\_t-test#T-test:\\_Comparaci%C3%B3n\\_de\\_medias\\_poblacionales\\_dependientes\\_\(pareadas\)](https://www.cienciadedatos.net/documentos/12_t-test#T-test:_Comparaci%C3%B3n_de_medias_poblacionales_dependientes_(pareadas))
67. Contributors to Wikimedia projects. Wilcoxon signed-rank test [Internet]. Wikimedia Foundation, Inc.; 2005 [citado 2 de diciembre de 2020]. Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Wilcoxon\\_signed-rank\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Wilcoxon_signed-rank_test)
68. Rodrigo Amat J. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon [Internet]. Disponible en: [https://www.cienciadedatos.net/documentos/18\\_prueba\\_de\\_los\\_rangos\\_con\\_signo\\_de\\_wilcoxon](https://www.cienciadedatos.net/documentos/18_prueba_de_los_rangos_con_signo_de_wilcoxon)
69. Pandas [Internet]. Disponible en: <https://pandas.pydata.org/>
70. Matplotlib: Python plotting [Internet]. Disponible en: <https://matplotlib.org/>
71. SciPy [Internet]. Disponible en: <https://scipy.org/>
72. Python [Internet]. Disponible en: <https://www.python.org/>
73. Fanous AA, Tumialán LM, Wang MY. Kambin's triangle: definition and new classification schema. *J Neurosurg Spine*. 29 de noviembre de 2019;32(3):390-8.
74. Moon E, Tam MD, Kikano RN, Karuppusamy K. Prophylactic antibiotic guidelines in modern interventional radiology practice. *Semin Intervent Radiol*. diciembre de 2010;27(4):327-37.
75. Liu W-G, Wu X-T, Guo J-H, Zhuang S-Y, Teng G-J. Long-Term Outcomes of Patients with Lumbar Disc Herniation Treated with Percutaneous Discectomy: Comparative Study with Microendoscopic Discectomy [Internet]. Vol. 33, *CardioVascular and Interventional*

- Radiology. 2010. p. 780-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00270-009-9720-6>
76. Cypress BK. Characteristics of physician visits for back symptoms: a national perspective. *Am J Public Health*. abril de 1983;73(4):389-95.
  77. Luo X, Pietrobon R, Hey L. Patterns and trends in opioid use among individuals with back pain in the United States. *Spine* . 15 de abril de 2004;29(8):884-90; discussion 891.
  78. Maigne JY, Rime B, Deligne B. Computed tomographic follow-up study of forty-eight cases of nonoperatively treated lumbar intervertebral disc herniation. *Spine* . septiembre de 1992;17(9):1071-4.
  79. Gangi A, Dietemann JL, Ide C, Brunner P, Klinkert A, Warter JM. Percutaneous laser disk decompression under CT and fluoroscopic guidance: indications, technique, and clinical experience. *Radiographics*. enero de 1996;16(1):89-96.
  80. Singh V, Piryani C, Liao K, Nieschulz S. Percutaneous disc decompression using coblation (nucleoplasty) in the treatment of chronic discogenic pain. *Pain Physician*. julio de 2002;5(3):250-9.
  81. Nordby EJ, Wright PH, Schofield SR. Safety of chemonucleolysis. Adverse effects reported in the United States, 1982-1991. *Clin Orthop Relat Res*. agosto de 1993;(293):122-34.
  82. Smuck M, Benny B, Han A, Levin J. Epidural fibrosis following percutaneous disc decompression with coblation technology. *Pain Physician*. septiembre de 2007;10(5):691-6.
  83. Onik G, Helms CA. Automated percutaneous lumbar discectomy. *AJR Am J Roentgenol*. marzo de 1991;156(3):531-8.
  84. Mixer WJ, Barr JS. Rupture of the Intervertebral Disc with Involvement of the Spinal Canal [Internet]. Vol. 21, *Journal of Neurosurgery*. 1964. p. 74-81. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3171/jns.1964.21.1.0074>
  85. Onik G, Helms CA, Ginsburg L, Hoaglund FT, Morris J. Percutaneous lumbar discectomy using a new aspiration probe. *AJR Am J Roentgenol*. junio de 1985;144(6):1137-40.
  86. Adams MA, Freeman BJ, Morrison HP, Nelson IW, Dolan P. Mechanical initiation of intervertebral disc degeneration. *Spine* . 1 de julio de 2000;25(13):1625-36.
  87. Jean-Pierre Valat, Philippe Goupille, Valérie Vedere: Lomalgies et sciatiques [Internet]. Vol. 157, *Schweizer Archiv für Neurologie und Psychiatrie*. 2006. p. 87-87. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4414/sanp.2006.01706>
  88. O'Brien MF, Peterson D, Crockard HA. A posterolateral microsurgical approach to extreme-lateral lumbar disc herniation. *J Neurosurg*. octubre de 1995;83(4):636-40.
  89. Launois R, Henry B, Marty JR, Gersberg M, Lassale C, Benoist M, et al. Chemonucleolysis versus Surgical Discectomy for Sciatica Secondary to Lumbar Disc Herniation\* [Internet]. Vol. 6, *PharmacoEconomics*. 1994. p. 453-63. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2165/00019053-199406050-00007>
  90. Heary RF. Intradiscal electrothermal annuloplasty: the IDET procedure. *J Spinal Disord*. agosto de 2001;14(4):353-60.

91. Onik G, Mooney V, Maroon JC, Wiltse L, Helms C, Schweigel J, et al. Automated percutaneous discectomy: a prospective multi-institutional study. *Neurosurgery*. febrero de 1990;26(2):228-32; discussion 232-3.
92. Privat JM. [Percutaneous nucleotomy-discectomy techniques. Automated and manual techniques. Indications and results]. *Neurochirurgie*. 1993;39(2):116-24.
93. Hoffman RM, Wheeler KJ, Deyo RA. Surgery for herniated lumbar discs: a literature synthesis. *J Gen Intern Med*. septiembre de 1993;8(9):487-96.
94. Kitze K, Rust V, Angermeyer M. Schmerzbeeinträchtigung und Funktionsfähigkeit von Bandscheibenoperierten im Rehabilitationsverlauf [Internet]. Vol. 46, *Die Rehabilitation*. 2007. p. 333-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-977723>
95. Atlas SJ, Keller RB, Wu YA, Deyo RA, Singer DE. Long-term outcomes of surgical and nonsurgical management of sciatica secondary to a lumbar disc herniation: 10 year results from the maine lumbar spine study. *Spine* . 15 de abril de 2005;30(8):927-35.
96. Derby R, Baker RM, Lee C-H. Evidence-informed management of chronic low back pain with minimally invasive nuclear decompression [Internet]. Vol. 8, *The Spine Journal*. 2008. p. 150-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2007.10.019>
97. Shriver MF, Xie JJ, Tye EY, Rosenbaum BP, Kshetry VR, Benzel EC, et al. Lumbar microdiscectomy complication rates: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Focus*. 1 de octubre de 2015;39(4):E6.
98. Amoretti N, Huwart L, Marcy P-Y, Foti P, Hauger O, Boileau P. CT- and fluoroscopy-guided percutaneous discectomy for lumbar radiculopathy related to disc herniation: a comparative prospective study comparing lateral to medial herniated discs. *Skeletal Radiol*. enero de 2013;42(1):49-53.





# Apéndice A: Ejemplo de análisis de los datos

## 1 Análisis de los pacientes

Esto es un ejemplo del tipo de análisis de datos que se han realizado en la elaboración del estudio. Está escrito como documento de [JupyterLab](#), un entorno de desarrollo interactivo para documentación, código y datos que se distribuye con licencia libre y es ampliamente utilizado en el ámbito científico.

Empezamos por cargar las librerías para hacer los análisis y las gráficas: [numpy](#), [pandas](#) y [matplotlib](#).

```
[1]: import numpy as np
      from matplotlib import pyplot as plt
      import pandas as pd
```

Cargamos los datos a partir de un fichero csv que hemos obtenido al exportar la hoja de cálculo con los datos de los tratamientos.

```
[2]: data = pd.read_csv('seguimiento.csv', index_col=0)
```

¿Qué tipo de datos son los que tenemos?

```
[3]: data.info(verbose=False)
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 132 entries, 1 to 132
Columns: 40 entries, Edad to ODI +12m
dtypes: float64(4), int64(33), object(3)
memory usage: 42.3+ KB
```

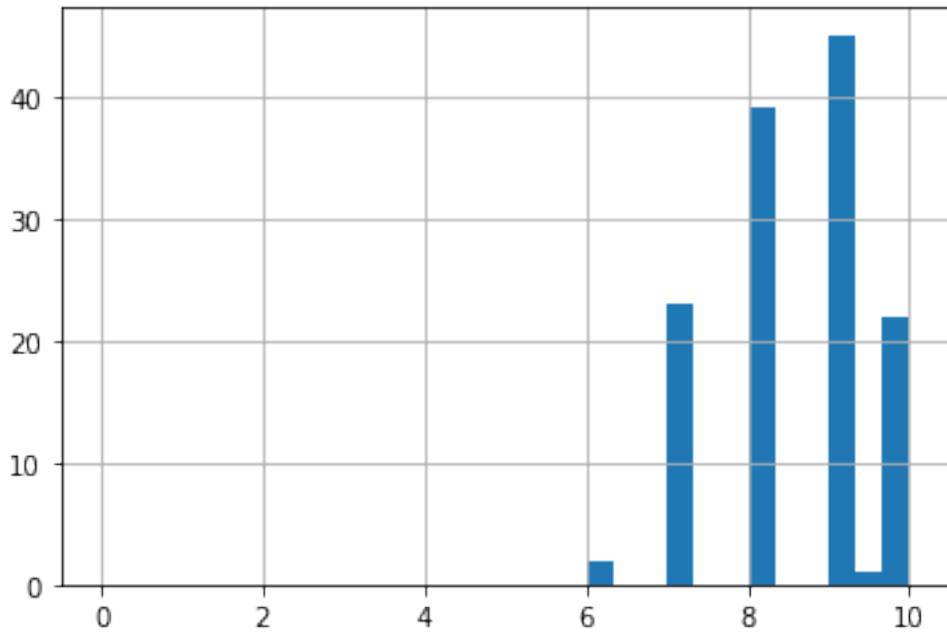
Así que tenemos **132 filas** de datos (una por paciente), y para cada una tenemos **40 columnas** con distintos datos que hemos tomado de los pacientes (desde su edad hasta su ODI a los 12 meses del tratamiento).

### 1.1 Mejora del EVA

Para estudiar la mejora del EVA, empezamos por mirar el EVA pre- y post- operación. Hacemos un histograma con los valores.

```
[4]: data['EVA pre'].hist(range=(0, 10), bins=30)
```

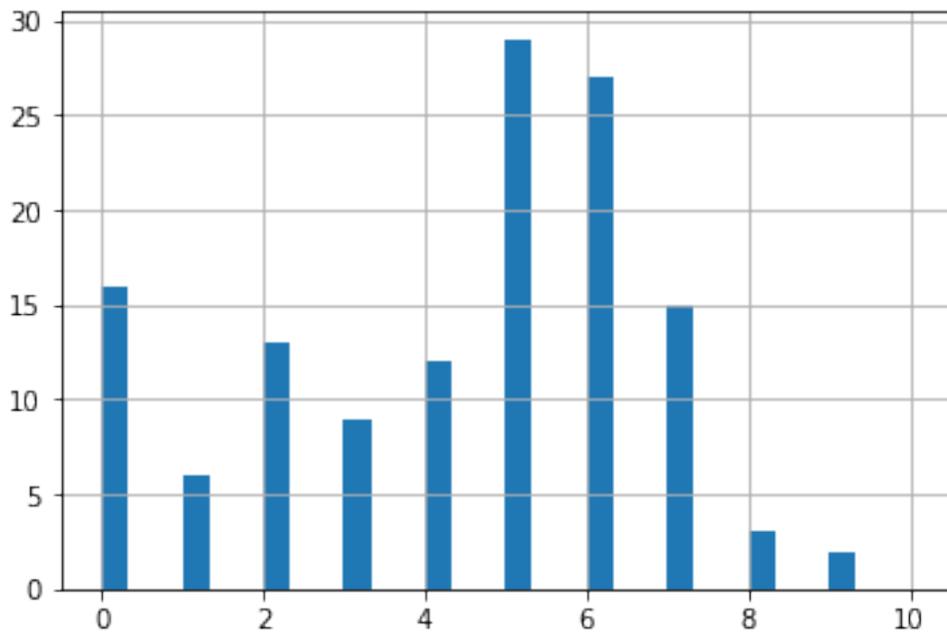
[4]: <AxesSubplot:>



Como era de esperar, antes del tratamiento los pacientes tienen todos un EVA bastante elevado.

```
[5]: data['EVA_pos'].hist(range=(0, 10), bins=30)
```

[5]: <AxesSubplot:>



Justo después del tratamiento, el EVA es bastante menor en muchos casos. ¿Pero cuánto habrán mejorado exactamente los pacientes?

```
[6]: improvement_pos = (data['EVA pre'] - data['EVA pos']) / data['EVA pre']
```

```
[7]: improvement_pos.describe()
```

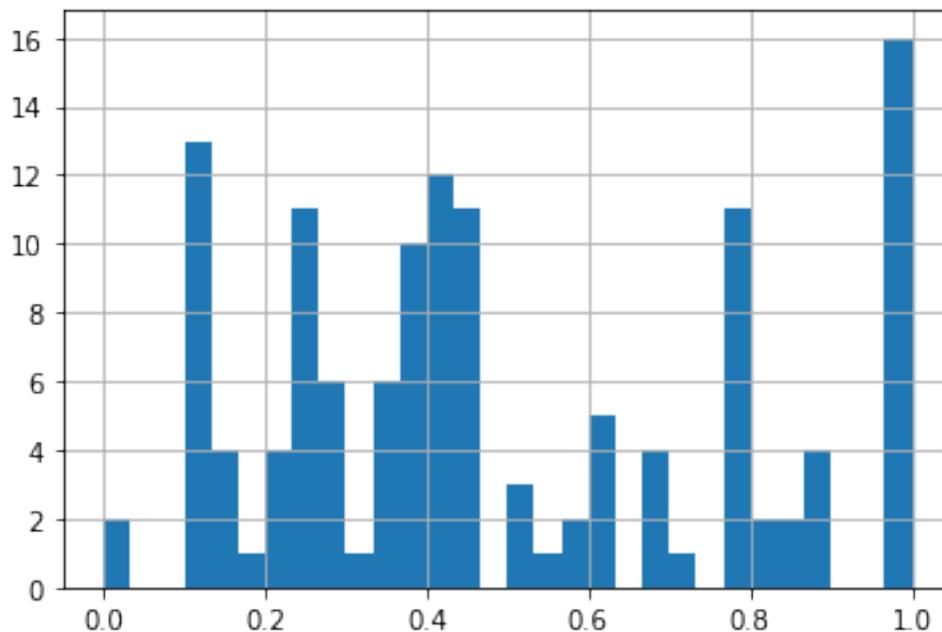
```
[7]: count    132.000000  
     mean     0.489141  
     std     0.288149  
     min     0.000000  
     25%    0.250000  
     50%    0.428571  
     75%    0.777778  
     max     1.000000  
     dtype: float64
```

Parece que justo después del tratamiento, los pacientes han mejorado en promedio cerca del 50% en su dolor.

Veamos con un histograma cómo se distribuye esta mejora entre ellos.

```
[8]: improvement_pos.hist(bins=30)
```

```
[8]: <AxesSubplot:>
```



Hay mucha variedad en la mejora justo después del tratamiento. Desde pacientes con una mejora pequeña (que puede ser debida a lo reciente del tratamiento), hasta pacientes que han mejorado enormemente (16 casos que indican un 100% de mejora). Ningún paciente ha empeorado (todos los resultados de mejora están entre 0 y 1).

Según la mejora, consideraremos que los resultados del tratamiento han sido *muy buenos*, *buenos*, *satisfactorios* o *pobres*.

```
[9]: def results(improvement):
      return {
          'muy buenos': (improvement >= 0.75).sum(),
          'buenos': np.logical_and(0.50 <= improvement, improvement < 0.75).sum(),
          'satisfactorios': np.logical_and(0.25 <= improvement, improvement < 0.
→50).sum(),
          'pobres': (improvement < 0.25).sum()}
```

Para ver los porcentajes de mejora por categorías, dividiremos el total de pacientes en cada categoría por el número total de pacientes.

```
[10]: n_patients = data['EVA pre'].count()

n_patients
```

```
[10]: 132
```

De esos 132 pacientes, vamos a mirar su mejoría no solo para el momento post-tratamiento, sino para todos los momentos posteriores también.

Definimos la siguiente función para calcular de golpe los resultados del cambio de una medida (measure en la función) dada (como el EVA) de *pre*-tratamiento a otros tiempos (ts en la función):

```
[11]: from IPython.display import Markdown

def print_results(measure, ts):
    result_values = results(np.zeros(1)).keys()
    text = '| |' + '|'.join(result_values) + '\\n'
    text += ('|---' * (len(result_values) + 1)) + '\\n'
    for t in ts:
        improvement = (measure('pre') - measure(t)) / measure('pre')
        value = lambda v: '%d (%.0f%%)' % (v, 100 * v / n_patients)
        values = '|'.join(value(v) for v in results(improvement).values())
        text += '| ' + t + '| ' + values + '\\n'
    return Markdown(text)
```

Al aplicarla a la medida del EVA, obtenemos:

```
[12]: def eva(t):
        return data['EVA %s' % t]

print_results(eva, ['pos', '+1m', '+3m', '+6m', '+12m'])
```

```
[12]:
```

	muy buenos	buenos	satisfactorios	pobres
pos	35 (27%)	16 (12%)	57 (43%)	24 (18%)
+1m	59 (45%)	42 (32%)	20 (15%)	11 (8%)
+3m	84 (64%)	21 (16%)	8 (6%)	19 (14%)
+6m	91 (69%)	15 (11%)	9 (7%)	17 (13%)
+12m	96 (73%)	12 (9%)	7 (5%)	17 (13%)

## 1.2 Mejora del ODI

Una vez preparado el cálculo para el EVA, podemos hacerlo para la mejora del ODI de forma similar:

```
[13]: def odi(t):
        return data['ODI %s' % t]

print_results(odi, ['+3m', '+6m', '+12m'])
```

```
[13]:
```

	muy buenos	buenos	satisfactorios	pobres
+3m	74 (56%)	27 (20%)	12 (9%)	19 (14%)
+6m	83 (63%)	23 (17%)	8 (6%)	18 (14%)
+12m	86 (65%)	24 (18%)	4 (3%)	18 (14%)

## 1.3 Mejora del EQ-5D

Para encontrar la mejora en el promedio de las categorías que mide el EuroQol-5D, podemos definir la siguiente medida, que tiene en cuenta que el valor mínimo para cualquiera de las categorías es 1 (y no 0) a la hora de ver la mejora:

```
[14]: def eq(t):
        return sum(data['EQ%s %s' % (x, t)] - 1 for x in 'mo do cp ad ac'.split())

print_results(eq, ['+3m', '+6m', '+12m'])
```

```
[14]:
```

	muy buenos	buenos	satisfactorios	pobres
+3m	50 (38%)	46 (35%)	20 (15%)	16 (12%)
+6m	77 (58%)	27 (20%)	12 (9%)	16 (12%)
+12m	91 (69%)	17 (13%)	9 (7%)	15 (11%)

## 2 Pruebas estadísticas

Los resultados de cómo ha disminuido el dolor, ha aumentado la capacidad de los pacientes y ha mejorado su calidad de vida saltan a la vista. Claramente no se trata de una fluctuación estadística, sino que la inmensa mayoría de los pacientes han mejorado (y mucho) tras el tratamiento.

Aún así, nos queremos preguntar cómo de estadísticamente significativa es esta afirmación. Lo podemos ver por ejemplo haciendo una prueba de los rangos con signos de Wilcoxon.

Para ello podemos usar el módulo de estadística de `scipy`.

```
[21]: from scipy.stats import wilcoxon
```

### 2.1 EVA

Al aplicar la prueba a la diferencia en el EVA *pre* y *pos* tratamiento, tenemos el siguiente p-valor:

```
[16]: wilcoxon(eva('pos') - eva('pre')).pvalue
```

```
[16]: 3.5399837645079586e-23
```

Es decir, la diferencia es significativa, con un p-valor menor que 5% (de hecho, es mucho menor, de  $3.5 \times 10^{-21}\%$ ).

Podemos obtener igualmente el p-valor de la prueba al comparar los distintos momentos en los que se ha medido el EVA respecto al pre-tratamiento.

```
[22]: def print_pvalue(measure, ts):
    text = ('| | pvalue |\n'
           '|---|---|\n')
    for t in ts:
        pvalue = wilcoxon(measure(t) - measure('pre')).pvalue
        text += '| ' + t + '| ' + '%g' % pvalue + ' |\n'
    return Markdown(text)

print_pvalue(eva, ['pos', '+1m', '+3m', '+6m', '+12m'])
```

```
[22]:
```

	<u>pvalue</u>
pos	3.53998e-23
+1m	2.39471e-23
+3m	7.51263e-22
+6m	1.46673e-21
+12m	<u>2.07682e-21</u>

### 2.2 ODI

Para ver los p-valores que comparan el ODI antes del tratamiento con los distintos momentos posteriores en los que se ha medido, lo haríamos de forma similar:

```
[24]: print_pvalue(odi, ['+3m', '+6m', '+12m'])
```

```
[24]:
```

	<u>pvalue</u>
+3m	6.41716e-23
+6m	2.92812e-22
+12m	2.00389e-22

### 2.3 EQ-5D

Finalmente, para verlos en cuanto a la mejora promedio de las categorías del EuroQol-5D, tenemos que es:

```
[25]: print_pvalue(eq, ['+3m', '+6m', '+12m'])
```

```
[25]:
```

	<u>pvalue</u>
+3m	3.49061e-23
+6m	1.43888e-22
+12m	1.02651e-22

## 3 Otras preguntas

Como ejemplo de cómo contestar a otras preguntas manejando los datos en este entorno, vamos a contestar la siguiente pregunta: ¿cuántos pacientes no han mejorado?

Podemos ver el número de pacientes con igual o más dolor justo después de la operación:

```
[18]: (eva("pos") >= eva("pre")).sum()
```

```
[18]: 2
```

El número de pacientes con igual o más dolor a los 3 meses de la operación:

```
[19]: (eva('+3m') >= eva('pre')).sum()
```

```
[19]: 11
```

¿Qué pacientes y qué medidas de intensidad del dolor tenían igual o más dolor a los 12 meses?

```
[26]: data[(eva('+12m') >= eva('pre'))][['EVA pre', 'EVA pos', 'EVA +3m', 'EVA +12m']]
```

```
[26]:
```

	EVA pre	EVA pos	EVA +3m	EVA +12m
Id				
26	7.0	3	8	8
27	7.0	0	7	7
37	8.0	6	8	8
45	8.0	6	8	8

50	7.0	4	7	7
58	8.0	4	7	8
65	7.0	4	7	7
67	9.0	5	8	9
72	8.0	5	8	8
96	9.0	7	9	9
100	8.0	6	8	8
108	8.0	4	8	8
112	9.0	7	8	9
121	8.0	6	6	8

Podemos encontrar quiénes son estos pacientes mirando a quienes corresponden esos Id en los datos originales. Estos pacientes podrían ser candidatos para hacerles un seguimiento más detallado, y entender si hay alguna razón especial por la que el tratamiento no tuvo el resultado deseado en ellos.

Por otro lado, para la mayoría de los pacientes el tratamiento tuvo un gran éxito, como podemos ver de forma resumida por ejemplo con este violin plot:

```
[41]: labels = ['EVA pre', 'EVA pos', 'EVA +1m', 'EVA +3m', 'EVA +6m', 'EVA +12m']
plt.violinplot(data[labels])
plt.xticks(range(1, 1 + len(labels)), labels);
```

