

Resonancia magnética de la columna lumbar intervenida por hernia discal

PEDRO ANTONIO NARANJO SANTANA

RESUMEN

El estudio mediante Resonancia Magnética es el método diagnóstico primordial para diferenciar la hernia discal recurrente y fibrosis epidural postquirúrgica, causas más frecuentes de recidiva de la sintomatología después de la intervención por hernia discal.

En el estudio realizado se valoran las características diferenciales entre ambas entidades patológicas. La hernia recurrente se aprecia como una zona de baja intensidad de señal a nivel de la discectomía que presenta desplazamiento de las estructuras vecinas y escaso realce tras la administración de contraste intravenoso. La fibrosis no muestra desplazamiento y un importante realce postcontraste. En la laminectomía se aprecia una fibrosis con realce tras la inyección de contraste que disminuye con el tiempo transcurrido desde la intervención.

Los pacientes que realizan esfuerzo físico en su trabajo habitual tienen peor resultado quirúrgico que aquellos que son sedentarios. Apreciándose mejoría en los pacientes que son reintervenidos cuando presentan hernia discal recurrente que por fibrosis epidural postquirúrgica.

ABSTRACT

Magnetic Resonance of the Spine after Operations for Slipped Disc

Magnetic Resonance is the main diagnostic tool used to differentiate recurrent herniated disc or slipped disc from post-surgical epidural fibrosis which are the most frequent causes of reappearance of the symptomatology after operations for slipped discs. In this study, an evaluation of the different characteristics of both pathologies is carried out. Recurrent hernia can be detected as a low intensity signal around the area of the discectomy producing a shifting of the surrounding structures and a slight increase after administration of intravenous contrast medium. With fibrosis, the shifting does not occur and there is a notable increase in the intensity of the signal after administration of the contrast medium. In the laminectomy, increased fibrosis after the injection of the contrast medium can be clearly discerned. This decreases in correspondence to the length of time after the operation. Patients who have to make physical efforts in their everyday work offer worse surgical results than those who carry out sedentary jobs. There is an improvement to be seen in patients who are reoperated after detection of recurrent herniated disc which is not to be seen in the case of the patients with post-surgical epidural fibrosis.

CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA EN RESONANCIA MAGNÉTICA

La imagen en Resonancia Magnética (RM) se obtiene de la señal del protón de los núcleos de los átomos, utilizándose el átomo de hidrogeno para tal fin debido a que tiene un protón en su núcleo y ser el más abundante (10^9 por mm^3) en el organismo.

El protón se encuentra girando sobre sí mismo y produce una fuerza resultante o *momento magnético* perpendicular al plano de giro. Cuando se introduce a un paciente en el interior de un imán los momentos magnéticos de los protones que en él se encuentra se orientan en dirección del campo magnético del imán, ocurriendo la *magnetización*, de manera que un poco más de la mitad se orientan en el sentido del campo magnético alcanzando un *equilibrio magnético*. La frecuencia a la que giran los protones en el interior de un imán esta deter-

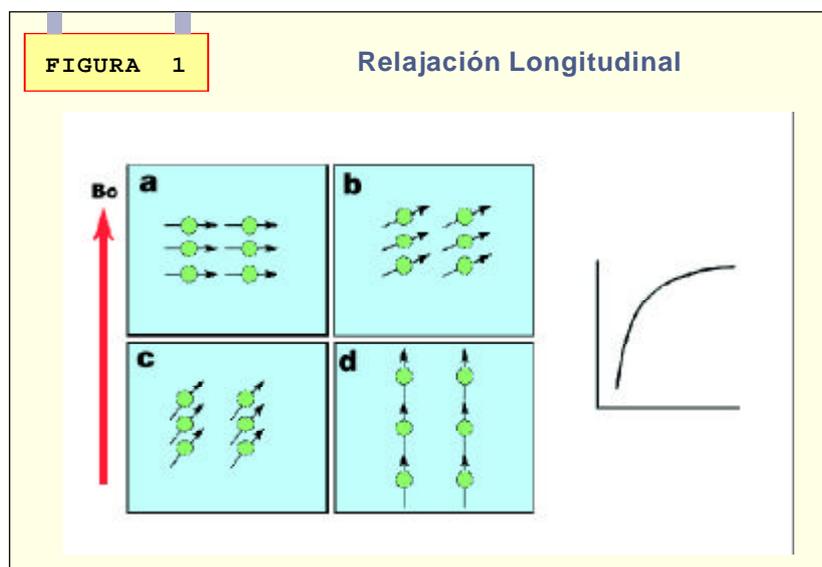
minada por la fuerza del campo magnético (B_0) y la naturaleza del protón (g), descrita por la ecuación de Larmor.

$$\omega = g \cdot B_0$$

Cuando se aplica una radiofrecuencia a la frecuencia de Larmor y con una duración adecuada, la magnetización del protón se inclina al plano transverso. En el momento en que cesa la radiofrecuencia la magnetización tiende a regresar al plano longitudinal, a la dirección del campo magnético del imán. El tiempo que tarda en recuperar el 63% de la magnetización longitudinal se denomina *relajación longitudinal* o T_1 (Fig. 1). Al mismo tiempo, por la interacción de los protones con las macro-moléculas de su alrededor se pierde magnetización transversal. El tiempo requerido para que decaiga la magnetización transversal al 37% se define como *relajación transversal* o T_2 (Fig. 2). Según estas definiciones, el T_1 es un proceso ascendente de recuperación de magnetización longitudinal, y el T_2 es descendente con pérdida de magnetización transversal.

Los distintos tejidos del organismo tienen diferentes tiempos de relajación en relación con el contenido en macromoléculas que los compongan, de manera que pueden apreciarse con distintas intensidades de señal.

El T_1 y el T_2 , contribuyen a la señal que puede emitir los distintos tejidos del organismo. Se han diseñado distintos tipos de secuencia de pulso de radiofrecuencia que potencian el efecto T_1 , el T_2 o la densidad protónica (DP). En imágenes potenciadas en T_1 los tejidos con tiempo de relajación corto aparecen brillantes (como la grasa) y los de tiempo de relajación largo (como el Líquido Cefalorraquídeo, LCR) se aprecian oscuros. Las imágenes potenciadas en T_2 de los tejidos con tiempo de relajación corto se manifiestan oscuros, siendo brillantes los de tiempo de relajación largo. Las imágenes en DP son similares a las imágenes potenciadas en T_1 , con la posibilidad de diferenciar en ocasiones ciertos tejidos (como la sustancia blanca y sustancia gris, en el cerebro) y el tejido normal del patológico, por la cantidad de protones que en ellos se encuentran.



INSTRUMENTACIÓN

El equipo de RM esta formado principalmente por (Fig. 3): Un **imán** que produce un campo magnético potente y uniforme para inducir la magnetización de los tejidos en él introducidos. La potencia de estos se miden en Teslas (T) o Gauss (equivaliendo 1 T a 10^4 Gauss). Como comparación de la potencia sirva los ejemplos del campo magnético

de la Tierra que es de 0,3 a 0,7 Gauss y el imán de la puerta de un electrodoméstico con 100 Gauss aproximadamente.

Existen tres tipos de imanes permanentes, resistivos y superconductivos. El imán utilizado para realizar las exploraciones en este estudio es de tipo superconductor, construido con unas bobinas de cobre en aleación con un conductor especial de la corriente, por ejemplo Niobio y Titanio, necesitando baja temperatura para la pérdida de resistencia a la corriente eléctrica produciendo un campo magnético uniforme y constante. Este tipo de imán puede alcanzar hasta 4 T.

Las **bobinas de gradiente** se activan durante un tiempo muy corto (milisegundos) originando un campo magnético pequeño de 1-15 mT/m limitándolo a una zona determinada. Con ellas se selecciona la localización deseada en un plano determinado.

Las **bobinas de radiofrecuencia** son de dos tipos, unas que emiten la RF que excitan a los protones e inclinan la magnetización al plano transversal, *bobinas de transmisión*, el otro tipo son las *bobinas receptoras de RF* que captan la señal emitida por el paciente, existiendo bobinas receptoras solamente o emisoras y receptoras, con diversas formas y tamaño.

LA IMAGEN EN RM

En la formación de la imagen en RM interviene la aplicación de la RF y las bobinas de gradientes, con la aplicación de estas úl-

FIGURA 2

Relajación Transversal

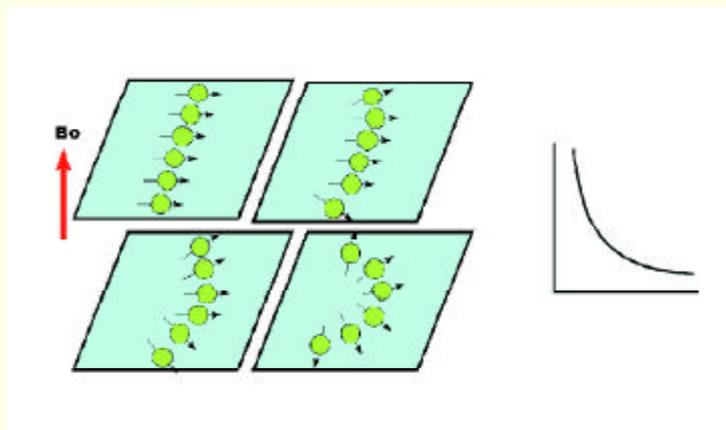
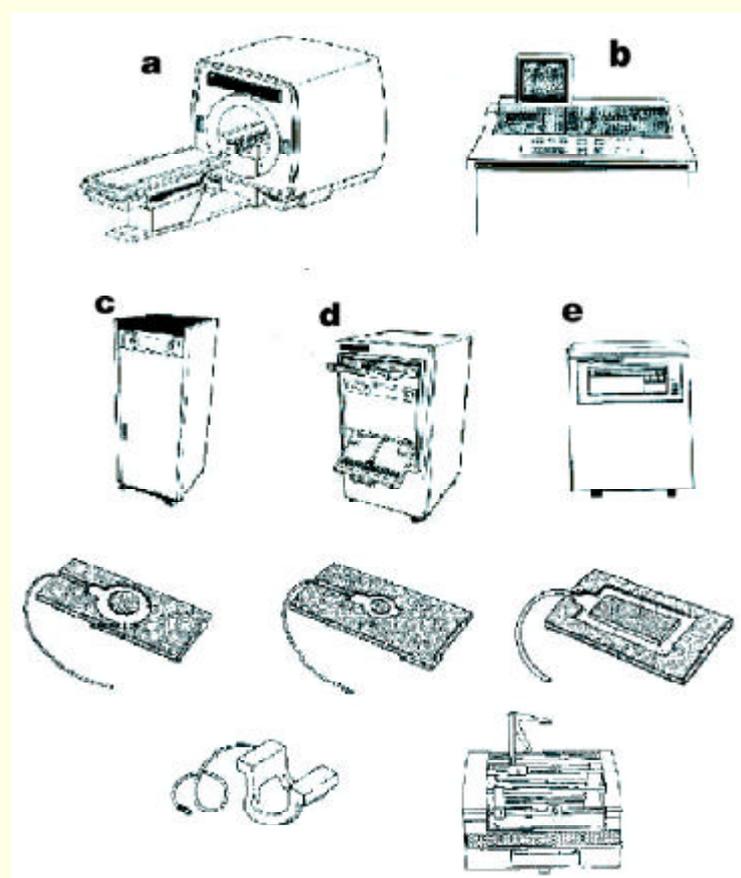


FIGURA 3

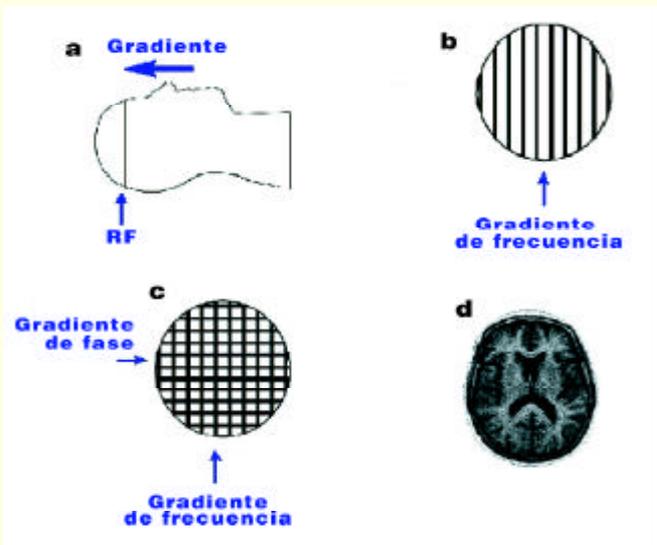
Instrumentación



a) Imán, b) Consola del operador, c) Ordenador, d) Láser de placas, e) Disco óptico de almacenamiento.
Distintas bobinas receptoras

FIGURA 4

Formación de la imagen



timas crean bandas en el sentido de la frecuencia y en la dirección de la fase. De forma que originan entre todos ellos un cubo (Fig. 4) que representa en la imagen resultante un punto o «pixel». El tamaño del pixel depende del campo de visión (Field of view, FOV) y el número de bandas en la fase y en la frecuencia (matriz de adquisición de imagen), resultando que:

$$\text{Tamaño del pixel} = \frac{\text{FOV}}{\text{Tamaño de Matriz}}$$

En un mismo FOV si reducimos la matriz de adquisición el tamaño del pixel es mayor, presentando menor resolución. Cuando existe la misma matriz de adquisición y el FOV se va reduciendo existe mayor resolución.

Cada matriz de adquisición puede ser repetida, o excitada, un número de veces (número de excitaciones, NEX) elegido por el operador, de manera que cuantos más NEX se utilicen mejor resolución tiene la imagen, pero

se multiplica el tiempo de exploración tantas veces como números de NEX sean aplicados. El tiempo de duración de una secuencia queda determinado por el tiempo de repetición (TR) de la secuencia (que son las veces que se aplica la radiofrecuencia), la matriz de adquisición en fase y los NEX utilizados, siendo proporcional a los valores aplicados en esas variables.

SECUENCIAS DE PULSO

Los pulsos de RF se emiten al paciente agrupados formando secuencias. Las secuencias de pulso han evolucionado mucho existiendo múltiples variantes de ellas que son desarrolladas a partir de tres primarias que son las secuencias de spin eco (SE), inversión recuperación (IR) y gradiente eco (GE).

La *secuencia de SE* agrupa un pulso de RF que inclina la magnetización 90° seguido de un pulso de 180° , con posterior recepción del eco de la señal. Estos pulso se repiten a un Tiempo de Repetición (TR) recibiendo la señal en un Tiempo de Eco (TE). Variando el TR y el TE se tiene información de los tejidos en T_1 , DP o en T_2 . Cuando el TR es corto (600 msec) y el TE es corto (20-30 msec) la secuencia se potencia en T_1 , si el TR es largo (mas de 1800 msec) y el tiempo TE es corto la secuencia esta potenciada en DP y si en TR es largo y el TE largo (mayor de 85 msec) la imagen resultante es en T_2 .

La *secuencia de IR* aplica un pulso de RF de 180° , después de un tiempo de inversión (TI) se emite un pulso de 90° con el fin de inclinar la magnetización al plano transversal y posteriormente un pulso de 180° , a continuación se forma una señal a un TE. En este tipo de secuencia, el TR es largo pudiéndose potenciar en T_1 o en T_2 según el TE, teniendo un papel importante el TI. En la secuencia con TI corto (100-200 msec) y TE corto se suprime la señal de la grasa (Short TI inversion recovery, STIR); en aquellas con TI largo (mayor de 2500 msec), TE largo (120 msec) y TR muy largo (10000 msec) se atenúa la señal de los líquidos (Fluid attenuated inversion recovery, FLAIR).

La *secuencia de GE* se desarrolla con el fin de obtener imágenes en poco tiempo. Mediante la aplicación de los gradientes que sustituyen a los pulsos de 180° , se produce un eco de la magnetización transversal sin la intervención de la magnetización longitudinal. El pulso de RF aplicado es inferior a 90° .

El predominio de la señal en T_1 , DP o T_2 no depende únicamente del TR y TE, sino también del ángulo seleccionado. De esta manera, si el ángulo es mayor de 45° y el TE es corto predomina la señal en T_1 . A medida que disminuye el ángulo se tiende a cancelar el contraste de imagen en T_1 y se potencia en DP. Cuando se hace inferior a 25° y el TE se alarga (aunque son valores muy cortos de TE, menos de 60 mseg) tiende a ser T_2^* . La intensidad de señal es diferente a las secuencias anteriores, el flujo de arterias y venas tiende a ser brillante, las sustancias con efectos paramagnéticos (hemosiderina) aparecen oscuras y en ocasiones producen artefactos, no existe diferencia entre músculo y grasa, apareciendo con señal intermedia.

AGENTES DE CONTRASTE EN RM

De los compuestos investigados con capacidad de contraste en RM, los quelatos de Gadolinio (Gd) son los que cumplen los criterios de seguridad establecidos. En España comenzaron a comercializarse desde 1993.

La dosis recomendada es de 0,1-0,2 mmol/Kg, aunque en estudios específicos se han alcanzado hasta 0,5 mmol/Kg. La dosis letal de estos quelatos de Gadolinio oscila entre 10-15 mmol/Kg, muy por encima a la dosis utilizada habitualmente para el diagnóstico.

Los quelatos de Gadolinio se administran por vía intravenosa, pasan al torrente sanguíneo y a



nivel capilar atraviesan su pared y se acumulan en el tejido intersticial. En aquellas circunstancias en las que se ven aumentados el tejido intersticial, la vascularización de la zona y la permeabilidad capilar (patología tumoral, cicatriz, etc) se produce mayor acúmulo de contraste, produciendo un acortamiento en los tiempos de relajación T_1 y T_2 (con mayor efecto T_1 que T_2), expresado en un aumento de intensidad en las secuencias T_1 y disminución de intensidad en T_2 . No sufren biotransformación, no encontrándose Gadolinio libre en sangre. La excreción renal es del 80% en 3 horas. A los 7 días el 90% se ha excretado por orina, el 7% por heces y menos de 0,3% permanece en el organismo (0,08% en hígado y 0,1% en riñones).

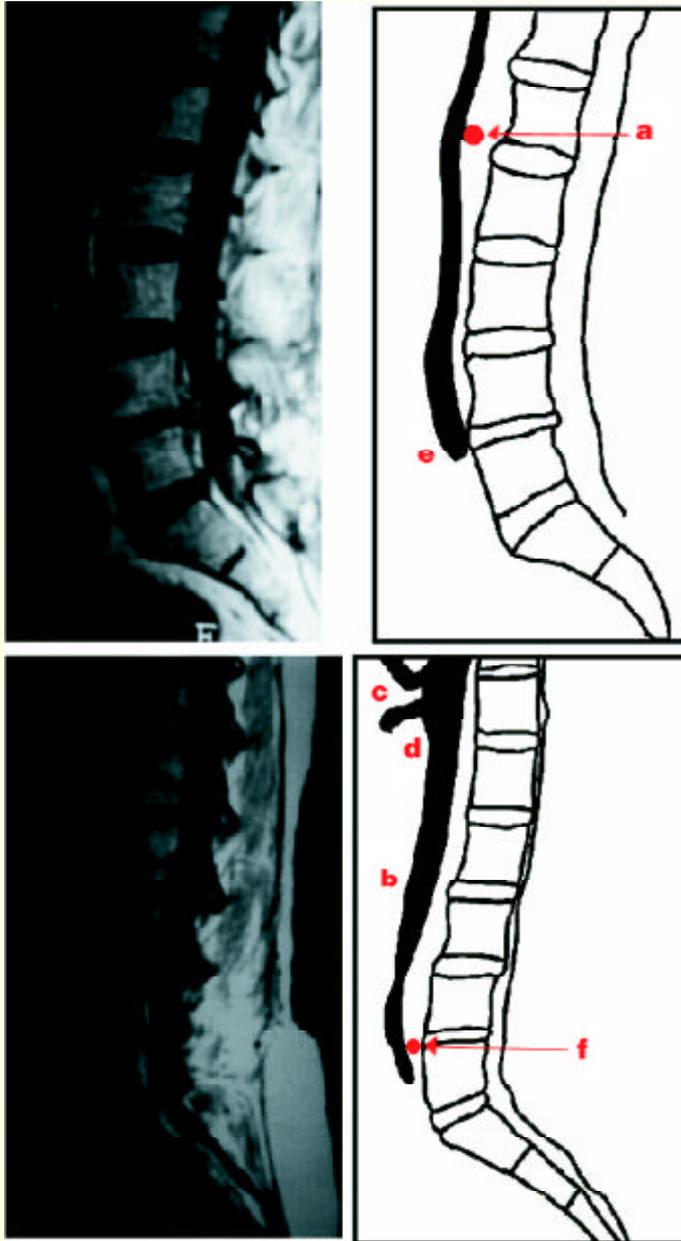
La secuencia óptima para valorar la existencia de realce de la intensidad en los distintos tejidos tras la inyección de

contraste intravenoso es la secuencia potenciada en T_1 .

ANATOMÍA DE LA COLUMNA LUMBAR EN RM

Anatomía normal

Podemos diferenciar los cuerpos vertebrales, pedículos, láminas y apófisis espinosas con alta señal en T_1 y baja en T_2 , el periostio es oscuro en ambas secuencias, el disco intervertebral tiene señal intermedia en T_1 y alta en T_2 , la grasa se aprecia con alta señal en T_1 y gris en T_2 , la musculatura con baja señal tanto en T_1 como T_2 y los ligamentos se aprecian con baja señal en ambas secuencias excepto el ligamento amarillo que aparece con señal intermedia en ambas secuencias (Fig. 5). Además podemos apreciar los grandes



a) Arterial Renal Derecha, b) Aorta, c) Tronco Celiaco, d) Arteria Mesenrérica, e) Vena Cava, f) Vena Iliaca Izquierda

vasos: aorta, tronco celiaco, arteria mesentérica superior, vena cava y detrás de la vena cava la arteria renal derecha (Fig. 6). Se puede observar el saco tecal y las vainas radiculares con baja señal en T_1 y alta en T_2 .

La intensidad de las vértebras depende del contenido en medula roja (más oscura en ambas secuencias) o amarilla (más clara en secuencias de T_1) en relación con la edad del paciente, las personas jóvenes presentan mayor contenido en medula roja

y las mayores tienen mayor cantidad de medula amarilla. Los discos intervertebrales formados por el anillo fibroso (en la periferia) y el núcleo pulposo (en el centro), tienen alto contenido en agua, fibras de colágeno y proteoglicanos. En relación con el grado de degeneración discal va perdiendo su estructura inicial y contenido en agua, apreciándose menor intensidad en T_2 .

Cambios producidos tras una intervención por hernia discal

En la degeneración discal se produce la rotura del anillo fibroso del disco por donde el núcleo pulposo se hernia hacia el canal vertebral, produciendo sintomatología cuando comprime una raíz nerviosa, llevando en muchas ocasiones a realizar una intervención quirúrgica. Después de la cirugía se producen unos cambios morfológicos dependiendo del tipo de intervención realizada, se puede apreciar una erosión de la lámina y ausencia de ligamento amarillo cuando se realiza una laminotomía y flavectomía, ausencia de una o de ambas láminas en las laminectomías, ausencia de la apófisis espinosa cuando se reseca la misma, además se puede apreciar acúmulo de hemosiderina en la entrada quirúrgica que puede ocasionar artefacto. En la zona de entrada quirúrgica y en la porción anterior del saco tecal, en la zona de la discectomía, se aprecia una fibrosis que en los primeros días produce efecto masa con desplazamiento del saco tecal y que con el paso del tiempo reduce su tamaño disminuyendo el efecto masa.

La recidiva de la sintomatología tras una intervención por hernia discal es causada por múltiples patologías, entre las más frecuentes y que presentan dificultad diagnóstica entre ellas, están la fibrosis epidural postquirúrgica y la hernia discal recurrente. Ambas entidades patológicas se presentan como una masa de partes blandas en el espacio epidural anterior, a nivel de la discectomía, con la misma intensidad en imágenes T₁. La diferencia se ha planteado por la morfología de ambas patologías. La hernia discal recurrente tiene unos bordes regulares, con efecto masa que desplaza el saco tecal y la vaina radicular descendente, presentando continuidad con el disco intervertebral y escaso realce tras la administración de contraste. La fibrosis se presenta con bordes irregulares, con retracción del saco tecal y vaina radicular descendente, sin continuidad con el disco de origen y tras la administración de contraste se realza su intensidad de señal. Las dosis de Gadolinio utilizada en diversos estudios oscila entre 0,1 y 0,3 mmol/kg con una aproximación diagnóstica idéntica.

A nivel de la laminectomía se forma una fibrosis que se realza tras la administración de gadolinio, disminuyendo este realce cuando transcurre el tiempo desde la intervención. Se ha relacionado la disminución del realce de la fibrosis epidural anterior con el tiempo transcurrido desde la intervención, aunque hay autores que no encuentran dicha relación observando realces hasta 20 años después de la cirugía.

La diferenciación de la fibrosis epidural de la recidiva de la hernia discal es importante, ya

que la reoperación de la fibrosis tiene un resultado pobre e incluso con mayor formación de fibrosis, la hernia discal recurrente tiene un buen resultado, con remisión de la sintomatología. Los criterios morfológicos son inconstantes, siendo más estable el realce de la fibrosis. El estudio de RM sin y con contraste presenta una precisión del 79 al 96% en la distinción entre hernia discal recurrente y fibrosis epidural postquirúrgica. La secuencia postcontraste debe ser inmediata, antes de 20 mn, porque en 30 mn se aprecia realce del disco intervertebral, sobre todo cuando se utiliza dosis alta de contraste. La concordancia de la RM con la cirugía para la hernia discal recurrente es del 88-94% y para la fibrosis epidural postquirúrgica del 67%. Aunque existen estudios que no encuentran relación entre la sintomatología con la presencia de fibrosis epidural se sigue catalogando como una de las causas del dolor de espalda después de una intervención de hernia discal.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las hipótesis planteadas están enfocadas a:

1. Demostrar si existe diferencia entre hombres y mujeres de las alturas de los tres últimos discos intervertebrales y agujeros de conjunción. Y comprobar la relación de estas dimensiones con la degeneración discal.
2. Evaluar la relación entre la existencia de vértebra de transición con el nivel de la lo-

calización de la arteria renal derecha y cono medular.

3. Ver el comportamiento tras la inyección del medio de contraste intravenoso de la masa de partes blandas a nivel de la discectomía como a nivel de la laminectomía; y la relación de la primera con el diagnóstico de presunción de hernia discal recurrente y fibrosis epidural postquirúrgica.
4. Calcular la relación de las características morfológicas de hernia discal recurrente y fibrosis epidural postquirúrgica con la masa de partes blandas a nivel de la discectomía.
5. Determinar la influencia del tiempo transcurrido desde la intervención en el realce de la masa de partes blandas a nivel de la discectomía y laminectomía.
6. Hallar la correspondencia de la sintomatología del paciente con el diagnóstico previo y con la evolución postquirúrgica.
7. Valorar la relación de la evolución de la sintomatología postquirúrgica con la ocupación del paciente y el diagnóstico previo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población Estudiada

Se estudian mediante RM a 154 pacientes con recidiva sintomática después de ser intervenidos de hernia discal lumbar: 70 mujeres y 84 hombres. Las exploraciones se realizaron en-

tre los meses de Noviembre de 1991 hasta Diciembre de 1992.

El tiempo transcurrido desde la intervención y la realización de la exploración de RM se ha dividido en los siguientes grupos: <3 meses, 3-6 meses, 6-12 meses, 1-2 años y > 2 años.

Se ha realizado una encuesta a los pacientes en el momento de la exploración y actualizada en Mayo-Julio de 1997. En ésta se incluye el tipo de trabajo realizado (ama de casa, trabajo sedentario y trabajo pesado), la sintomatología de dolor del paciente (si es derecha, izquierda, bilateral) y el estado del paciente en su vertiente económica y funcional, según el sistema de puntuación elaborado por Prolo (Tabla 1)

La puntuación obtenida del estado económico y funcional de los pacientes se suman, con el valor obtenido se puede evaluar el resultado de las intervenciones:

Excelente (puntuación de 9 a 10);
Bueno (puntuación de 7 a 8);
Regular (puntuación de 5 a 6);
Pobre (puntuación de 2 a 4).

De los 154 pacientes han sido intervenidos después de la exploración realizada 32, hasta Julio de 1997, fecha final de recogida de datos.

Técnica de RM

Las exploraciones en RM se obtuvieron con un equipo MR-MAX (GE Medical System, Milwaukee), con un imán superconductor de 0,5 T. Se ha utilizado una bobina de superficie de 13 x 30 cm centrada a nivel lumbar. La técnica de RM utilizada ha sido: secuencia de SE potenciada en T₁ en plano sagital y axial, además de secuencia GE potenciada en T₂* sin contraste en plano sagital.

Como medio de contraste se ha utilizado Gd-DTPA (Magnevist, Laboratorios Schering, Berlin) a una dosis única de 10 ml en todos los pacientes, de 0,04-0,12 mmol/Kg.

Estudio Anatómico

Se realiza un estudio anatómico de los tres últimos discos intervertebrales y agujeros de conjugación en las secuencias SE potenciada en T₁ sin

TABLA 1

Escala de Puntuación de Seguimiento Funcional y Económico. Prolo (1986)

Puntuación	Criterio
ESTADO ECONÓMICO	
1	Invalidez Total.
2	Sin ocupación remunerada, incluyendo la habilidad del trabajo del hogar o actividades en la jubilación.
3	Habilidad para trabajar, pero no en la ocupación previa.
4	Trabaja en la ocupación previa a tiempo parcial o con limitaciones
5	Trabaja en la ocupación previa sin restricciones.
ESTADO FUNCIONAL (SOCIAL)	
1	Incapacidad Total (peor que antes de la intervención).
2	Dolor moderado o ciática igual que antes de la intervención, siendo capaz de realizar las actividades cotidianas.
3	Bajo nivel de dolor, puede realizar todas las actividades, excepto deporte.
4	Sin dolor pero con una o más recurrencias.
5	Recuperación completa, sin episodios de recurrencia del dolor de espalda y realizar actividad deportiva.

contraste, midiéndose las alturas tomando como referencia los bordes de los mismos.

En la secuencia SE potenciada en T_1 , en el plano sagital, se valora el nivel hasta donde llegan el cono medular y la arteria renal derecha. Se han observado las radiografías simples de la columna lumbar en proyección antero-posterior de 78 pacientes con el fin de comprobar la existencia de vértebra de transición (lumbarización de la primera vértebra sacra o sacralización de la quinta vértebra lumbar).

Intensidades de Señal y Realce de Intensidades

Las intensidades de señal (i.s.) se miden seleccionando una zona de interés, en secuencias SE (sin y con contraste), en plano axial se obtiene a nivel de las masas de partes blandas a nivel de la discectomía y de la laminectomía.

En plano sagital, secuencia GE potenciada en T_2^* se obtiene la i.s. del disco intervertebral y se clasifica la degeneración discal según la misma como: normal (disco hiperintenso), degeneración moderada (con ligera hipointensidad) y severa (disco hipointenso).

El realce a nivel de las distintas zonas se valora mediante la proporción de la diferencia entre las intensidades, postcontraste y precontraste, y la intensidad previa a la administración del contraste.

$$\text{Realce} = \frac{IS \text{ postcontraste} - IS \text{ precontraste}}{IS \text{ precontraste}}$$

Análisis Estadístico

Las dimensiones obtenidas se expresan mediante un intervalo de confianza del 95%.

En el estudio estadístico se realizan diferentes tests según el tipo de datos a confrontar y la valoración a realizar.

El *test de independencia de la Ji Cuadrado* se utiliza cuando se relacionan variables cualitativas tales como los niveles del cono medular y de la arteria renal derecha, con la existencia de vértebra de transición (lumbarización o sacralización). Se emplea para la relación de la sintomatología del paciente con la localización de la masa de partes blandas, así como para comparar la Escala de Puntuación de Seguimiento Funcional y Económico de Prolo con el diagnóstico realizado mediante RM y cirugía. Otra aplicación es la de relacionar el tipo de trabajo del paciente con la puntuación obtenida en la Escala de Prolo. También cuando se compara las características morfológicas de la masa de partes blandas a nivel de la discectomía, con el diagnóstico probable y el quirúrgico. En la tabla de contingencia obtenida para comparar el diagnóstico de presunción y el obtenido mediante cirugía, se valora la sensibilidad y especificidad de la RM en el diagnóstico de la fibrosis epidural y la hernia discal postoperatoria.

El *análisis de la varianza de datos apareados con el intervalo de confianza de Bonferroni* y el *test de la t de Student de datos apareados* se aplican para comparar si las

dimensiones de los discos y agujeros de conjunción son idénticos en los tres niveles estudiados. Primero se aplica el análisis de la varianza de datos apareados con el intervalo de confianza de Bonferroni (A.V.D.A. con i.c. de Bonferroni), si resulta significativo, indica que al menos uno de los tres valores es diferente, posteriormente se comparan dos a dos mediante la t de Student de datos apareados (T.S.D.A.).

El test de la *t de Student de datos independientes* se utiliza para comprobar si los valores de las dimensiones de los discos intervertebrales y agujeros de conjunción son distintos entre ambos sexos. También lo empleamos para verificar si el realce en la masa de partes blandas a nivel de la discectomía, se relaciona con la fibrosis epidural y hernia discal recurrente tanto en los 32 pacientes intervenidos como en el total de los pacientes.

Aplicamos el *coeficiente de correlación lineal de Pearson* para relacionar la dosis de gadolinio utilizada con el realce obtenido la masa de partes blandas en la laminectomía y a nivel de la discectomía.

Utilizamos el *análisis de la varianza de datos independientes* para valorar la diferencia entre la degeneración discal con la altura de los discos intervertebrales y los agujeros de conjunción estudiados. También se ha aplicado para evaluar la existencia de relación del tiempo transcurrido desde la intervención con el realce de la laminectomía y de la masa de partes blandas a nivel de la discectomía.

TABLA 2

Alturas en cm de los Discos Intervertebrales por Sexo

Disco	Hombres I.C. 95%	Mujeres I.C. 95%	p
L ₃	1,11-1,19	1,02-1,11	<0,05
L ₄	0,94-1,05	0,87-1,07	N.S.
L ₅	0,88-0,99	0,80-1,00	N.S.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tres últimos *discos intervertebrales* lumbares se obtienen los siguientes resultados de las dimensiones de las alturas y de los tests de la T.S.D.I. para comprobar la existencia de diferencia entre ambos sexos (Tab. 2). Resulta significativa la diferencia entre sexos el diámetro medido del disco intervertebral L₃, no así para las dimensiones de los discos L₄ y L₅.

Se realiza el A.V.D.A. con i.c. de Bonferroni para contrastar esta dimensión en los tres niveles resultando significativo.

Comparando dos a dos con la T.S.D.A. muestra significación estadística, apreciándose que el disco intervertebral a medida que se desciende de nivel tiene una altura menor.

Se practica el análisis de la varianza de datos independientes (A.V.D.I.) para valorar la existencia de relación de las alturas con la degeneración discal, resultando con significación estadística en los tres niveles. Observándose que disminuyen de altura en relación con el grado de degeneración discal, resultando menor cuanto más afecto se encuentra el disco.

La altura de los agujeros de conjunción y la diferencia entre los sexos mediante el test

de la T.S.D.I. han sido los reflejados en la Tabla 3.

No existiendo diferencia entre sexos. Aplicando el A.V.D.A. con i.c. de Bonferroni para comparar estas dimensiones entre los tres niveles de cada lado resulta significativo. Los tests de la T.S.D.A. que valoran las diferencias dos a dos de los niveles estudiados resultan significativos en cada lado, apreciándose menos altura cuando se desciende de nivel.

La relación de las alturas de los agujeros de conjunción con la degeneración discal aplicando el A.V.D.I. resulta significativo en todos los niveles, con una disminución de altura debida a la reducción del tamaño del disco intervertebral.

Se estudia el nivel que alcanza el final del *cono medular* en relación con los cuerpos vertebrales dorsales y lumbares resultando lo expuesto en la tabla 4.

La aplicación del Test de Independencia de la Ji Cuadrado (T.i.J.c.) para valorar la existencia de diferencia entre sexos no resulta significativa.

La *arteria renal derecha* se aprecia a los siguientes niveles del raquis lumbar (ver tabla 5).

La diferencia entre sexos se comprueba mediante el T.i.J.c. resultando no significativo.

Cuando se revisan las historias clínicas de los pacientes en estudio se han podido corroborar, mediante radiografía simple antero-posterior de columna lumbar, 12 vértebras de transición (5 sacralizaciones y 7 lumbarizaciones) de 78 pacientes (15,4%), parecido a los

TABLA 3

Diámetro en cm de la altura de los Agujeros de Conjunción por Sexo

Nivel	Lado	Hombres I.C. 95%	Mujeres I.C. 95%	P
L ₃ -L ₄	Izquierdo	2,10-2,22	2,06-2,16	N.S.
	Derecho	2,06-2,27	2,05-2,18	N.S.
L ₄ -L ₅	Izquierdo	1,69-1,82	1,73-1,86	N.S.
	Derecho	1,70-1,86	1,79-1,92	N.S.
L ₅ -S ₁	Izquierdo	1,50-1,64	1,54-1,66	N.S.
	Derecho	1,44-1,61	1,45-1,60	N.S.

valores obtenidos por Hahn P. Y. et al (1992), Raltston M.D. et al (1992) y Spinal J.P. (1995).

Relacionando los niveles del cono medular y arteria renal derecha ante la sospecha de una vértebra de transición, aplicando el T.i.J.c. se obtiene significación estadística para el cono medular y arteria renal derecha. El cono medular alcanza hasta el nivel comprendido entre D_{12} - L_1 y L_1 - L_2 en el 85,7% de los pacientes estudiados. La arteria renal derecha es más constante en su localización presentándose desde el borde superior de L_1 hasta el borde inferior de L_2 en el 94,1%, esta condición no se cumple cuando existe hiperlordosis lumbar, riñón en herradura, nefrectomía derecha o riñón derecho pélvico. La situación del cono medular y con mayor seguridad, la arteria renal derecha, pueden hacer sospechar una vértebra de transición de forma que se puede realizar un diagnóstico correcto en cuanto a la localización (Fig. 7).

Los pacientes intervenidos en los Hospitales Públicos (Hospital Nuestra Sra. Del Pino y Hospital Insular de Gran Canaria), según la información facilitada por los Servicios de Neurocirugía y Traumatología de dichos hospitales, durante los años 1988-1992 muestran 916 intervenciones de columna lumbar por hernia discal, de las cuales 107 son reintervenciones. Estos datos nos indican que son reintervenidos el 12% de los pacientes frente al 21% que ha resultado en esta investigación, similar al estudio de Millette P.C. et al (1996) que presenta reintervención en el 20% de los pacientes de su estudio.

La masa de partes blandas que se aprecia a nivel de la

TABLA 4		Nivel alcanzado por el Cono Medular	
Nivel	Hombres	Mujeres	
D_{12}	8 (9,5%)	10 (14,3%)	
D_{12} - L_1	30 (35,7%)	23 (32,9%)	
L_1	35 (41,7%)	18 (25,7%)	
L_1 - L_2	10 (11,9%)	16 (22,9%)	
L_2	1 (1,2%)	3 (4,3%)	
TOTAL	84 (100%)	70 (100%)	

laminectomía en los pacientes intervenidos de hernia discal presenta un realce de 0,21-0,31. Se realiza el A.V.D.I. para contrastar el realce de esta zona con el tiempo transcurrido desde la intervención resultando con significación estadística, como han demostrado Ross J.S. et al (1989) y Nguyen C.M. et al (1993 y 1994) en sus estudios. El C.C.L.P. con la dosis de Gado-linio utilizado presenta significación estadística.

La masa de partes blandas a nivel de la *discectomía* cuando la sospecha diagnóstica es de hernia discal (29 pacientes) tiene

un realce de intensidad tras la inyección intravenosa de contraste de 0,09-0,31 y cuando la sospecha diagnóstica es de fibrosis epidural (125 pacientes) de 0,47-0,59. El estudio del realce de los 32 pacientes intervenidos con posterioridad a la realización de la RM cuando el diagnóstico quirúrgico es de hernia recurrente (19 pacientes) resulta de 0,18-0,49 y con la presencia de las fibrosis epidural (14 pacientes) es de 0,41-0,67. Los C.C.L.P. con la dosis de contraste no son significativos. Para contrastar el realce de intensidad a nivel de la discectomía con el diagnós-

TABLA 5		Nivel de Alcance de la Arteria Renal Derecha	
Nivel	Hombres	Mujeres	
L_5 - S_1	2 (4,5%)	2 (5,9%)	
S_1	4 (9,1%)	3 (8,8%)	
S_1 - S_2	34 (77,3%)	25 (73,5%)	
S_2	4 (9,1%)	4 (11,8%)	
TOTAL	44 (100%)	34 (100%)	

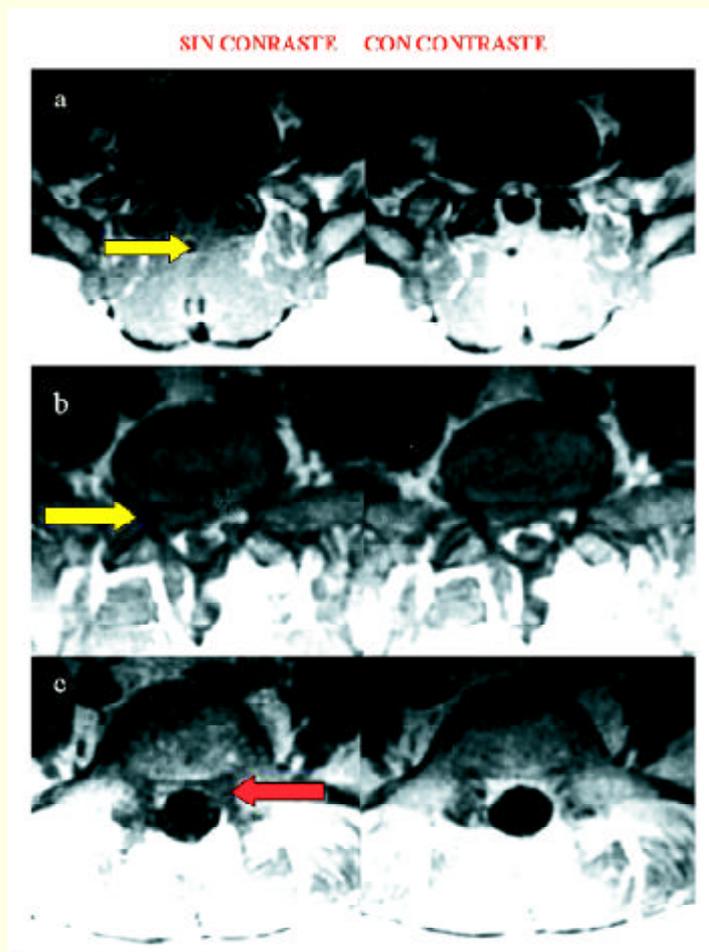
FIGURA 7

Sospecha de Vértebra de Transición según la localización de la arteria renal derecha



FIGURA 8

FALTA TÍTULO



a) Laminectomía, b) Hernia discal recurrente, c) Fibrosis epidural postquirúrgica.

tico previo a la reintervención se aplica el test de la T.S.D.I. resultando significativo. El mismo test se utiliza con los pacientes que presentan un diagnóstico quirúrgico resulta igualmente significativo. Cuando la sospecha diagnóstica es de hernia discal recurrente el realce que se produce es inferior que cuando se está en presencia de una fibrosis epidural (Fig. 8). El A.V.D.I. aplicado para verificar la relación entre el realce de la masa de partes blandas a nivel de la discectomía con el tiempo transcurrido desde de la intervención no es significativo tanto si se trata de fibrosis epidural como de hernia discal recurrente. El realce de la fibrosis epidural, respecto al de la hernia discal recurrente, es la variable más firme en el diagnóstico diferencial de ambas patologías, tanto en la sospecha diagnóstica como en el diagnóstico quirúrgico. Existen estudios, como los realizados por Ross J.S. et al (1989) y Glickstein H.F. et al (1991), Howard S.A. et al (1994) que encuentran disminución del realce respecto al tiempo de intervención, en cambio Modic M.T. (1989) menciona no encontrar esa relación.

Las diferencias morfológicas entre fibrosis epidural y hernia discal recurrente, en los casos de sospecha diagnóstica, se compara mediante el T.i.J.c. resultando significativa la diferencia de contornos (regular e irregular), el desplazamiento de la raíz descendente y desplazamiento del saco tecal, siendo no significativos la contigüidad con el disco intervertebral, la relación con el septo medio, retracción del saco, extensión, desplazamiento de la raíz de salida. Las diferencias morfológicas propuestas por Schubiger

O. et al (1980), Teplick J.G. (1983), Braun I.F. et al (1985), Firooznia H. et al (1987) y Ross J.S. et al (1987), se cumplen parcialmente en el estudio actual. Cuando se sospecha hernia discal recurrente tiene un contorno regular y efecto masa, con desplazamiento del saco tecal y raíces descendente, siendo irregular y sin efecto masa la fibrosis epidural. No se cumple que la fibrosis epidural produzca retracción del saco tecal o de la raíz descendente, así como que la hernia discal no tenga contigüidad con el disco intervertebral ya que gran parte de las fibrosis epidurales presentan esta condición.

Se realiza el T.i.J.c. para la comprobar la relación del diagnóstico previo y el diagnóstico quirúrgico resultando que de 15 pacientes con sospecha de hernia discal recurrente coinciden todos con la intervención, y de 17 pacientes con sospecha de fibrosis epidural 13 han sido diagnosticados correctamente y cuatro resultaron ser hernias discales en la intervención. El test de Fisher a 2 colas y el test de Pearson resultan significativos (Tabla 6).

Con la dosis utilizada (0,04-0,12 mmol/Kg.) se han podido diagnosticar correctamente 13 fibrosis epidurales, existiendo realce en 4 hernias discales por estar rodeadas de tejido de granulación interpretándose como fibrosis. Se han diagnosticado 15 hernias discales recurrentes sin falsos negativos. La especificidad para el diagnóstico de hernia discal recurrente ha sido del 100%, para la fibrosis epidural ha resultado del 79%. La sensibilidad presenta resultados contrarios, para la hernia discal recurrente del 79% y para la

fibrosis epidural del 100%. Hueftle M.G. et al (1988, con comprobación quirúrgica en 17 pacientes) presentan una sensibilidad y especificidad del 100% y sin contraste muestra una especificidad del 100% y sensibilidad del 71%. Hochhansen L. et al, (1988, estudio con 11 pacientes sin utilización de contraste) obtienen una sensibilidad del 87,5% y especificidad del 100%. Ross J.S. et al (1990, con comprobación quirúrgica en 28 pacientes de 193 estudiados) muestran una sensibilidad y especificidad del 95,6%. Cosnard G. et al (1991, con comprobación quirúrgica en 70 pacientes de 400) publican una sensibilidad del 94,1% y especificidad del 89%. Allgayer B. et al (1993, en un estudio de 150 pacientes de los que se reintervinieron 67) obtiene una sensibilidad del 94% y especificidad del 100%.

Estudiando la localización de la sintomatología del dolor del paciente en relación con la situación de la masa de partes blandas mediante el T.i.J.c. resulta significativo, tanto para el diagnóstico de hernia discal recurrente como para fibrosis epidural. En los pacientes intervenidos el mismo test aplicado para comprobar que la sintomatología coincide con el emplazamiento de la hernia discal

recurrente es significativo, en cambio para la fibrosis epidural no es significativo. La sintomatología presentada por los pacientes es ipsilateral a la masa de partes blandas, sin relacionarse con el diagnóstico. Tanto la hernia discal recurrente como la fibrosis epidural postquirúrgica concuerdan con la sintomatología. Existen estudios como los de Annertz M. Et al (1995) y Ross J.S. et al (1996) que vinculan la sintomatología con la fibrosis epidural postquirúrgica.

Se ha podido realizar un seguimiento de 112 pacientes hasta Julio de 1997 para evaluar el estado de los pacientes a tal fecha, en el que se ha incluido la Escala de Puntuación Económica y Funcional de Prolo. Según ésta se puede considerar que la cirugía ha tenido un pobre resultado en 47 pacientes, regular en 32, buena en 28 y excelente en 5.

Considerando la ocupación de los pacientes (ama de casa, sedentario y trabajo pesado) se realiza el T.i.J.c. con resultado no significativo. Agrupando en dos grupos la ocupación de los pacientes en sedentarios y trabajo con actividad física (incluyendo las amas de casa y los que realizan trabajos pesa-

		Contingencia del Diagnóstico de RM y Diagnóstico Quirúrgico	
		DIAGNÓSTICO	QUIRÚRGICO
		Hernia	Fibrosis
Sospecha	Hernia	15	0
Diagnóstica	Fibrosis	4	13

dos) el test de Pearson resulta significativo, con mejor resultado en los pacientes sedentarios, el 40% de los pacientes (17 de 42) tienen un resultado bueno o excelente. Cuando los pacientes practican alguna actividad física en su trabajo tienen peores resultados, el 77% de los pacientes (54 de 70) tienen unas conclusiones pobres o regulares.

Los datos aportados en los trabajos elaborados por Prolo, Pappas y Davis evidencian mejores resultados en las amas de casa que los presentados en este trabajo, siendo los pacientes que realizan mayores esfuerzos en su actividad laboral los que peores evolucionan.

La evaluación de los pacientes según el diagnóstico de RM presenta los siguientes resultados: 8 de 24 de los diagnósticos de hernia discal recurrente (33%) tienen buen resultado o excelente, y los diagnosticados de fibrosis epidural 25 de 88 (28%) presentan resultado bueno o excelente, el T.i.J.c. aplicado para valorar esta diferencia no presenta significación estadística. Mejoran de la sintomatología previa a la operación 16 de 24 hernias discales (67%) y 49 de 88 fibrosis epidurales (56%). Cuando los pacientes son reintervenidos mejoran de la sintomatología previa a la intervención 13 de 19 operados de hernia discal recurrente (68%) y 5 de 13 de fibrosis epidural (38%), tres de éstos son intervenidos para fijación posterior de las vértebras y a dos se les resecan la zona fibrosis epidural. Albeck M.J. et al (1996) aprecia mejores resultados en intervenciones de hernia discal recurrente que en fibrosis epidural postquirúrgica.

CONCLUSIONES

1.- Los discos intervertebrales y agujeros de conjunción presentan unas alturas similares en ambos sexos. Éstas tienen relación con el grado de degeneración discal, disminuyendo cuando la degeneración es mayor.

2.- La arteria renal derecha se sitúa en el 94,1% entre el borde superior de la vértebra L_1 y el borde inferior de L_2 y el cono medular se encuentra entre el espacio D_{12} - L_1 y L_1 - L_2 en el 85,5%. Las ubicaciones del cono medular y la arteria renal derecha son estadísticamente significativas para poder sospechar la existencia de una vértebra de transición, pudiendo contabilizar seis vértebras lumbares en caso de lumbarización de la primera sacra o cuatro en caso de encontrarnos ante una sacralización de L_5 .

3.- La masa de partes blandas a nivel de la laminectomía se realza tras la inyección intravenosa de Gadolinio, presentando correlación lineal con la dosis utilizada.

La masa de partes blandas a nivel de la discectomía tiene un realce que no presenta correlación lineal con la dosis de contraste intravenoso utilizado. Cuando existe fibrosis epidural postquirúrgica el realce es mayor que cuando estamos en presencia de hernia discal recurrente.

4.- Las diferencias morfológicas más relevantes que diferencian la hernia discal recurrente y la fibrosis epidural postquirúrgica son el contorno

y el efecto masa. La hernia discal recurrente tiene unos bordes regulares con desplazamiento del saco tecal y vainas radiculares, en cambio la fibrosis es irregular y no tienen efecto masa. Junto al realce presentan un diagnóstico correcto en el 88% de los casos, existiendo mayor especificidad para el diagnóstico de hernia discal recurrente.

5.- El tejido que ocupa la laminectomía presenta un realce que disminuye con el tiempo transcurrido desde la intervención. La masa de partes blandas a nivel de la discectomía no se modifica con el tiempo transcurrido desde la cirugía, no influenciando el diagnóstico de fibrosis epidural postquirúrgica o hernia discal recurrente en la evolución temporal de dicho realce.

6.- La sintomatología del paciente no está en relación con el diagnóstico de hernia discal recurrente o fibrosis epidural postquirúrgica, presentándose en ambos casos dolor con irradiación homolateral a la localización de la masa de partes blandas a nivel de la discectomía.

7.- Los pacientes intervenidos de hernia discal recurrente que tienen un trabajo sedentario presentan mejores resultados quirúrgicos que aquellos que realizan esfuerzos físicos en sus ocupaciones, como las amas de casa o los que desempeñan cargas en su trabajo habitual.

Se puede afirmar que en una segunda intervención aquellos pacientes operados de hernia discal recurrente presentan mejores resultados que aquellos intervenidos de fibrosis epidural postquirúrgica.

GLOSARIO

- **Momento magnético:** Vector de la magnetización resultante del giro del protón sobre sí mismo.
- **Magnetización:** Alineación de los protones de un tejido en la dirección de un imán.
- **Equilibrio magnético:** Estado en el que se encuentran los protones de un tejido determinado cuando son introducidos en un imán, resultado un poco más de la mitad en el sentido de la fuerza principal del campo magnético del imán.
- **Relajación Longitudinal T_1 :** Tiempo que se tarda en recuperar el 63% de la magnetización longitudinal.
- **Relajación Transversal o T_2 :** Tiempo requerido para que se pierda el 37% la magnetización transversal.
- **Densidad Protónica:** Cantidad de protones que existen en un tejido determinado.
- **Gauss:** Unidad de medida en el sistema cgs de la inducción magnética.
- **Tesla:** Unidad de medida de la inducción magnética, equivalente a 10000 Gauss.
- **Bobinas de Gradiente:** Instrumentación de un equipo de Resonancia Magnética que crea campos magnéticos pequeños con el fin de seleccionar el plano de visión de una imagen. Existen bobinas en los tres ejes de coordenadas, activando dos de ellas se obtiene el plano perpendicular a las mismas.
- **Bobinas de Radiofrecuencia:** Instrumentación de un equipo de Resonancia Magnética que emiten, reciben o también emitir y recibir radiofrecuencia.
- **Field of View:** Campo de Visión, tamaño en que se ve una imagen en Resonancia Magnética.
- **Pixel:** Punto en los que se divide una imagen.
- **Matriz de adquisición:** Número de pixeles que se divide una imagen en Resonancia Magnética tras aplicar un gradiente en el sentido de la radiofrecuencia y otro en sentido opuesto, en el sentido de la fase.
- **Tiempo de Repetición:** Tiempo que se tarda en aplicar un grupo de pulsos de radiofrecuencia.
- **Tiempo de Eco:** Tiempo transcurrido tras la aplicación de un grupo de pulsos de radiofrecuencia para obtener una señal.
- **Secuencias de Pulso:** Agrupación de pulsos de radiofrecuencia que son aplicados en Resonancia Magnética para obtener posteriormente una señal que forma la imagen. Básicamente son tres: spineco, inversión recuperación y gradienteeco.
- **Gadolinio:** Compuesto paramagnético con capacidad de contraste en Resonancia Magnética perteneciente al grupo de elementos químicos de las tierras raras.
- **Laminotomía:** Sección de una lámina vertebral.
- **Flavectomía:** Resección del ligamento amarillo.
- **Laminectomía:** Resección de la lámina vertebral.
- **Discectomía:** Resección del disco intervertebral.
- **Fibrosis Epidural Postquirúrgica:** Cicatriz después de una intervención por hernia discal en el espacio epidural.
- **Hernia Discal Recurrente:** Presencia de una hernia discal en el mismo nivel que ha sido intervenido.
- **Sensibilidad:** Probabilidad de diagnosticar como enfermo cuando realmente lo está.
- **Especificidad:** Probabilidad de diagnosticar como sano cuando realmente lo está.

BIBLIOGRAFÍA

- **Albeck MJ, Wagner A, Knudsen LL.:** Contrast enhanced computed tomography and magnetic resonance imaging in the diagnosis of recurrent disc herniation. *Acta Neurochir (Wien)* 1996;138 (11): 1256-1260.
- **Allgayer B, Frank A, Daller D, von Einsiedel H, Trappe A.:** Magnetic resonance tomography (MRT) in the diagnosis of Failed Back Surgery Syndrome [Abstract]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1993 Feb;158(2):160-165.
- **Annertz M, Jonsson B, Stromqvist B, Holtas S.:** No relationship between epidural fibrosis and sciatica in the lumbar postdiscectomy syndrome. A study with contrast-

enhanced magnetic resonance imaging in symptomatic and asymptomatic patients. *Spine* 1995, Feb 15;20 (4): 449-453.

- **Braun JF, Hoffman JC, Davis PC, Landman JA, Tindall GT.:** Contrast enhancement in CT differentiation between recurrent disk herniation and postoperative scar: Prospective study. *AJNR* 1985 Jul-Aug;6 (4):607-12; *AJR* 1985 Oct;145 (4):785-90.
- **Chakeres DW, Schmalbrock P, Caudill J.:** Basic Magnetic Properties. En: Grayson TH editor. *Fundamentals of Magnetic Resonance Imaging*. Williams & Wilkins, Maryland, Baltimore, 1992:3-41.
- **Cosnard G, Cordoliani YS, Pharaoh C, Jeanbourquin D, Ducolombier A, Schill H.:** Le rehaussement discal après injection en IRM. Macroscopie et histologie de 25 recidivies post-operatoires. *J Radiol* 1991 Nov;72 (11):563-74.
- **Davis RA.:** A long-term outcome analysis of 984 surgical treated herniated lumbar discs. *J Neurosurg* 1994 Mar; 80 (3):415-21.
- **Desgrez A, Bittoun J, Idy-Peretti I.:** Relajación (retorno espontáneo al equilibrio). En: *Cuadernos de IRM* (1): Bases físicas de la IRM. Trad. Galofre I Mora P. Barcelona: Masson SA, 1991:25-34.
- **Firooznia H, Kricheff II, Fafii M, Golimbu C.:** Lumbar spine after surgery: examination with intravenous contrast-enhanced CT. *Radiology* 1987 Apr;163 (1):221-6.
- **Glickstein MF, Sussman SK.:** Time-dependent scar enhancement in magnetic resonance imaging of the postoperative lumbar spine. *Skeletal Radiol* 1991;20 (5):333-7.
- **Grenier N, Kressel HY, Schiebler ML, Grossman RI, Dalinka MK.:** Normal and degenerative posterior spinal structures: MR imaging. *Radiology* 1987 Nov;165 (2): 517-25.
- **Hahn PY, Strobel JJ, Hahn FJ.:** Verification of lumbarsacral segments on MR images: Identification of transitional vertebrae. *Radiology* 1992 Feb;182 (2):580-1.
- **Hendrick RE, Kanal E, Osborn AG.:** Basic MR physics. En: Kressel HY (Philadelphia), Modic MT (Cleveland), Murphy WA (St. Louis), editores. *Syllabus: Special course MR*. The Radiological Society of North America, 1990 Nov:7-30.
- **Hochhauser L, Kieffer SA, Cacayorin ED, Petro GR, Teller WF.:** Recurrent postdiscectomy low back pain: MR-surgical correlation. *AJNR* 1988 May-Jun;9 (3): 769-74; *AJR* 1988 Oct;151 (4): 755-60.
- **Hueftle MG, Modic MT, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR, Wilber RG, Bohlman HH, Steinberg PM, Delamarter RB.:** Lumbar spine: Postoperative MR imaging with Gd-DTPA. *Radiology* 1988 Jun; 167 (3):817-24.
- **Maravilla KR, Cohen WA.:** Basic principles of magnetic resonance imaging. En: Maravilla KR, Cohen WA, editores. *MRI atlas of the spine*. Birmingham: Martin Dunitz, 1991:1-25.
- **Milette PC, Fontaine S, Lepanto L, Dery R, Breton G.:** Clinical impact of contrast-enhanced MR imaging reports in patients with previous lumbar disk surgery. *AJR Am J Roentgenol* 1996 Jul;167 (1): 217-223.
- **Modic MT, Masaryk TJ, Pausheter DM.:** Magnetic resonance imaging of the spine. *Radiol Clin North Am* 1986 Jun;24 (2): 229-45.
- **Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS.:** Magnetic resonance imaging of the spine. Chicago: *Year Book Medical Publishers*, 1989.
- **Nguyen C, An H, Ho K-C, Houghton VM, Hasegawa T.:** Utility of high-dose contrast enhancement for detecting recurrent herniated intervertebral disks. *AJNR* 1994;15: 1291-7.
- **Nguyen CM, Houghton M, Ho K-C, An HS.:** MR contrast enhancement: An experimental study in postlaminectomy epidural fibrosis. *AJNR* 1993; 14:997-1002.
- **Pappas CTE, Harrington T, Sonntag VKH.:** Outcome analysis in 654 surgically treated lumbar disc herniations. *Neurosurgery* 1992;30 (6): 862-6.
- **Procknow K.:** En: *MR MAX PLUS applications guide*. Volumen I. Pimera Edición. Milwaukee, Wisconsin, 1990.
- **Prolo DJ, Oklund SA, Butcher M.:** Toward uniformity in evaluating results of lumbar spine operations. *Spine* 1986;11 (6): 601-6.
- **Ralston MD, Dykes TA, Applebaum BL.:** Verification of lumbar vertebral bodies [letter]. *Radiology* 1992 Nov;185 (2): 615-6.
- **Ross JS, Masaryk TJ, Modic MT, Bohlman H, Delamarter R, Wilber G.:** Lumbar spine: Postoperative assessment with surface-coil MR imaging. *Radiology* 1987 Sep;164 (3): 851-60.
- **Ross JS, Masaryk TJ, Schrader M, Gentili A, Bohlman H, Modic MT.:** MR imaging of the postoperative lumbar spine: Assessment with gadopentetate dimeglumine. *AJNR* 1990 Jul-Aug; 11 (4): 771-6; *AJR* 1990 Oct;155 (4): 867-72.
- **Ross JS, Modic MT, Masaryk TJ, Carter J, Marcus RE, Bohman H.:** Assessment of extradural degenerative disease with Gd-DTPA-enhanced MR imaging: correlation with surgical and pathologic finding. *AJNR* 1989

Nov-Dec;10 (6):1243-1249;
AJR 1990 Jan;154 (1):151-8.

Reson Imaging 1985;3 (1):27-35.

cement. *Neuroradiol* 1982;
22 (5):251-4.

- **Ross JS, Robertson JT, Fredrickson RC, Petrie JL, Obuchowski N, Modic MT, deTribolet N.:** Association between peridural scar and recurrent radicular pain after lumbar discectomy: magnetic resonance evaluation. ADCON-L European Study Group. *Neurosurgery* 1996 Apr;38 (4): 855-861.
- **Runge VM, Schoerner W, Nien-dorf HP, Laniado M, Koehler D, Claussen C, Felix R, James AE.:** Initial clinical evaluation of gadolinium-DTPA for contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging* 1985;3 (1):27-35.
- **Schellinger D, Manz HJ, Vidic B, Patronas NJ, Deveikis JP, Muraki AS, Abdullah DC.:** Disk fragment migration. *Radiology* 1990 Jun;175 (3): 831-6.
- **Schellinger D, Wener L, Ragsdale BD, Patronas NJ.:** Facet joint disorders and their role in the production of back pain and sciatica. *Radiographics* 1987 Sep; 7 (5):923-44.
- **Schubinger O, Valavanis A.:** CT differentiation between recurrent disc herniation and postoperative scar formation: The value of contrast enhancement. *Neuroradiol* 1982; 22 (5):251-4.
- **Spirnak JP, Nieves N, Betz TA.:** Identification of vascular anatomy on sagittal scout MR images. *Radiology* 1995 Jan;194 (1):285-8.
- **Teplick JG, Haskin ME.:** Computed tomography of the postoperative lumbar spine. *AJR* 1983 Nov;141(5):865-84; *AJNR* 1983 Nov-Dec;4 (6): 1053-72.
- **Vanharanta H, Floyd T, Ohnmeiss DD, Hochschuler SH, Guyer RD.:** The relationship of facet tropism to degenerative disc disease. *Spine* 1993 Jun;18 (8):1000-5.

BIOGRAFÍA

Pedro Antonio Naranjo Santana

Licenciado en Medicina y Cirugía por la Universidad de La Laguna en 1985. Inicia su formación en el área de Radiología como Médico Colaborador desde 1988 en la Clínica Santa Catalina, en 1991 se incorpora a Diagnósticos Médicos Especiales S.A., y entra en contacto con equipos de Resonancia Magnética, con los que comienza a realizar esta investigación. Ha trabajado en el Servicio de Radiodiagnóstico del Ambulatorio de Especialidades de Telde durante el periodo 1991-1994. Es autor de di-

versas publicaciones y ponencias en el ámbito de la radiología. Actualmente se encuentra trabajando en el Servicio de Resonancia Magnética de Diagnósticos Médicos Especiales Clínica San Roque S.A.

Dirección:

Diagnósticos Médicos Especiales Clínica San Roque S.A.
C/ Dolores de La Rocha, 4
35001 Las Palmas de Gran Canaria
Tfno: 928 31 10 72 - 928 33 25 00

Este trabajo ha sido patrocinado por:
CLÍNICA SAN ROQUE, S.A.