



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional de Venado Tuerto

LUMBALGIA: “CARACTERÍSTICAS DE LA HERNIA DISCAL DIAGNOSTICADA POR RESONANCIA MAGNÉTICA EN COLUMNA LUMBAR”

Autores:

- Tec. Berdón, Ezequiel
- Tec. Ceguil, Brian

Coordinadores:

- Dr. Visentín, Claudio, Esp. en Diagnóstico por Imagen
- Dr. Mazzola, Gerardo, Esp. en Diagnóstico por Imagen

LICENCIATURA EN PRODUCCIÓN DE BIO- IMÁGENES

Año 2022



INTRODUCCIÓN

La relevancia del presente trabajo en particular radica en que uno de los motivos más frecuentes de las consultas médicas corresponde al dolor lumbar (lumbalgia) y a partir de ello, los pacientes son derivados a estudios de alta complejidad como en este caso sería la resonancia magnética nuclear (R.M.N).

La R.M.N es el mejor método de diagnóstico seleccionado para este trabajo ya que hoy en día está al alcance de la mayoría de las personas y fundamentalmente porque presenta alta sensibilidad y especificidad en patologías discales.

La recolección de datos se realizó en las instalaciones del Sanatorio San Martín, con la previa autorización del jefe de servicio Dr. Alberto Grendene, que cuenta con un resonador Philips Prodiva 1.5 Tesla, brindándonos además acceso a los informes de los estudios realizados en el servicio, con la sola condición de no revelar la identidad de los pacientes.

El objetivo principal de esta investigación es conocer y determinar las características que poseen las hernias discales de la región lumbar, clasificándose a los pacientes según su edad, sexo, tipo de hernias, discriminándose según espacio discal y plano axial; también se buscó observar cambios degenerativos discales a través de la resonancia magnética teniendo en cuenta las variaciones de intensidad de la señal del mismo.

La organización de la investigación consta de once capítulos. El capítulo 1 reflejará cuestiones del procedimiento tales como objetivos generales y específicos, metodología, resultados, palabras clave y planteamiento del problema.

En el capítulo 2 se hará un breve repaso de antecedentes de distintos autores, continuando con el marco teórico.

El capítulo 3 nos introduce en generalidades de la columna lumbar distribuidas en distintos apartados tales como anatomía, hernia discal, epidemiología, fisiopatología y características de las hernias.

En el capítulo 4 se desarrollarán conceptos generales de la resonancia magnética, con la finalidad de que los lectores comprendan aspectos físicos del funcionamiento y de



la interacción del paciente con el equipamiento, es decir cómo funciona un equipo de resonancia magnética nuclear.

Los capítulos 5 y 6 estarán focalizados en cuestiones de seguridad y protocolos para la realización de un estudio de resonancia magnética de columna lumbar.

En el capítulo 7 se definirá vocabulario específico utilizado tanto para el análisis médico como para los técnicos abocados a la realización de un estudio de resonancia magnética.

En el capítulo 8 se enumerarán cuestiones correspondientes sobre a la metodología de estudio tales como muestreo, criterios de inclusión y exclusión técnica de recolección de datos e instrumento.

En el capítulo 9 se presentará el procesamiento y análisis de datos, y cuestiones éticas.

En el capítulo 10 se expresarán mediante tablas y gráficos los resultados y datos obtenidos en el capítulo 9.

En el último capítulo se expondrán las conclusiones del trabajo final.



1	OBJETIVOS GENERALES	10
1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2	METODOLOGÍA.....	10
3	PALABRAS CLAVE.....	11
4	PLANTEO DEL PROBLEMA	11
5	HISTORIA Y DESCRIPCIÓN DE ANTECEDENTES	14
5.1	HISTORIA DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (RMN)	14
5.2	ANTECEDENTES	16
6	MARCO TEÓRICO	20
6.1	COLUMNA LUMBAR. GENERALIDADES.....	20
6.2	EL DISCO INTERVERTEBRAL.....	23
6.3	HERNIA DISCAL. GENERALIDADES	25
6.4	EPIDEMIOLOGÍA.....	26
6.5	FISIOPATOLOGÍA	27
6.6	CARACTERÍSTICAS DE LA HERNIA DISCAL	29
6.7	LOCALIZACIÓN DE LA HERNIA SEGÚN EL PLANO AXIAL....	33
6.8	CAMBIOS DEGENERATIVOS DISCALES	37
6.9	CLÍNICA DEL PACIENTE.....	37
6.10	HALLAZGOS EN LAS COMPRESIONES VERTEBRALES.....	38
6.11	MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA COLUMNA LUMBAR	40
7	ASPECTOS DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA.....	43
7.1	RESONANCIA MAGNÉTICA	43
7.2	ÁTOMO, NÚCLEO Y PROTONES.....	43



7.3	ECUACIÓN DE LARMOR	45
7.4	ESTADOS ENERGÉTICOS. PROTONES EN PARALELO Y ANTI PARALELO	46
7.5	MAGNETIZACIÓN LONGITUDINAL	47
7.6	PULSOS DE RADIOFRECUENCIA	48
7.7	MAGNETIZACIÓN TRANSVERSAL	49
7.8	RELAJACIÓN TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL.....	50
7.9	RELAJACIÓN T1 Y RELAJACIÓN T2	51
7.10	CONTRASTE TISULAR.....	52
7.11	PARÁMETROS INTRÍNSECOS	52
7.12	DENSIDAD PROTÓNICA.....	53
7.13	PARÁMETROS EXTRÍNSECOS	53
7.14	SECUENCIAS DE PULSO	54
7.15	ARTEFACTOS EN LA IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA	56
7.16	SISTEMA DE RESONANCIA (EQUIPO, CENTRO DE CONTROL Y SALA) 57	
7.17	COMPONENTES DE UNA SALA DE RESONANCIA	57
7.17.1	EL IMÁN	57
7.17.2	SISTEMA DE HOMOMENIZACIÓN DE CAMPO (SHIMINIG).60	
7.18	SISTEMA DE GRADIENTES.....	60
7.19	SISTEMA DE RADIOFRECUENCIA	61
7.19.1	ANTENAS DE RADIO FRECUENCIA.....	61
8	MESA DE EQUIPO DE RESONADOR PHILIPS PRODIVA 1.5 TESLA..	61
8.1	SALA DE CONTROL DEL RESONADOR PHILPS PRODIVA 1.5 TESLA	63



8.2 SALA TÉCNICA	63
8.3 JAULA DE FARADAY	65
9 SEGURIDAD Y CONTRAINDICACIONES	68
9.1 CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS.....	69
9.1.1 MARCAPASOS CARDÍACO	70
9.1.2 DISPOSITIVOS ORTOPÉDICOS	70
9.1.3 PROYECTILES.....	71
10 PREPARACIÓN Y POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE.....	73
10.1 PREPARACIÓN	73
10.2 POSICIONAMIENTO	73
10.3 PROTOCOLOS Y SECUENCIAS UTILIZADAS PROGRAMACIÓN DEL ESTUDIO	74
10.4 PROTOCOLOS Y SECUENCIAS UTILIZADOS EN EL SERVICIO DE RESONANCIA MAGNÉTICA EN EL SANATORIO SAN MARTÍN	76
10.4.1 PARÁMETROS SAGITAL T2, T1, STIR.....	77
10.4.2 PARÁMETROS CORONAL T2.....	79
10.4.3 PARAMETROS AXIAL T2.....	80
10.5 IMÁGENES ANATÓMICAS EN RESONANCIA.....	81
11 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	84
12 MÉTODOS.....	86
12.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	86
12.2 MUESTRA Y MUESTREO.....	86
12.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN:	86
12.4 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:	87
12.5 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	87
13 PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	89



13.1	PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	89
13.2	ANÁLISIS DE DATOS	89
13.3	CUESTIONES ÉTICAS.....	90
14	RESULTADOS	92
14.1	ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	92
15	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	99
15.1	RECOMENDACIONES	99
16	ANEXOS.....	100
17	REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	101

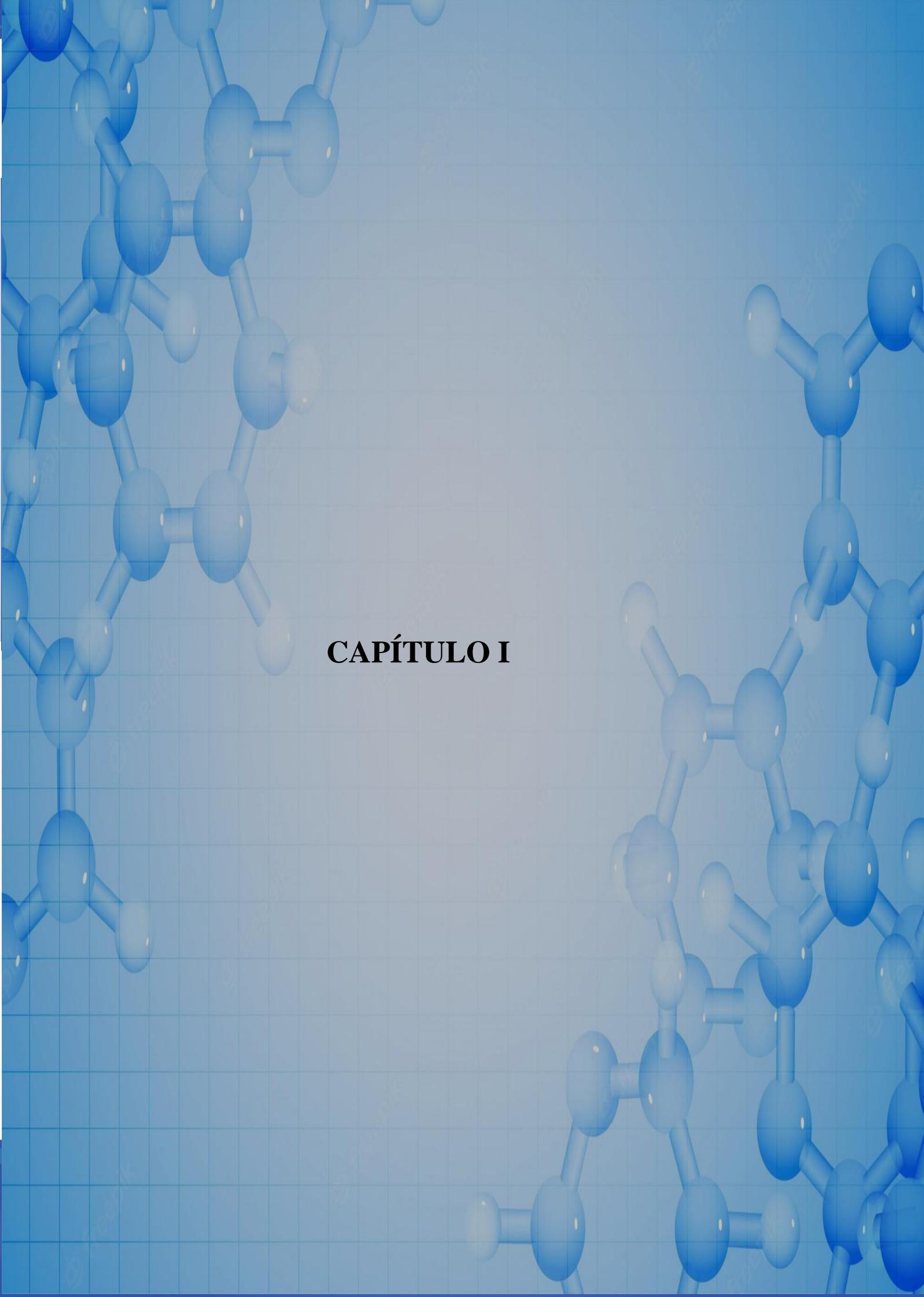


ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°1 –SEXO DE LOS PACIENTES.....	98
TABLA N°2- EDAD DE LOS PACIENTES.....	99
TABLA N°3-TIPO DE HERNIA DISCAL.....	100
TABLA N°4-LOCALIZACIÓN DE LA HERNIA SEGÚN EL PLANO AXIAL.....	101
TABLA N°5-LOCALIZACIÓN DE LA HERNIA DISCAL.....	102
TABLA N°6-INGRESOS POR TRAUMATISMOS.....	103
TABLA N°6- PACIENTES QUE PRESENTARON DOLOR SEGÚN LA ZONA.....	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°1 SEXO DE LOS PACIENTES.....	99
GRÁFICO N°2 EDAD DE LOS PACIENTES.....	100

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue background. Scattered across the grid are several 3D ball-and-stick molecular models, rendered in a semi-transparent blue color. These models represent various chemical structures, including what appears to be a benzene ring and other complex organic molecules. The overall aesthetic is clean and scientific.

CAPÍTULO I



1 OBJETIVOS GENERALES

Conocer y determinar las características de hernia discal en la columna vertebral (región lumbar) diagnosticada por resonancia magnética en pacientes con lumbalgia que hayan ingresado al servicio de resonancia.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar a los pacientes con hernia discal lumbar según edad y sexo.
- Identificar el tipo de hernia discal lumbar más común diagnosticado por resonancia magnética.
- Determinar el nivel de localización de la hernia discal lumbar y su ubicación según el plano axial por resonancia magnética.
- Clasificar según el espacio discal.
- Clasificar las hernias en traumáticas y no traumáticas (según relato del paciente).

2 METODOLOGÍA

El método es de tipo cuantitativo, descriptivo no experimental. Además, retrospectivo porque la información que obtenida corresponde a los informes radiológicos del período de estudio. Es de corte transversal, porque la medición de la variable se hizo una sola vez y es descriptiva porque se ha descrito a través de frecuencias absolutas y relativas según la variable de interés. No es experimental, dado que sólo se observaron los fenómenos tal y como se dieron en su contexto natural, para después analizarlos, es decir no se manipuló la variable en estudio.



3 PALABRAS CLAVE

Lumbalgia. Hernias discales. Resonancia magnética. Columna lumbar. Resonador

4 PLANTEO DEL PROBLEMA

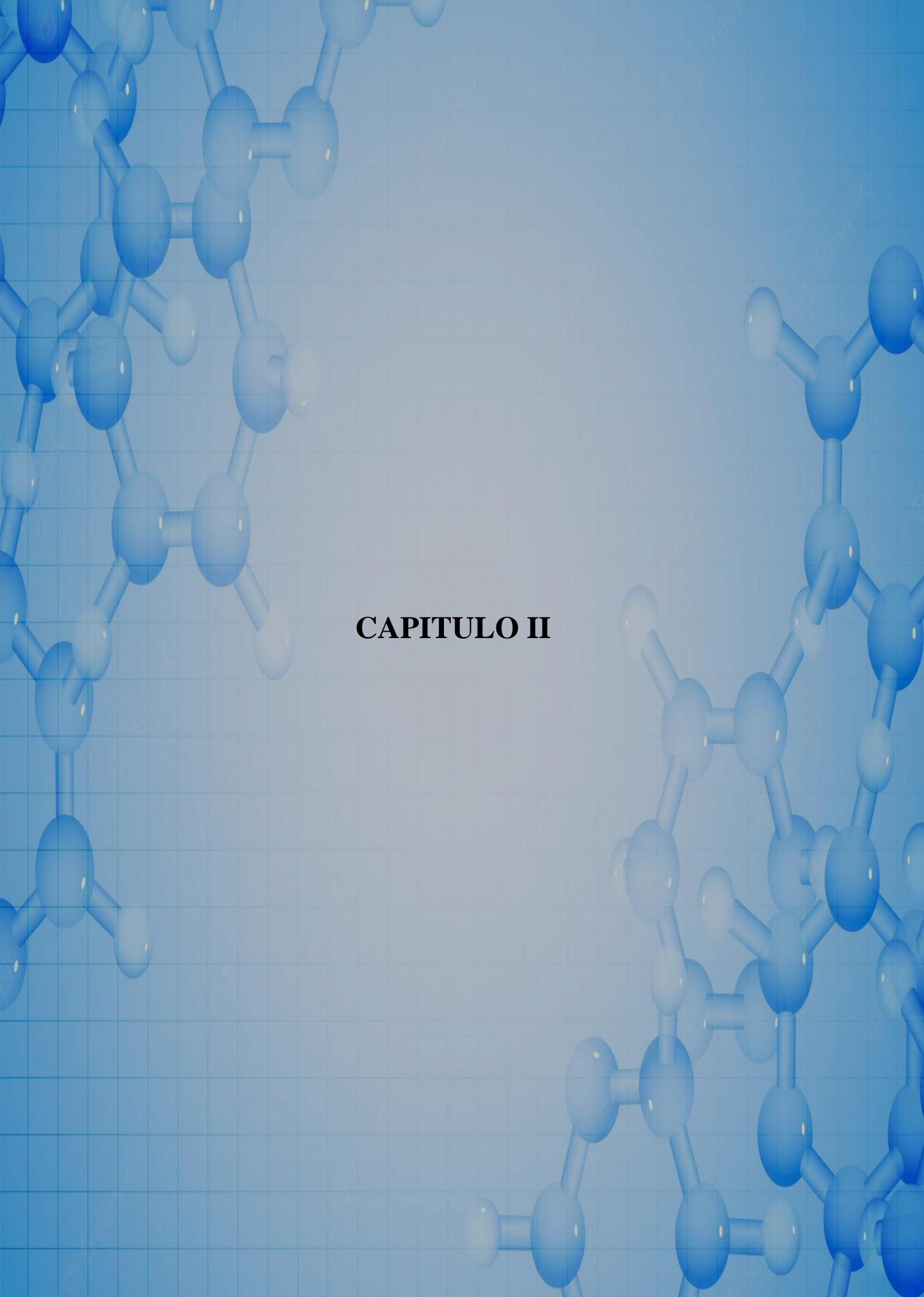
La hernia discal es una de las patologías más frecuentes a nivel de la columna vertebral manifestándose en el paciente con lumbalgia de diversos grados de intensidad, y es una de las indicaciones para realizarse una prueba diagnóstica cuando acompañan al dolor lesiones de tipo neurológico.

De acuerdo a la experiencia laboral la lumbalgia aguda es acompañada de lesiones neurológicas en un rango etario donde la vitalidad de las personas coexiste con la degeneración discal natural, es ahí donde la resonancia juega un papel fundamental en la detección de dichas patologías dando herramientas para un tratamiento inmediato, evitándose así secuelas y complicaciones.

Sin lugar a dudas, la resonancia magnética ha tenido un mayor impacto en el diagnóstico de las afecciones de la columna, pues posibilita investigar las características del disco intervertebral. Tiene superioridad diagnóstica respecto a la tomografía axial computarizada y a la mielografía, y debido a que no utiliza radiaciones ionizantes se considera una técnica más inocua que las antes mencionadas. Además, es considerada más sensible y específica para demostrar anomalías y lesiones, así como enfermedades de la columna que no pueden visualizarse o logran quedar ocultas con los otros métodos. Ante una posible compresión medular permite establecer el diagnóstico diferencial entre una hernia discal, un absceso y un tumor en etapa temprana, así como también evaluar la anatomía vertebral, los nervios comprimidos, pinzados e inflamados y los discos protuberantes o degenerados.



Con respecto a la justificación metodológica, es menester resaltar la importancia que tienen los resultados de esta investigación para futuros estudios relacionados de las hernias discales en columna lumbar diagnosticadas por imágenes de resonancia magnética, aportando información de la situación actual en salud en este grupo de estudio, sirviendo entonces como antecedente en el área de la imagenología.

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue background. Scattered across the grid are several 3D ball-and-stick molecular models, rendered in a light blue color. These models represent various chemical structures, including what appears to be a benzene ring and other organic molecules. The text 'CAPITULO II' is centered in the middle of the page.

CAPITULO II



5 HISTORIA Y DESCRIPCIÓN DE ANTECEDENTES

5.1 HISTORIA DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (RMN)

Con la entrada del siglo XX comenzaron toda una serie de investigaciones que buscaban avanzar en el estudio de la estructura y propiedades del átomo y las partículas atómicas para develar la naturaleza de la materia. Científicos como Thomson, Max Planck, Rutherford, Bohr, Schrodinger, Heisenberg o Dirac (la lista es larga), basándose unos en los trabajos de otros, revolucionaron la física y elaboraron una teoría y un lenguaje nuevo conocido como mecánica cuántica.

En el mundo subatómico, las partículas tienen comportamientos tan increíbles que nos cuesta creer que de toda esa locura se pueda sacar algo en claro, incluso pensamos que quienes se dedican a estudiarlos podrían hacer cosas más prácticas. Pero, sorprendentemente, muchos de los avances tecnológicos que hoy disfrutamos están basados en la física de partículas, y una de las áreas en la que han tenido numerosas aplicaciones es la medicina.

Hasta finales del siglo XIX, la única posibilidad de ver el interior del cuerpo humano era abrirlo; el descubrimiento de los rayos X fue el primer gran avance, ya que permitió explorarlo con una técnica no invasiva. A partir de la década del 30, aunque los investigadores no lo supieran, comenzaron a sentarse las bases de la mayoría de las tecnologías empleadas actualmente en diagnóstico y terapia médica, y uno de los inesperados desarrollos ha sido el de la resonancia magnética.

Corría el año 1929, cuando el físico Isidor Isaac Rabi comenzó a impartir clases de mecánica cuántica en la Universidad de Columbia y desarrolló, junto a su equipo, la resonancia magnética de haces moleculares como técnica para estudiar las propiedades magnéticas y la estructura interna de las moléculas, los átomos y los núcleos, lo que les permitió descubrir detalles desconocidos sobre sus interacciones internas, ver cómo los



átomos individuales están unidos entre sí y cómo sus núcleos se ven afectados por los átomos vecinos. Por este trabajo le fue otorgado el premio Nobel de física en 1944.

La Segunda Guerra Mundial interrumpió estas investigaciones, pero, en los años posteriores, dos grupos de físicos por separado, uno dirigido por Edward Purcell, de la Universidad de Harvard, y el otro, por Feliz Bloch, de la Universidad de Stanford, buscaron desarrollar un método más simple para observar la resonancia magnética en los núcleos de moléculas de líquidos y sólidos en lugar de en moléculas aisladas, y ambos detectaron "resonancia magnética nuclear en materia condensada". En 1952, compartieron el Nobel de Física por estos experimentos.

Las investigaciones siguieron avanzando y una de las primeras aplicaciones relacionadas con el diagnóstico llegó en 1971, cuando el médico Raymond Damadian, propuso la resonancia magnética para discriminar entre tumores malignos y tejido normal, de hecho, desarrolló y patentó la primera máquina de escaneo que empleaba este método, en 1972.

Pero el gran avance técnico que hizo posible producir una imagen útil lo realizaron el químico Paul Lauterbur y el físico Peter Mansfield, de manera independiente. Básicamente su idea fue codificar espacialmente la señal de resonancia utilizando gradientes magnéticos. Se les ocurrió que empleando campos magnéticos diferentes para cada zona del cuerpo se podría identificar y localizar de dónde provenía exactamente cada señal. Ambos fueron galardonados con el Premio Nobel de Medicina en 2003 por sus trabajos en desarrollo de imágenes por resonancia magnética. La investigación de Lauterbur y Mansfield convirtió la RMN, hasta entonces utilizada sobre todo para determinar la estructura química de las sustancias, en un método no invasivo que mejoró el diagnóstico de muchas enfermedades, siendo especialmente valiosa en los estudios del cerebro y de la médula espinal.

A partir de los 80, la progresión de la técnica ha sido imparable, pronto se obtuvieron las primeras imágenes del cráneo humano y, poco tiempo después, los escáneres de cuerpo entero, empezando a comercializarse los primeros equipos. Hasta la fecha las



mejoras han sido continuas, y la espectroscopia y las exploraciones por resonancia magnética han revolucionado el mundo de la imagen médica.

Los fundamentos de esta técnica no son fáciles de entender, pero se pueden resumir, a grandes rasgos, diciendo que se basa en campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia, como las de una emisora de radio. (Soto, 2019)

5.2 ANTECEDENTES

Abad C y col. (2011), Ecuador, en su estudio “Prevalencia de discopatías degenerativas por resonancia magnética” tuvieron como objetivo determinar la prevalencia de discopatías degenerativas lumbares diagnosticadas por resonancia magnética. Según el análisis de los datos, de acuerdo al informe radiológico se observó que 789 pacientes que corresponden al 91,3 % del total presentó discopatía degenerativa lumbar, siendo el 51,2% hombres y 48,8% mujeres. El 8,7% reportó un estudio normal. El rango de edad fue 40-59 años con 50,5 %. En relación al índice de masa corporal, de los 422 pacientes de sexo femenino, se estableció que el 51,5 % tiene un IMC normal, el 40,6 % sobrepeso. De los 422 pacientes de sexo masculino, se tiene un IMC normal de 46,6 %, el 47,5 % tiene sobrepeso. De acuerdo a los pacientes que presentaron patología, se observó que según la cantidad de material herniado el 77% presentó protrusión. La localización más frecuente en la vértebra fue posterior con un 74,52%. El espacio lumbar más afectado fue L4-L5 y L5-S1, con un 28,9 %. (Abad C, Enero-Diciembre 2011.)

El estudio pudo determinar que la prevalencia de discopatía degenerativa lumbar es alta, y su diagnóstico se realizó gracias al examen de imágenes por resonancia magnética.

Villarreal M y col. (2012), México, en su estudio “Incidencia de cambios degenerativos tipo Modic en pacientes con dolor lumbar crónico en el Hospital Regional ISSSTE Monterrey”, tuvo como objetivo reportar la incidencia de cambios degenerativos de tipo Modic en los pacientes atendidos en el módulo de columna del Hospital Regional ISSSTE Monterrey. Se revisaron un total de 240 resonancias de columna lumbar que se analizaron de la siguiente manera: 16 (6.7%) pacientes en el grupo I (18-29 años), 32



(13.3%) en el grupo II (30-39 años), 80 (33.3%) en el III (40-49 años) y 112 (46.7%) en el IV de 50 años o más, siendo 68% mujeres y 32% hombres. El dolor lumbar bajo persistente fue el síntoma predominante en el 70% y el dolor radicular crónico en el 30%. Ningún paciente del grupo I presentó cambios Modic. Cuatro pacientes del grupo II (12.5%) presentaron cambios Modic tipo II con afección de menos de 25% de las plataformas. Ocho pacientes del grupo III presentaron cambios Modic, con más de 25% del nivel L4-L5 (10%), en el grupo IV se encontró 32% con el nivel más afectado L5-S1. La mayoría de los cambios Modic (85%) siendo el nivel más frecuentemente afectado el nivel L5-S1. Los de tipo I representan 5%; el tipo II, 85% y el tipo III, 10%.

En este estudio la prevalencia de cambios Modic fue de 22%. El porcentaje de pacientes con cambios Modic aumentó según la edad, confirmando que los cambios degenerativos se relacionan con la edad. (Villarreal M, 2012)

Solano P y col. (2013), Ecuador, en su estudio “Prevalencia de hernia lumbar diagnosticado por resonancia del Hospital José Carrasco Arteaga” tuvo como objetivo determinar la prevalencia de la hernia de disco en columna lumbar de los pacientes. La prevalencia de hernia discal lumbar fue de 80,2%; siendo más frecuente en la población de entre 50-59 años con el 27,3%; el sexo masculino representó 53.2% de los casos de hernia, siendo el tipo por protrusión el más frecuente con el 96,7% de los casos; la edad y el sexo no fueron factores estadísticamente significativos para presentar hernia discal en un espacio intervertebral específico.

En este estudio la frecuencia encontrada de hernia discal lumbar fue elevada en la población investigada siendo más frecuente en la población de entre 50- 59 años de sexo masculino y presentaron hernia de tipo protrusión. (Solano Brito, 11-nov-2015)

Ortega J. (2014), México, en su estudio “Hallazgos más frecuentes en resonancia magnética de cambios osteodegenerativos en la columna lumbar en pacientes jóvenes con lumbago en el centro médico Issemym Ecatepec”. Su objetivo fue observar el hallazgo más frecuente en pacientes con lumbalgia asociado a la enfermedad



degenerativa del disco intervertebral a nivel lumbar en exámenes de resonancia magnética. En un total de 82 estudios, 42 (51.2%) corresponden al sexo masculino, y 40 (48.8%) al sexo femenino. Con un rango de edad de los 20 a los 40 años. De las lesiones de las pacientes femeninas, 26 fueron ocasionadas por abombamientos de disco, 16 por deshidratación de disco, 16 por protrusiones, 6 por extrusiones, 1 por secuestro, 2 por compresión medular, 11 por compresión radicular y 12 por otros hallazgos (hipertrofia facetaria, hemangiomas, cambios posquirúrgicos y metástasis). De las lesiones de los pacientes masculinos, 33 fueron ocasionadas por abombamientos de disco, 17 por deshidratación de disco, 17 por protrusiones, 5 por extrusiones, 0 secuestro, 2 por compresión medular, 5 por compresión radicular; y 18 por otros hallazgos (hipertrofia facetaria, hemangiomas), en total el abombamiento del disco fue de 24.2%.

En esta investigación se observa una mayor presentación de las patologías discales como abombamiento discal y protrusiones que fueron encontradas para el grupo de edad mayor a 40 años, lo cual repercutirá para la mayor edad del paciente, influyendo en su calidad de vida. (Pacheco, 2014)

Lee JH y col. (2016), Corea del Sur, en su estudio “Clinical and Radiological Characteristics of Lumbosacral Lateral Disc Herniation in Comparison With Those of Medial Disc Herniation.” Tuvo como objetivo investigar las características clínicas y radiológicas por resonancia magnética de la hernia discal lateral en comparación con la hernia discal medial. Se incluyeron 352 sujetos diagnosticados con hernia discal lumbosacra localizada, seguidos durante al menos 12 meses después de la finalización del tratamiento y divididos en grupos de hernia discal medial y lateral, según la ubicación anatómica del disco herniado en plano axial de resonancia magnética. Se obtuvieron datos clínicos y radiológicos y se compararon entre los dos grupos. El grupo lateral incluyó a 74 (21%) pacientes y el grupo medial incluyó 278 (79%). La edad promedio del grupo lateral fue significativamente mayor que la del grupo medial. El grupo lateral mostró una proporción significativamente mayor de pacientes con dolor irradiado en la pierna y múltiples niveles de hernias discales que el grupo medial. (Jung Hwan Lee, 2016)



CAPITULO III



6 MARCO TEÓRICO

6.1 COLUMNA LUMBAR. GENERALIDADES

Las vértebras lumbares (LI - LV) son cinco vértebras situadas entre las vértebras torácicas (parte superior) y el sacro (parte inferior). Estas vértebras son las más grandes y fuertes de la columna vertebral, debido a que el porcentaje del peso corporal soportado por las vértebras aumenta hacia la región inferior.

Características generales de las vértebras lumbares: cada uno de los elementos estructurales de una vértebra lumbar es más grande, más ancho y más amplio que los componentes similares ubicados en la columna cervical y la columna torácica. Estas vértebras no tienen forámenes en sus procesos transversos ni facetas articulares en sus cuerpos. Las diferencias entre vértebras van a venir definidas porque a medida que bajamos de vértebra, los tubérculos mamilares van aumentando y los tubérculos accesorios van disminuyendo. La quinta vértebra lumbar presenta el tamaño de su cuerpo más grande de lo normal debido a que se va a unir al sacro. (lumbar, 2018)

Estas vértebras se caracterizan por:

- 1) Cuerpo voluminoso, con un eje mayor transversal.
- 2) Pedículos gruesos y borde inferior es más escotado que el superior.
- 3) Láminas más anchas que altas.
- 4) Apófisis espinosa gruesa y rectangular; se dirige horizontalmente hacia atrás y termina en un borde abultado.
- 5) Apófisis transversas (costiformes) largas y estrechas, representan a las costillas lumbares. En la cara posterior de su base de implantación está el tubérculo accesorio.
- 6) Apófisis articulares: las superiores en su cara externa presentan una eminencia que es el tubérculo mamilar.
- 7) Agujero vertebral: es triangular, conformando un triángulo equilátero.

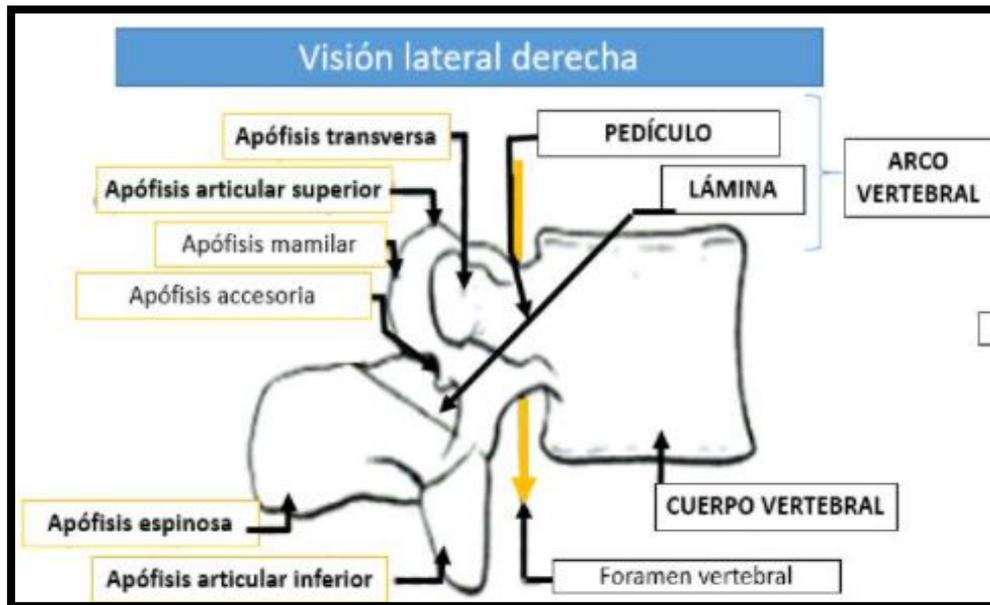


Fig. N°1

Partes de la vértebra:

- 1. Cuerpo:** es muy voluminoso. Su diámetro transversal es mayor que el anteroposterior. Las superficies superior e inferior son planas o ligeramente cóncavas, (por detrás son cóncavas, en el frente y los lados son convexas).
- 2. Foramen vertebral:** tiene forma triangular, de lados iguales. Es relativamente pequeño, a partir de la 2ª vértebra lumbar, sólo contiene las raíces espinales inferiores y sus envolturas. Es más largo que el de las vértebras torácicas, pero más pequeño que el de las vértebras cervicales.
- 3. Pedículos:** son muy fuertes. Emergen de los ángulos póstero-superiores del cuerpo y se dirigen de adelante hacia atrás. Cortos y horizontales, su escotadura inferior es mucho más marcada que la superior. El pedículo es usado como portal de entrada al cuerpo vertebral en los procedimientos de fijación de clavos o en la puesta de cemento óseo (cifoplastia-vertebroplastia)
- 4. Láminas vertebrales:** son procesos óseos que conectan las apófisis espinosas y los pedículos. Forman la porción posterior del agujero raquídeo. Son estructuras espesas y



cuadriláteras, más altas que anchas, son oblicuas de arriba hacia abajo y de adelante hacia atrás. Por su ángulo **supero** lateral se unen al pedículo y a la apófisis articular superior, en su ángulo inferior y lateral se implanta a la apófisis articular inferior.

5. Apófisis espinosa: Cuadrilátera y robusta, se dirige en sentido horizontal hacia atrás, sus caras laterales son sagitales y rugosas. El borde posterior, más espeso y rugoso, tiene en su parte inferior un tubérculo que representa el vértice de la apófisis. Las apófisis espinosas están bien adaptadas para la inserción de los grandes músculos de la espalda.

6. Apófisis transversa: también llamadas apófisis costales o costiformes a causa de su forma, son abultadas y transversales y se desprenden a la mitad de la altura del pedículo.

7. Apófisis articulares: pueden ser: 1) superiores: excavadas, situadas por detrás y por encima de la apófisis transversa, orientadas hacia atrás y medialmente; 2) inferiores: cilindroides, convexas, orientadas en sentido lateral y ligeramente hacia adelante. Estas superficies articulares están enmarcadas por un rodete óseo prominente. (lumbar, 2018)

En las vértebras lumbares también se describen:

- Las **apófisis mamilares**, una a cada lado, situadas inmediatamente laterales a la raíz de la apófisis articular superior.
- Las **apófisis accesorias**, inconstantes, se hallan detrás de la raíz de cada una de las apófisis transversas.

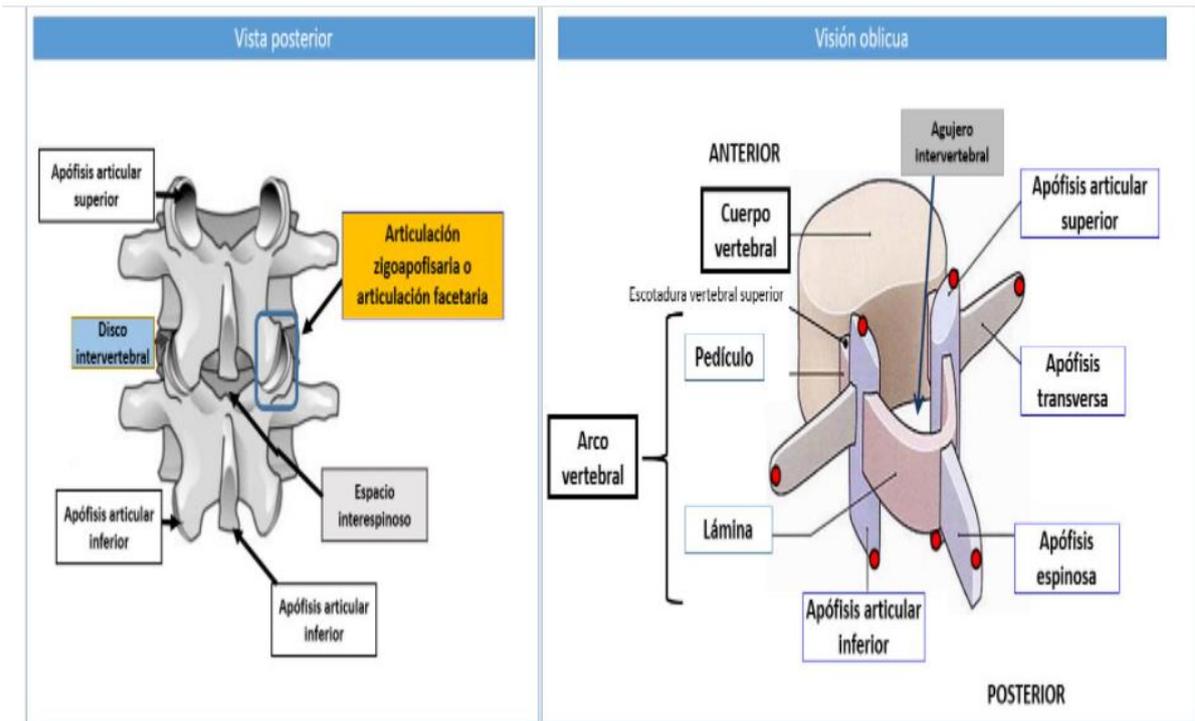


Fig. N° 1.2

6.2 EL DISCO INTERVERTEBRAL

Es una estructura algo compleja situada entre cada dos cuerpos vertebrales. Está diseñado para repartir el peso desde la vértebra superior a la inferior y permitir la articulación o movimiento entre ambas vértebras (Fig. n° 1.3).

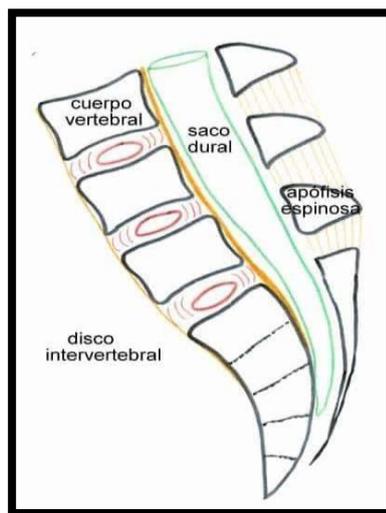


Fig. N1.3



El disco intervertebral tiene dos componentes diferentes:

- El centro, llamado núcleo pulposo, es como una pelota o esfera de material muy elástico (más del 90% de su composición es agua). Para que permanezca entre los dos cuerpos vertebrales, este material está contenido en un estuche compacto, denominado anillo fibroso, que es como un cilindro hueco que se adhiere a los cuerpos vertebrales y que aloja en su centro el núcleo pulposo. Dicho cilindro tiene unas paredes formadas por capas concéntricas constituidas por fibras que van en direcciones opuestas a las capas adyacentes.
- El arco posterior vertebral tiene una estructura abigarrada debido a que salen de él unas prominencias óseas o apófisis que sirven para que se adhieran a las vértebras los músculos que van a movilizar la columna vertebral en todas direcciones (Figs. 3 y 4). Estas apófisis son tres por cada vértebra: la apófisis espinosa, medial y posterior, que nos la podemos tocar en la espalda; y las apófisis transversas, laterales y simétricas. En la unión de las apófisis transversas y el resto del arco posterior hay una estructura compleja y simétrica, las articulaciones interapofisarias. Son como ganchos que unen las vértebras. Su función es múltiple, complementan la función de articulación entre las vértebras que tiene el disco intervertebral, unen y estabilizan una vértebra sobre la otra, a la manera de un trípode (disco intervertebral y ambas articulaciones interapofisarias), y constituyen un tope o limitación a los movimientos vertebrales que permitiría la articulación del disco intervertebral si estuviera sola. La parte anterior a las articulaciones interapofisarias se denomina pedículo, siendo la zona en que se une el arco posterior al cuerpo vertebral. El resto del arco, entre apófisis transversa y apófisis espinosa, se denomina lámina.

Dentro del arco posterior se aloja la médula espinal, en el período fetal coinciden la extensión de la médula y la de la columna vertebral. Pero a medida que nos desarrollamos crece más la columna, de forma que al final la médula termina a nivel de la primera o segunda vértebra lumbar, en forma de cono. El resto del canal medular hacia abajo está ocupado por las raíces o nervios que salen de la médula, que van a servir para llevar el control de las extremidades inferiores y de las funciones



esfinterianas (vesical y anal) y sexuales. La unión de estas raíces tiene una forma característica, por lo que la denominaron, desde muy antiguo, cola de caballo. Tanto la médula espinal como las raíces nerviosas están contenidas en un estuche fibroso y elástico formado por la duramadre, membrana que va a recubrir y proteger todo el sistema nervioso. La parte final de la duramadre, a nivel lumbar y sacro, que protege la cola de caballo, se denomina fondo de saco dural.

Las raíces medulares salen del canal vertebral a través del agujero de conjunción (Figs. N°1.4 y N°1.5). Esta estructura está formada, en su parte más anterior, por la parte posterior y lateral del anillo fibroso; en su parte posterior, por las articulaciones interapofisarias, y en su parte superior e inferior, por las partes más anteriores del arco vertebral de la vértebra superior e inferior (pedículos), respectivamente.

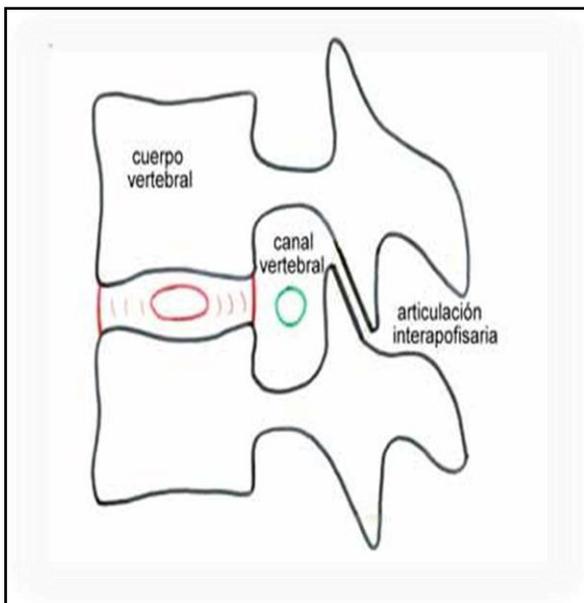


Fig. N°1.4

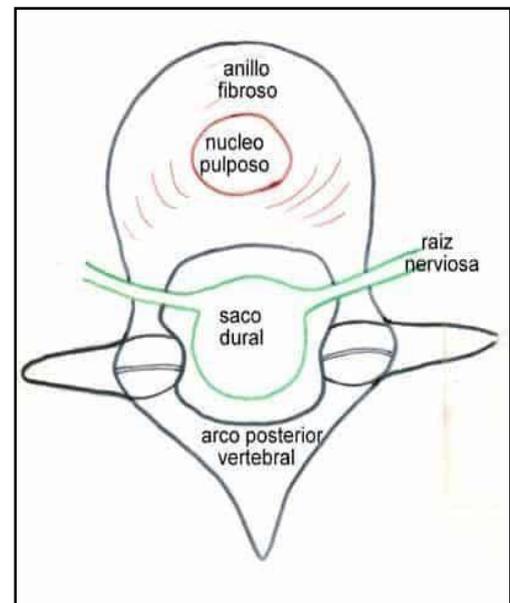


Fig. N°1.5

6.3 HERNIA DISCAL. GENERALIDADES

CONCEPTO

Las hernias discales lumbares se caracterizan por la migración del núcleo pulposo a través de sus límites anatómicos, invadiendo compartimentos adyacentes. Cuando esto



pasa en dirección posterior, hay compresión de estas estructuras nerviosas, generando sintomatología específica. En cierta manera, es consecuencia del proceso degenerativo intervertebral. (Ribeiro, pág. 4)

Se considera como las causas más importantes lo siguiente:

- genética
- traumas a repetición
- postura. Aún se discute el papel de otros factores como la obesidad.

Aunque se considere que el mecanismo generador del dolor radicular es la compresión sobre la estructura neuronal, varios mecanismos asociados están siendo investigados y descritos, en especial los relacionados a los mediadores inflamatorios locales y las alteraciones bioquímicas desencadenadas en todo el proceso. Esto probablemente explica el dolor axial (lumbalgia) que usualmente acompaña las hernias discales lumbares sintomáticas, más evidente en la fase inicial de la enfermedad. Aquí se inicia una gran confusión y es necesario que se haga una advertencia importante. No se estudiarán en este material los pacientes que presentan dolor axial como síntoma más importante y que usualmente presentan discopatía degenerativa sin evidencia de hernia discal. El objetivo es focalizarse en el grupo de pacientes donde exista radiculopatía asociada a hernia discal. (Ribeiro, 2017, pág. 4)

6.4 EPIDEMIOLOGÍA

Se trata de una de las enfermedades más frecuentes hoy día, probablemente por los nuevos hábitos de la civilización moderna, más sedentaria. La pérdida de componente muscular debilita la estructura compleja de la columna vertebral. A esto se añade la actitud mantenida en nuestro puesto de trabajo habitual, de la posición sentada e inclinada ligeramente hacia delante, que hace recaer aún mayor carga sobre el disco que si estamos en posición erecta. Y, para colmo, de forma extemporánea e irregular, sometemos a un esfuerzo inhabitual a la columna (ejercicios o deportes no bien controlados, esfuerzos en el trabajo o en casa, etc.). (Ribeiro, 2017, pág. 4)



6.5 FISIOPATOLOGÍA

Esto va ocasionando fisuras o roturas de las diferentes capas del anillo fibroso. Son los episodios de lumbalgia aguda, que remiten espontáneamente con cierto reposo y tratamiento médico adecuado. Estas roturas se hacen con mucha mayor frecuencia hacia atrás y hacia uno de los lados, por ser la zona más débil del anillo fibroso. Pero cuando se rompe la última capa, la masa de núcleo pulposo se sale de su sitio, encontrando en su camino una de las raíces nerviosas, que es aplastada o comprimida contra las paredes óseas que forman el agujero de conjunción. Esto va a ocasionar un cuadro doloroso más intenso y extenso, que se traslada o irradia hacia una de las extremidades inferiores, pudiendo llegar incluso a los dedos del pie. Se denomina ciática o lumbociática, dado que el dolor va por el trayecto que sigue el nervio ciático (detrás del muslo y pierna). Esto se debe a que las raíces que con mayor frecuencia son comprimidas son la 5ª lumbar o la 1ª sacra, que van a formar parte del nervio ciático.

Es característico que el episodio de lumbociática se produzca tras una secuencia de movimientos consistente en flexionar el tronco, coger un peso y levantarlo (Fig.Nº1.6). Al flexionar el tronco, el material de núcleo pulposo es impulsado hacia atrás y hacia fuera, a través de las capas ya rotas del anillo fibroso. Cuando la persona coge el peso y se yergue, el material es comprimido con gran fuerza y expelido hacia fuera. El dolor que se produce es violentísimo, le impide a la persona enderezarse.

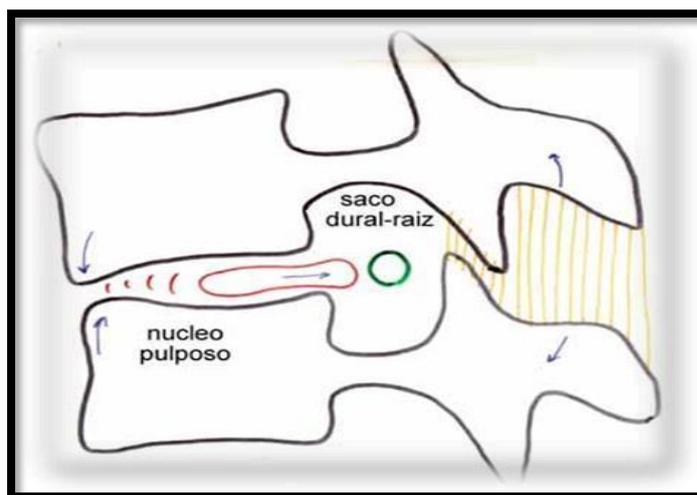


Fig. Nº1.6



Para entender las posibilidades clínicas que pueden presentarse en el proceso de una hernia discal hay que tener en cuenta varios factores:

A.- El anillo fibroso está muy inervado por terminaciones nerviosas dolorosas. De aquí que su rotura produzca el cuadro de lumbalgia, con dolor centrado en línea media.

B.- Las raíces nerviosas tienen tres tipos de fibras: dolorosas, sensitivas y motoras. Estas fibras son prolongaciones de las neuronas que se sitúan en la médula. Como los cables eléctricos, estas fibras están recubiertas por unas células especiales que las aíslan, gracias a una sustancia grasa que contienen denominada mielina. Las fibras dolorosas son las que tienen menos recubrimiento y las motoras las que tienen una capa de mielina más gruesa. Pero esta mielina, aparte de tener una función aislante, también tiene una misión de protección mecánica. De ahí que, cuando se comprime un nervio (Fig. N°1.7), dependiendo de la energía o fuerza que se ejerza, al principio duele, después se comienza a tener alteraciones en la sensibilidad y, al final, pérdida de fuerza.

C.- En raras ocasiones, la salida de material discal es masiva y penetra en el canal, comprimiendo la cola de caballo y ocasionando un grave déficit neurológico, con pérdida de fuerza en ambas extremidades inferiores y alteraciones esfinterianas.

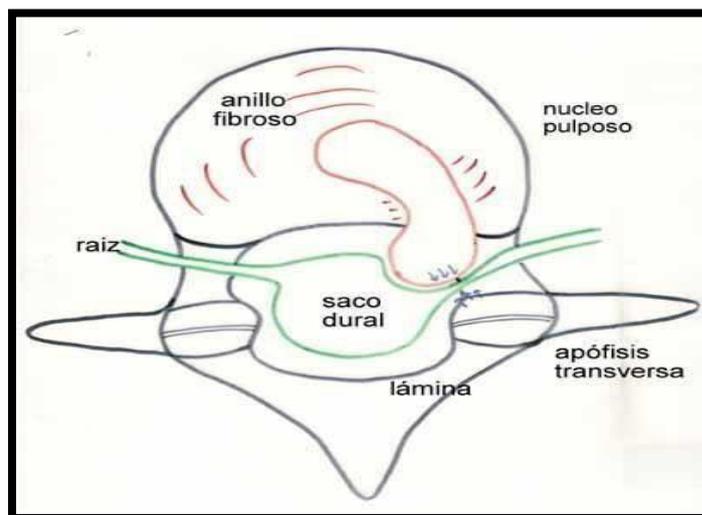


Fig. N° 1.7



6.6 CARACTERÍSTICAS DE LA HERNIA DISCAL

Existen características o grados de hernia discal, sobre todo hoy día en que, gracias a la Resonancia Magnética, podemos ver con gran precisión la anatomía de esta región. Con el fin de clarificar los conceptos, se podrían definir tipos o grados:

Prominencia anular difusa: se denomina también abombamiento, “bulging” o disco ensanchado. Se define como prolongación generalizada de material discal más allá de los límites de la apófisis del anillo vertebral, visualizándose como una expansión discal circunferencial más allá del borde de la plataforma vertebral, mayor del 50% de la circunferencia del disco, con un radio de extensión corto, generalmente menor de 3mm, además puede ser simétrica o asimétrica. Por RM se visualiza como un disco que sobresale circunferencialmente de forma concéntrica sobrepasando el borde vertebral, se suele asociar a osteocondrosis intervertebral, hipointensidad difusa del disco en T2, pérdida de la altura discal, y desgarró anular, así como osteofitos de las plataformas vertebrales. (Fig. N°2)



Fig. N°2

Protrusión: Se refiere al desplazamiento focalizado, menor del 50% de la circunferencia discal, más allá de los límites de la apófisis del anillo vertebral, observándose como material discal focal que se extiende dentro del canal raquídeo, o hacia la región posterior, anterior, foraminal o lateral, el núcleo sobresale focalmente del margen vertebral, pero permanece contenido bajo el complejo formado por el anillo externo y el ligamento longitudinal posterior.



Característicamente presenta una amplia base en el disco, el diámetro mayor del disco herniado en cualquier plano debe ser mayor a la distancia entre los bordes de la base en el mismo plano. Se considera focal si el material protruido es menor del 25% de la circunferencia discal y de base ancha si es entre el 25 y 50% de la circunferencia discal. (Fig. N° 2.1)

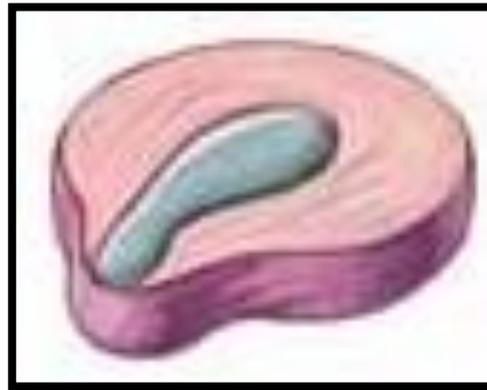


fig. N°2.1



fig. N° 2.2

(Imagen extraída del libro Patología degenerativa-hernia discal: autor Dr. Ricardo Ribeiro, Editor Néstor Fiore. pag. 12).



Extrusión: Desplazamiento focalizado de material discal con base estrecha en el disco de origen, el diámetro máximo del disco herniado en cualquier plano es mayor a la distancia entre los bordes de la base en el mismo plano. Puede localizarse en el borde anterior del disco, lateral o posterior o hacia la región adyacente a la forámina, denominándose foraminal. (fig. N°1.11)

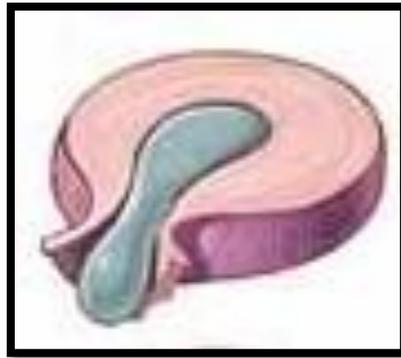


fig. N° 2.3



fig. N° 2.4

(Imagen extraída del libro Patología degenerativa-hernia discal. Autor Dr. Ricardo Ribeiro. Editor Néstor Fiore, pág. 12).



Secuestro: Cuando un disco extruido pierde el contacto con el disco del que procede se denomina disco secuestrado o fragmento libre, que igualmente puede migrar en sentido craneal o caudal. (fig. N°2.5)



fig. N° 2.5



fig. N° 2.6

(Imagen extraída del libro Patología degenerativa-hernia discal. Autor Dr. Ricardo Ribeiro. Editor Néstor Fiore, pág. 13).



6.7 LOCALIZACIÓN DE LA HERNIA SEGÚN EL PLANO AXIAL

Central o medial: dado que el ligamento longitudinal posterior tiene su parte más gruesa en esta región el disco se hernia por lo general ligeramente a la izquierda o a la derecha de la zona central. (fig. N° 2.8)

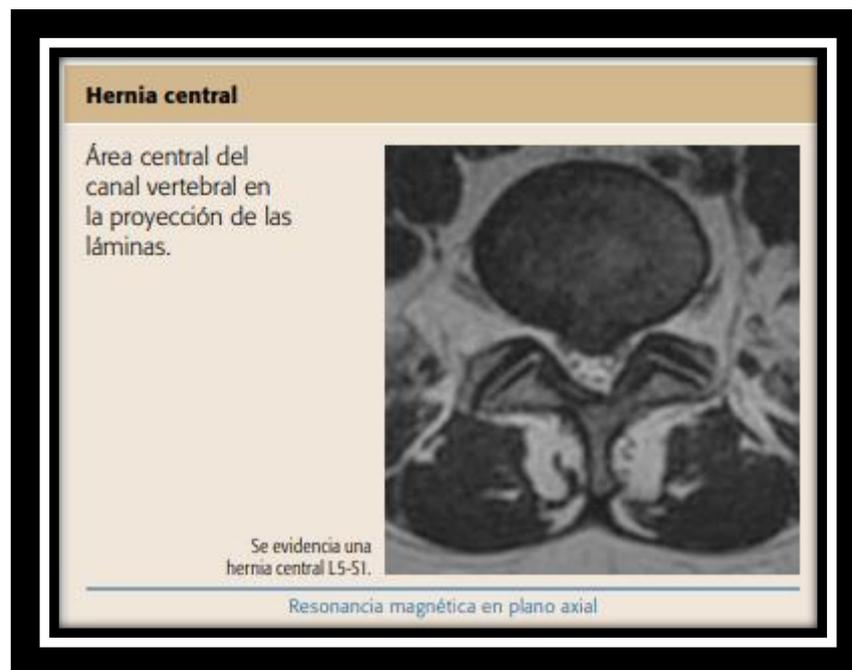


fig. N° 2.8

(Imagen extraída del libro Patología degenerativa-hernia discal. Autor Dr. Ricardo Ribeiro. Editor Néstor Fiore, pág. 13).

Receso Paramediano o lateral: debido a que el ligamento longitudinal posterior no es tan grueso en esta región, esta es la zona en la que más tienden a ocurrir las herniaciones. (Fig.N°2.9)

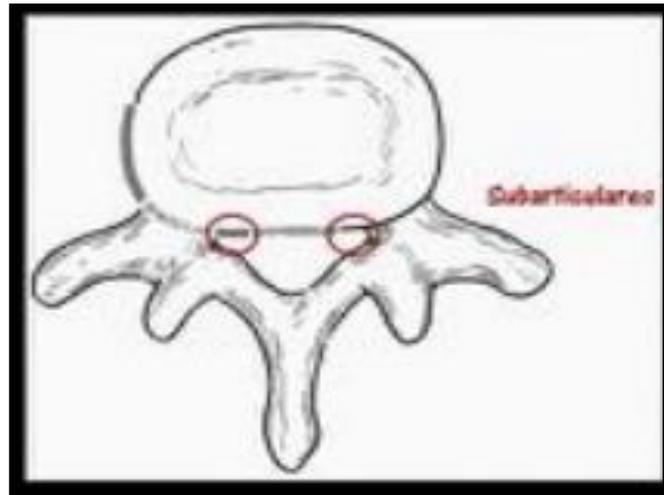


fig. N°2.9

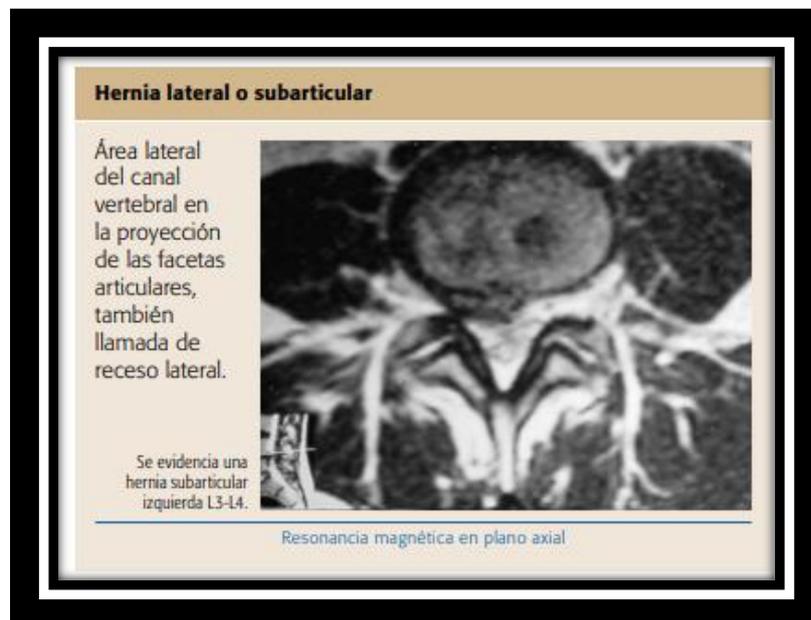


fig. N° 2.10

(Imagen extraída del libro Patología degenerativa-hernia discal. Autor Dr. Ricardo Ribeiro. Editor Néstor Fiore pág. 14).

Foraminal o subarticular: es rara la herniación de un disco en el agujero intervertebral. Solo el 5 a 10% del total de las hernias de disco se producen aquí o más lejos y cuando se producen son muy molestas para el paciente. Esto se debe a una estructura neuronal muy delicada llamada “Ganglio de la raíz dorsal” que habita en esta zona y resulta en dolor, la ciática y graves daños de las células nerviosas. (Fig.N°2.11)

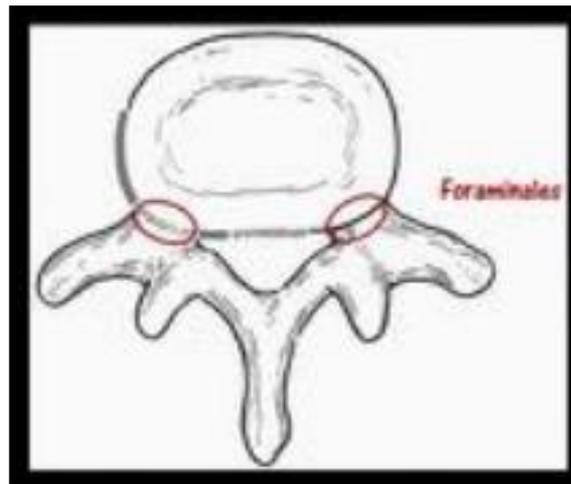


fig. N°2.11



fig. N°2.12

(Imagen extraída del libro Patología degenerativa-hernia discal. Autor Dr. Ricardo Ribeiro. Editor Néstor Fiore, pág. 14).

Extraforaminal: Herniaciones en esta región son infrecuentes, situada lateralmente al pedículo, se comporta clínicamente de forma similar a la foraminal. (Fig.N°2.13)

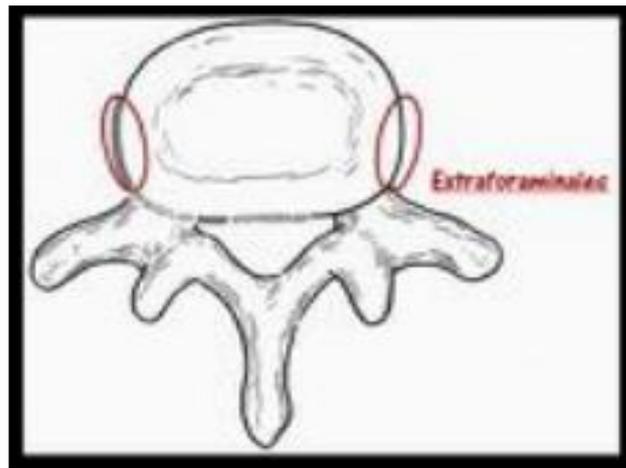


fig. N° 2.13



fig. N° 2.14

(Imagen extraída del libro Patología degenerativa-hernia discal. Autor Dr. Ricardo Ribeir. Editor Néstor Fiore, pág. 14).



6.8 CAMBIOS DEGENERATIVOS DISCALES

La degeneración y deshidratación discal se define como la disminución de la intensidad de señal en imágenes potenciadas en T2, asociado a pérdida de su altura, sin embargo, en su fase precoz puede solo evidenciarse la disminución de la intensidad de señal en T2; este hallazgo puede representarse en pacientes asintomáticos. Asimismo, se observa por RM, pérdida de la línea hipo intensa horizontal central del disco normal, determinada por la disposición de tejido fibroso denso.

Se puede valorar la morfología del disco intervertebral, cuyo contorno normal no debe exceder el contorno de las vértebras adyacentes por más de 1 a 2 mm. Las alteraciones del contorno discal se dan cuando el núcleo pulposos pierde su turgencia y disminuye la elasticidad del anillo fibroso. Existen diferentes nomenclaturas para la clasificación de dichas alteraciones.

6.9 CLÍNICA DEL PACIENTE

El cuadro clínico característico consiste en episodios de lumbalgias, en ocasión de algún tipo de esfuerzo. En cada nuevo episodio, el dolor de la lumbalgia tarda más días en ceder y se repiten los episodios con intervalos de tiempo más cortos.

Los síntomas suelen ser bien específicos con manifestaciones bien determinadas, relacionadas directamente con la raíz nerviosa afectada. Sin embargo, a veces existen patrones complejos de síntomas y su análisis criterioso resulta de gran valor para decidir el mejor tratamiento para el paciente. Cada médico crea una secuencia propia de evaluación basada en su formación y experiencia, pero es necesario unificar esto, utilizando escalas de evaluación de dolor y de función para tener una valoración adecuada de los resultados de los tratamientos.

Síndrome de la cola de caballo: en ciertas hernias discales de gran volumen o asociadas a estenosis de conducto, puede haber compresión en conjunto de las raíces lumbares, determinando un síndrome de cola de caballo. Se caracterizan por los siguientes signos: hipotonía, arreflexia, parecia, parálisis de los miembros inferiores, usualmente asociada a disfunción esfinteriana. (Ribeiro, 2017, pág. 10)



6.10 HALLAZGOS EN LAS COMPRESIONES VERTEBRALES

Los hallazgos más comunes en las compresiones radiculares se describen como neuropatías periféricas que afectan a las raíces nerviosas.

Tabla N°1

Raíz vertebral lumbar 1	
Dolor localizado	<ul style="list-style-type: none">• Región inguinal• Abdominal difusa
Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none">• Región inguinal
Motricidad	<ul style="list-style-type: none">• Músculo cremasteriano• Oblicuo interno del abdomen• Transverso del abdomen
Reflejos	<ul style="list-style-type: none">• Cremasteriano

Tabla N°2

Raíz vertebral lumbar 2	
Dolor localizado	<ul style="list-style-type: none">• Región inguinal• Región lateral o media del muslo
Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none">• Región anterosuperior del muslo• Región lateral y/o media del muslo• Escroto o labios vaginales
Motricidad	<ul style="list-style-type: none">• Músculo cremasteriano• Cuádriceps• Músculos aductores• Psoas ilíaco
Reflejos	<ul style="list-style-type: none">• Cremasteriano• Patelar

Tabla N°3

Raíz vertebral lumbar 3	
Dolor localizado	<ul style="list-style-type: none">• Región anterior de la rodilla• Región distal del muslo
Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none">• Región anterior del muslo• Región lateral del muslo• Región interna del muslo
Motricidad	<ul style="list-style-type: none">• Cuádriceps• Músculos aductores• Psoas ilíaco
Reflejos	<ul style="list-style-type: none">• Patelar



Tabla N°4

Raíz vertebral lumbar 4	
Dolor localizado	<ul style="list-style-type: none">• Región distal del muslo (cara anterior)• Región de la rodilla (cara anterior e interna)• Región medial de la pierna• Región del tobillo
Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none">• Región distal del muslo (cara anterior)• Región interna del muslo• Región medial de la pierna• Región medial del tobillo
Motricidad	<ul style="list-style-type: none">• Cuádriceps femoral• Aductores • Recto interno• Psoas ilíaco• Tibial anterior• Glúteo medio y menor• Tensor de la fascia lata• Extensor largo del hálux• Extensor corto de los dedos
Reflejos	<ul style="list-style-type: none">• Patelar

Tabla N°5

Raíz vertebral lumbar 5	
Dolor localizado	<ul style="list-style-type: none">• Región lateral de la pierna• Región lateral del tobillo• Región de la cadera• Región glútea
Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none">• Región anterior externa de la pierna• Dorso del pie• Espacio entre el primer y el segundo dedo del pie
Motricidad	<ul style="list-style-type: none">• Tibial anterior• Tibial posterior• Glúteo mayor• Glúteo medio y mínimo
Reflejos	<ul style="list-style-type: none">• Elevación positiva de la pierna (Lasègue)



6.11 MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA COLUMNA LUMBAR

Radiografías: permiten el diagnóstico indirecto de las discopatías, como estrechamientos de los espacios intervertebrales en casos de hernias de disco, presencia de discos calcificados y osteofitos, así como deformidades de los canales laterales, en casos de estenosis crónica del canal lumbar. Permiten la observación general de ese segmento de la columna y detectar fracturas patológicas, espondilolistesis y signos indirectos de metástasis vertebrales. (Fig.Nº3)

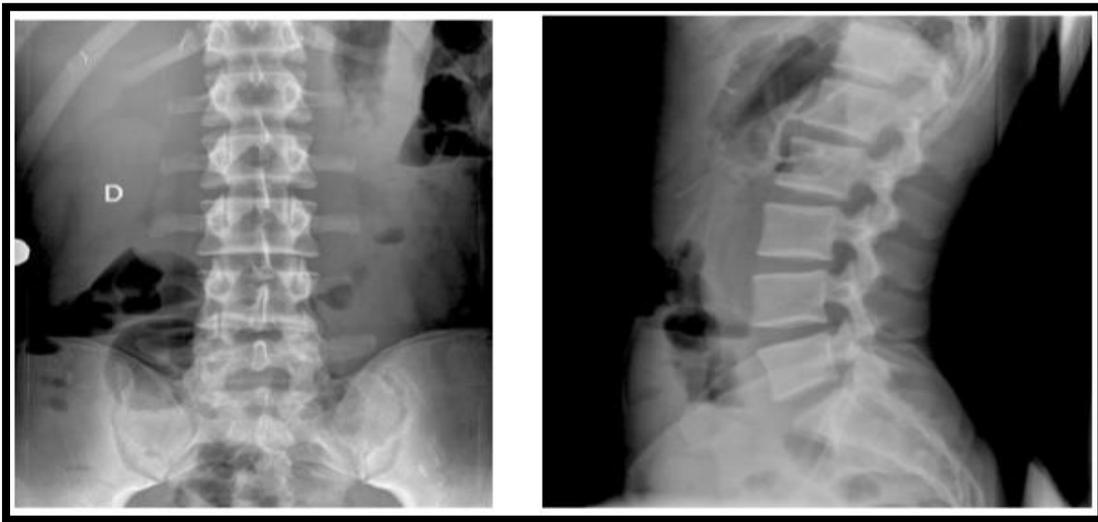


fig. N° 3 (Imagen extraída del Servicio de Radiología del Sanatorio San Martín)

Tomografía: las imágenes por TAC de los órganos internos, huesos, tejidos blandos o vasos sanguíneos, brindan mayores detalles que los exámenes convencionales de rayos X, particularmente en el caso de los tejidos blandos y los vasos sanguíneos. Usando la TAC, la estructura ósea de las vértebras de la columna se observa con claridad y precisión, al igual que los discos intervertebrales y, en cierta medida, los tejidos blandos de la médula espinal.

Facilitan el diagnóstico directo de hernias de disco que provocan estenosis del canal lumbar, como osteofitos con protuberancias hacia el canal e hipertrofias de las cápsulas articulares y el ligamento amarillo. Su insuficiencia radica en que, a veces, no produce imágenes concluyentes en pacientes no operados o evidencias de fibrosis epidural

postoperatoria, en pacientes ya operados. Su problema es que someten a los pacientes a radiaciones importantes. (fig. N°3.1)

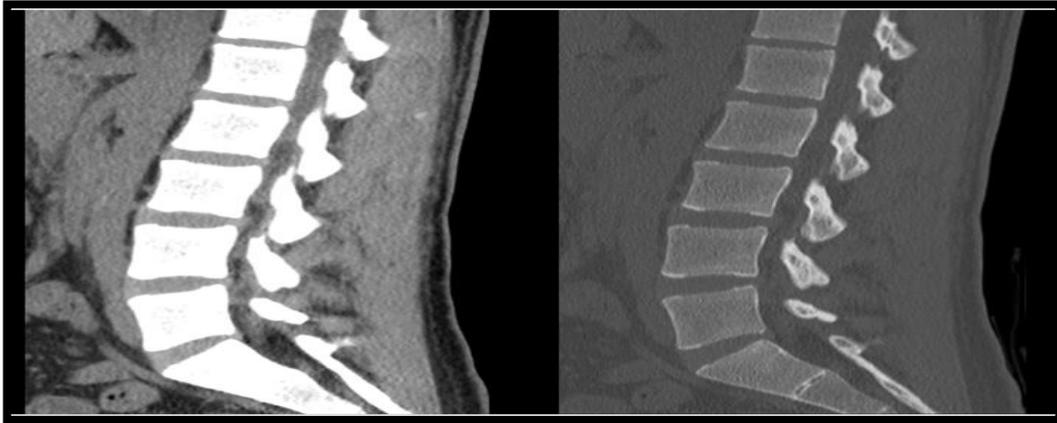


fig. N° 3.1

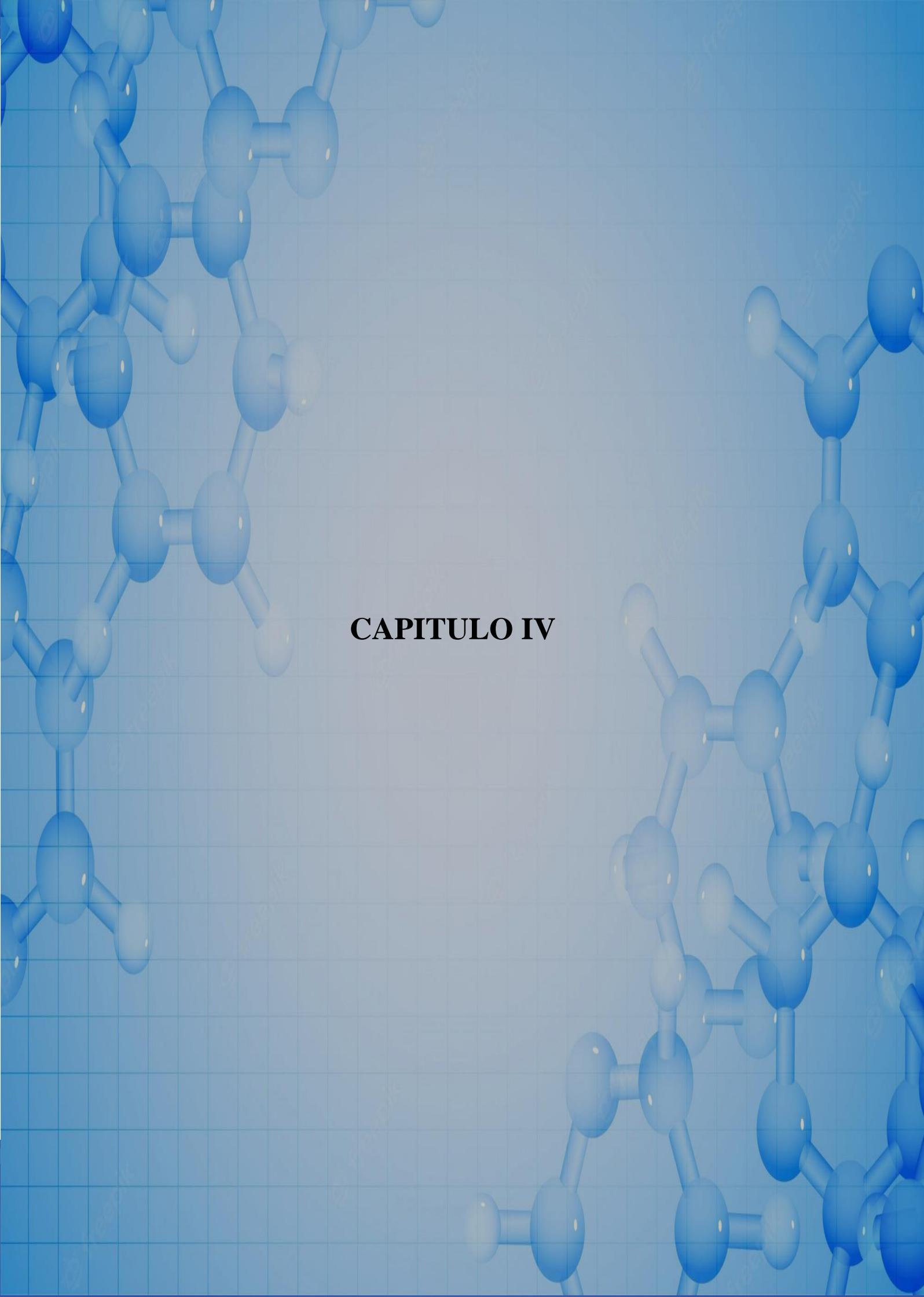
(Imagen extraída del Servicio de Tomografía del Sanatorio San Martín)

Imágenes de resonancia magnética: permiten imágenes más concluyentes de las hernias de disco, las estenosis del canal y la fibrosis epidural postoperatoria. Ventaja adicional: no someten al paciente a radiaciones. (fig. N° 3.2)



fig. N° 3.2

(Imagen extraída del Servicio de Resonancia Magnética del Sanatorio San Martín)

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue background. A molecular structure, composed of blue spheres and connecting rods, is visible in the corners and along the sides, suggesting a scientific or technical theme.

CAPITULO IV



7 ASPECTOS DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA

7.1 RESONANCIA MAGNÉTICA

Se define como la obtención de imágenes morfológicas bioquímicas, metabólicas, fisiológicas y funcionales de tejido que se encuentra en un campo magnético, los cuales son sometidos a pulsos de radiofrecuencia que estimulan los protones de hidrógeno. El equipo de resonancia magnética consta de un hardware y un software. El primero corresponde al magneto, el sistema de gradientes, sistema de radiofrecuencia, sistema de cómputo, y la jaula de Faraday. El software consta de los programas con que cuenta dicha máquina y de aquí la versatilidad de cada equipo para realizar diferentes funciones.

7.2 ÁTOMO, NÚCLEO Y PROTONES

Los átomos están formados por partículas elementales, los protones y neutrones que se encuentran en una pequeña región de los mismos denominada núcleo, y los electrones, que giran en torno al núcleo en un área de hasta 10000 veces mayor, la llamada corteza; prácticamente toda la masa del átomo se concentra en el núcleo, y se llama número másico al número total de neutrones y protones. (J.A.Soria, 2015, pág. 5)

Los protones poseen carga positiva y los electrones negativa, por eso al estar formados por el mismo número de protones que de electrones, los átomos son eléctricamente neutros. El número de los protones que tiene un átomo es el número atómico. Los átomos con el mismo número atómico determinan un elemento químico, mientras que el número de neutrones varía en los distintos isotopos que existen de un elemento, siendo el elemento más simple el hidrógeno que está formado por un protón y un electrón. (J.A.Soria, 2015, pág. 5)

Para la obtención de imágenes en resonancia se utiliza átomos de hidrógeno, en cuyo núcleo hay solo un protón, ya que son los más abundantes del cuerpo humano.

En el cuerpo humano hay gran cantidad de átomos de hidrógeno debido a su alta proporción en agua. El núcleo del átomo de hidrógeno contiene un único protón que gira



constantemente alrededor de su eje (fig. N° 4), actuando como una carga eléctrica en continuo movimiento. Este movimiento se llama espín y es la base del magnetismo. (J.A.Soria, 2015, pág. 5)

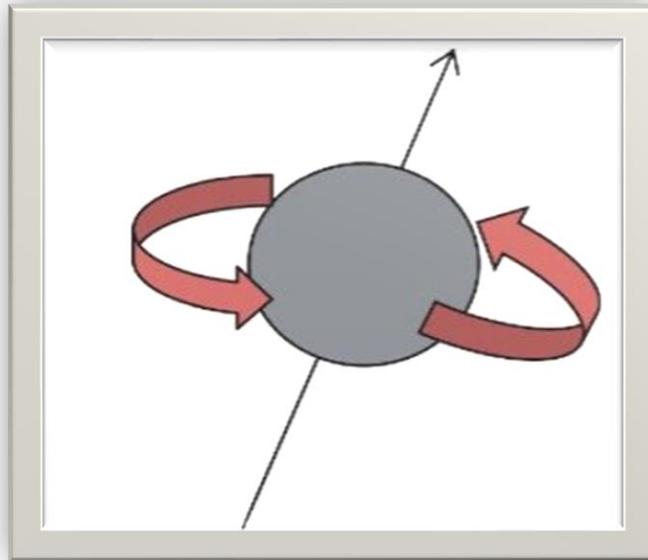


fig. N°4

(Movimiento de un Espín de protón- Imagen extraída del libro J. Costa y J. A. Soria. Pág. n°4)

El espín nuclear es una característica intrínseca del núcleo de hidrógeno. Consiste en que el protón gira de forma continua alrededor de su eje, comportándose, así como un pequeño imán.

Cuando el átomo de hidrógeno no se ve sometido a una fuerza externa, muestra una disposición totalmente aleatoria, apuntando en cualquier dirección del espacio anulándose entre sí dando un equilibrio electromagnético. (J.A.Soria, 2015, pág. 5)

La resonancia magnética se basa en el comportamiento de estos núcleos de hidrógeno bajo la influencia de campos magnéticos externos. Cuando sometemos a un paciente a un campo magnético, los protones de los átomos de hidrógeno presentes en los tejidos



(que se comportan como pequeños imanes) se alinean con dicho campo magnético, unos en paralelos y otros en anti paralelos (fig. N°4.1). Una vez alineados son sometidos con una onda de radio frecuencia y cambian su orientación, es decir los protones entran en resonancia. Al interrumpir la onda de radiofrecuencia los núcleos liberan energía en forma de onda electromagnética y vuelven a su situación inicial (tiempo de relajación) este tiempo de relajación y las diferencias en la densidad de protones presentes determinaran la intensidad de la señal.

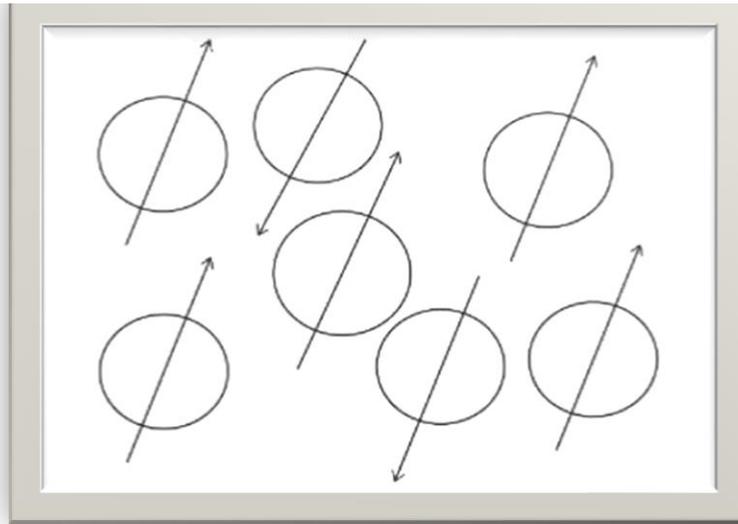


fig. N°4.1

(Distribución paralelo y antiparalelo de los átomos de hidrógeno - Imagen extraída del libro J. Costa y J. A. Soria. Pág. N°6)

7.3 ECUACIÓN DE LARMOR

Cuando se coloca a un paciente en un campo magnético externo los protones se alinean con dicho campo, un movimiento de precesión y a una determinada velocidad angular

denomina frecuencia de precesión (frecuencia de Larmor, fig. N°25), para poder excitar estos protones el pulso de radiofrecuencia que se envía debe ser la misma frecuencia que la frecuencia de precesión que tienen, y para ello se utiliza la ecuación de Larmor, la cual resulta de dos parámetros:



$$\omega_0 = \gamma \cdot B_0$$

fig. N°25

Donde ω es la frecuencia de precesión en megahercios (MHz), B_0 es la fuerza del campo magnético externo y γ es la constante o relación giromagnético característica para cada núcleo que se mide en MHz/T en el caso del hidrógeno es 42,5 MHz/T. (J.A.Soria, 2015, pág. 7)

7.4 ESTADOS ENERGÉTICOS. PROTONES EN PARALELO Y ANTI PARALELO

En un campo magnético los protones pueden tener dos estados energéticos:

- estado paralelo o estado de baja energía en el momento que se encuentran alineados con el campo magnético externo.
- Estado anti paralelo o estado de alta energía en los que los protones han sido estimulados por ondas de radio frecuencia (frecuencia de Larmor) y han absorbido energía.

Los protones se reparten casi de forma equitativa entre el sentido paralelo y antiparalelo, pero siempre existe un pequeño exceso de protones en paralelos, es decir, en estado de baja energía, aunque esta diferencia es muy pequeña, esto hace posible la producción de señal en resonancia. La separación entre dos niveles de energía paralelo y anti paralelo es proporcional al campo magnético siendo mejor la señal de resonancia cuanto mayor sea el campo magnético aplicado. (J.A.Soria, 2015, pág. 7)



7.5 MAGNETIZACIÓN LONGITUDINAL

En resonancia se trabaja con el momento magnético total, que resulta de la suma de todos los momentos magnéticos individuales de cada núcleo.

Los protones se distribuyen uniformemente lo que supone la anulación de sus fuerzas, estos protones se alinean con el campo magnético externo al que están sometidos y puesto que habrá más protones en sentido paralelo, este exceso de protones en paralelos origina un vector de magnetización o momento magnético (M) cuya magnitud es directamente proporcional a la intensidad del campo magnético externo y tiene su misma dirección. (Fig. N°26). Este momento vector se conoce como magnetización longitudinal que procesiona sobre el eje del campo magnético externo a la frecuencia de Larmor. (J.A.Soria, 2015, pág. 7).

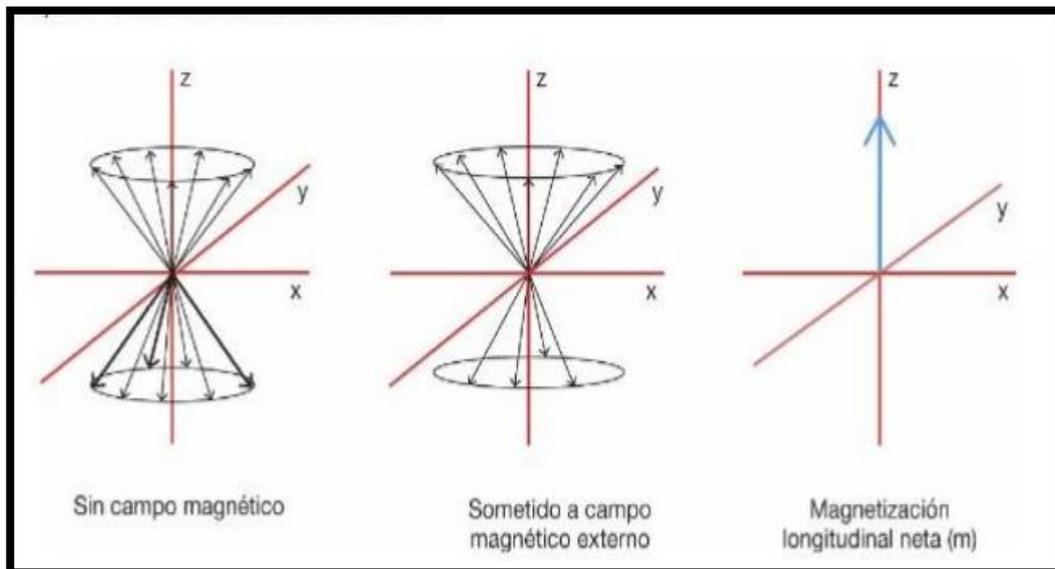


Fig. N°26

(Esquema gráfico de la magnetización longitudinal -Imagen extraída del libro J. Costa y J. A.Soria Pág. n°8)



7.6 PULSOS DE RADIOFRECUENCIA

Los protones se encuentran en estado de equilibrio, alineados con el campo magnético y forman el vector de magnetización longitudinal, se puede utilizar para obtener la señal de resonancia magnética pero no se pueden cuantificar porque está en paralelo a las líneas del campo magnético externo. Para hacerlo se necesita cambiar su posición, lo que se consigue proporcionando un pulso de radiofrecuencia.

Para esto existen dos tipos de pulsos de radiofrecuencias:

- Un pulso de 90° que hace que el vector de magnetización longitudinal z gire en transversal hacia el eje XY . (fig. Fig. N°27)
- Un pulso de 180° que hace que la magnetización gire hacia el eje z pero en sentido opuesto a la dirección del campo magnético principal.

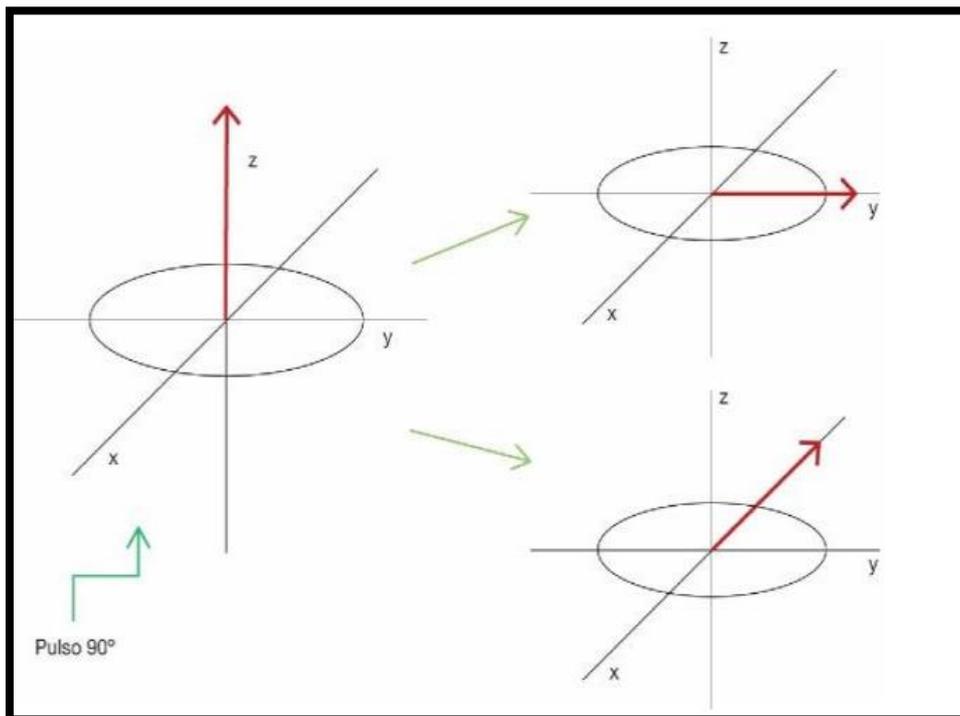


Fig. N°27

(Pulso de radiofrecuencia a 90° sobre el vector de magnetización longitudinal -Imagen extraída del libro J. Costa y J. A. Soria Pág. N°8)

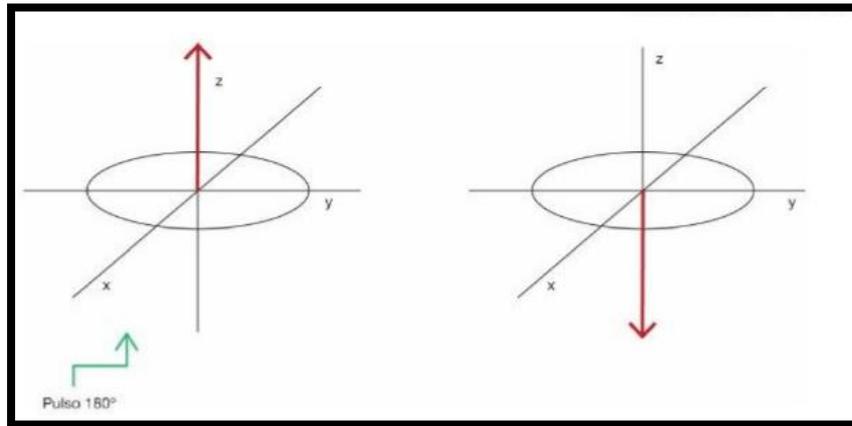


Fig. N°28

Pulso de radiofrecuencia a 180° sobre el vector de magnetización longitudinal -Imagen extraída del libro J. Costa y J. A. Soria Pág. N°9)

Cabe recordar que no todo pulso de radiofrecuencia perturba a los protones, en este caso, son capaces de captar energía y pasar de estar en paralelo con respecto al campo magnético a estar en anti paralelo, entrando así en resonancia. Cuanto más fuerte y prolongado es el pulso de radiofrecuencia más protones girarán. (J.A.Soria, 2015, pág. 8)

7.7 MAGNETIZACIÓN TRANSVERSAL

La resonancia magnética puede detectarse solo si se crea una magnetización transversal perpendicular a la longitudinal que es capaz de inducir una tensión a una bobina receptora.

Si se aplica un pulso de radiofrecuencia con 90° que además gire de forma sincronizada con los espines en precesión, se logra que el vector de magnetización longitudinal se aparte de su orientación de equilibrio (fig. N°29). Cuando la onda de radiofrecuencia es capaz de inducir en la magnetización neta un giro de 90° la magnetización longitudinal se transforma en transversal. (J.A.Soria, 2015, pág. 9)

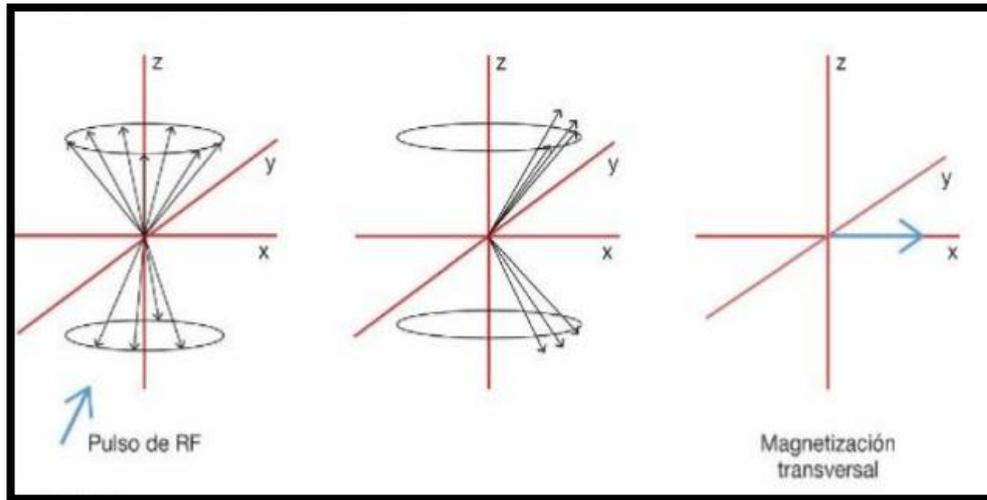


Fig. N°29

(Pulso de radiofrecuencia a 180° sobre el vector de magnetización longitudinal -Imagen extraída del libro J. Costa y J. A.Soria Pág. N°9)

7.8 RELAJACIÓN TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL

Cuando cesa el pulso de radiofrecuencia, los protones que han captado energía comienzan a ceder la energía excedente para volver al estado de equilibrio, fenómeno que se conoce como relajación.

Esta relajación necesita que las estructuras del entorno sean capaces de absorber energía. Se produce un trasvase de energía de los protones a las moléculas de su alrededor. Esta cesión de energía se produce en dos formas:

- Por un lado, los protones pierden la fase de precesión
- Por otra vuelven a alinearse en sentido paralelo y se denomina relajación longitudinal, relajación T1 o espín-red.

El fenómeno de pérdida energética en el plano XY se denomina relajación transversal o relajación espín-espín y está relacionada con la pérdida de fase de los protones.

En el momento de retorno al equilibrio estos protones producen una energía que es recogida por una antena receptora y se obtienen así imágenes de resonancia. Esta señal eléctrica se conoce como free inducción decay (FID) y es una señal sinusoidal amortiguadora. (J.A.Soria, 2015, pág. 9)



7.9 RELAJACIÓN T1 Y RELAJACIÓN T2

Al momento de cesar el pulso de radiofrecuencia la energía absorbida por los protones se libera al medio pasando estos a un estado de menor energía y recuperando la magnetización longitudinal. Esta recuperación es diferente para cada tipo de tejido ya que no todos los protones se relajan al mismo tiempo porque se encuentran en distintas estructuras moleculares.

La relajación T1: las imágenes potenciadas en T1 se obtienen usando tiempo de repetición y tiempo de eco cortos. Al usar tiempos de eco cortos, la información se adquiere antes de la relajación transversal; es por esto que las diferencias en el componente de la magnetización longitudinal entre los tejidos aparecen como las diferencias en la intensidad de señal. Debido a esto, estructuras con tiempos de relajación muy cortos, como la grasa, aparecen con alta intensidad de señal con respecto a aquellas con tiempos de relajación más prolongados, como el agua, por lo que estructuras ricas en agua, como el líquido cefalorraquídeo, se ven de muy baja intensidad de señal. Así mismo, la sustancia blanca del cerebro, por ser rica en grasa, se ve con mayor señal en relación con la sustancia gris, que tiene una baja señal por su alto contenido de agua. La utilidad básica de las imágenes potenciadas en T1, radica en que estas proporcionan un excelente detalle de la anatomía y, si se usa medio de contraste estas imágenes también pueden demostrar entidades patológicas.

La relajación T2: Empleando un tiempo de repetición largo, los tiempos de relajación longitudinal entre los tejidos serán aproximadamente iguales. Usando tiempos de eco largos, las diferencias en el tiempo de relajación transversal entre los tejidos aparecen como las diferencias en el contraste en las imágenes. Por lo tanto, usando tiempos de repetición y tiempos de eco largos, se elimina el efecto T1 y se obtienen imágenes potenciadas en T2. Esta secuencia deja ver la grasa como una señal de baja intensidad y, el líquido, como una señal de alta intensidad. (Fig. N°30)



TABLA 2.3 Diferencia de contraste debido a la diferencia de intensidad de señal de los diferentes tejidos, según su potenciación			
	Blanco	Gris	Negro
T1	Grasa	Sustancia gris	Líquido cefalorraquídeo
	Hemorragia subaguda	Hígado.	Orina
	Sustancia blanca	Bazo	Quistes
	Contraste	Páncreas	Tendones
T2		Riñón	Vasos
		Músculo	Aire
		Lesiones con agua	Fibrosis
	Líquido cefalorraquídeo	Sustancia gris	Sustancia blanca
	Orina	Grasa	Páncreas
	Quistes		Hígado
	Tumores		Músculo
	Riñón		Hueso cortical
	Bazo		Tendones
	Agua libre		Aire
		Vasos	

Fig. N°30

(Diferencia de contraste debido a la diferencia de intensidad de señal de los tejidos -Imagen extraída del libro J. Costa y J. A. Soria Pág. N°17)

7.10 CONTRASTE TISULAR

El contraste es un elemento clave en la imagen de una resonancia para realizar el diagnóstico ya que permite diferenciar estructuras anatómicas adyacentes o vecinas, por una interacción compleja, múltiples variables, unas intrínsecas inherentes y otras extrínsecas dependientes de factores técnicos o de aplicaciones.

El técnico debe conocer las variables que influyen las características de la señal de los tejidos para obtener el mayor contraste en la imagen.

7.11 PARÁMETROS INTRÍNSECOS

Son aquellos que no se pueden cambiar porque son inherentes a los tejidos, ya que cada tejido tiene una característica específica para la señal de resonancia magnética que condiciona el contraste de la imagen. Cada tejido tiene una relajación diferente expresada en el contraste tisular. El claro ejemplo son la relajación T1 y relajación T2. Por otra parte también está la densidad protónica que es un factor intrínseco del contraste tisular. (J.A.Soria, 2015, pág. 13)



7.12 DENSIDAD PROTÓNICA

La densidad protónica tiene relación directa con el número de protones por volumen en cada tejido: a más protones, más señal. La señal del hueso es baja porque es un tejido con pocos protones y lo mismo sucede en estructuras con aire.

7.13 PARÁMETROS EXTRÍNSECOS

Son aquellos que pueden ser manipulados por el técnico. Hay diferentes parámetros que contribuyen al contraste.

- Tiempo de repetición (TR): tiempo que transcurre entre un pulso de radiofrecuencia y el siguiente.
- Tiempo de eco (TE): tiempo que transcurre entre un pulso de radiofrecuencia y la recogida del eco.
- Ángulo de inclinación (flip angle): ángulo que indica el vector de magnetización longitudinal.
- Tiempo de inversión: es el tiempo que separa el pulso inicial de 180° del pulso de 90°

El tiempo de repetición y el tiempo de eco se utilizan en las secuencias en unos límites que permiten pequeñas diferencias. Es importante considerar que sobrepasando los límites el resultado puede ser no deseado e incluso de baja calidad. El operador (técnico/licenciado) debe conocer como son estos parámetros extrínsecos y potenciaciones necesarias en T1, T2 y DP. (J.A.Soria, 2015, pág. 15)

- ❖ El TR determina el tiempo T1 y la ponderación de la imagen en densidad protónica.
- ❖ El ángulo de inclinación controla el tiempo T1 y la ponderación de la imagen en densidad protónica.
- ❖ El TE controla la ponderación T2 de la imagen. Existen otros parámetros técnicos como el tiempo de adquisición, la señal-ruido y la resolución espacial que influyen en la calidad del estudio.



Tejido	T2	Potenciación	TR	TE
Músculo	47 ms	T1	Corto (-600 ms)	Corto (-20 ms)
Riñón	58 ms			
Grasa	84 ms	T2	Largo (+1.500 ms)	Largo (+80 ms)
Sustancia blanca	92 ms			
Sustancia gris	101 ms	DP	Largo (+1.500 ms)	Corto (-20 ms)
Líquido cefalorraquídeo	> 2.000 ms			

Fig. N°31

(Tabla 1 con los tiempos de relajación transversal / tabla 2 tiempos para conseguir la potenciación deseada -Imagen extraída del libro J. Costa y J. A.Soria Pág. N°17)

7.14 SECUENCIAS DE PULSO

Son el conjunto de los pulsos de radiofrecuencia que se envía en forma específica para estimular los protones de hidrógeno. Estas pueden ser de diferentes tipos: Spin eco, eco de gradiente, inversión recuperación, etc. Estas secuencias de pulso dan origen a imágenes adquiridas en T1, T2 o densidad de protones, dependiendo de dos factores que son el tiempo de relajación y el tiempo de eco.

❖ Secuencia spin eco

Es la secuencia más comúnmente usada, conocida también como eco. Se caracteriza por la aplicación inicial de un pulso de radiofrecuencia de 90 grados, seguido más adelante por uno de 180 grados. Luego del doble del tiempo entre estos dos pulsos se recibe una señal o eco proveniente del tejido estimulado. Se aplican sucesivamente varias secuencias de pulsos de 90 y 180°, cada una de las cuales produce un eco que conformará la onda de radiofrecuencia que provee la información molecular.

❖ Secuencias Inversión-Recuperación (IR)

Estas secuencias comienzan con un pulso de inversión de 180°, se espera un tiempo denominado tiempo de inversión (TI), y se envía un pulso de 90° de excitación para



posteriormente recoger la señal. Ese pulso de 180° tiene como función potenciar la señal obtenida y permite anular la señal de algunos tejidos aumentando el contraste.

Generalmente la señal de los tejidos que se anulan son los del agua y la grasa. Si anulamos la señal de la grasa tenemos la secuencia STIR.

❖ **Secuencia spin eco potenciada en densidad de protones**

Cuando se combinan un tiempo de repetición largo y un tiempo de eco corto, las diferencias en el componente de la magnetización longitudinal entre los tejidos corresponden a la diferencia en la densidad de protones en el núcleo de las moléculas de hidrógeno para cada tejido y se obtienen imágenes potenciadas en densidad de protones. Las estructuras líquidas producen una señal intermedia.

❖ **Secuencia gradiente de eco**

Se trata de una forma de adquirir señales o ecos sin la aplicación de pulsos de 180° después del pulso inicial de 90° , en cambio, se invierte sucesivamente la polaridad del campo magnético externo al que está siendo expuesto el tejido. A este proceso se le conoce como adquisición de ecos por inversión de gradientes. Es una técnica en la cual se inicia con un pulso similar al usado en la secuencia spin eco, pero de menor duración, esto hace que la orientación de los campos magnéticos de los átomos en precesión sea modificada en un ángulo menor de 90° . En esta secuencia el parámetro que se debe tener en cuenta es el ángulo de deflexión de la magnetización, ya que es más importante que el tiempo de repetición y el tiempo de eco para determinar el tipo de información que se pretende obtener. En general, los ángulos mayores de 45° proporcionan información potenciada en T1 y los pequeños (menos de 30°) tienen muy bajo impacto T1. Esto significa que con ángulos tan pequeños no se obtiene información potenciada en T2, sino que simplemente tiene muy poca influencia de T1, por lo que la información que se obtiene es potenciada en T2 o susceptibilidad magnética. (L. Oleaga, 2007, pág. 39)



❖ Secuencia stir

El tiempo de inversión es corto, y no solamente satura la grasa sino que también lo hace con los tejidos con un T1 corto. No debe utilizarse con contraste. Obtendremos imágenes en las que podremos detectar la patología fácilmente, ya que en ellas suele haber edema y solamente nos daría el agua una señal muy intensa. Son muy utilizadas en el sistema músculo-esquelético, sobre todo en la columna vertebral.

7.15 ARTEFACTOS EN LA IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA

Su importancia radica en que puede ser un motivo de confusión que lleve a diagnósticos erróneos. Conocerlos es, por lo tanto, requisito imprescindible para alcanzar un nivel de calidad suficiente en la interpretación de las imágenes por resonancia magnética (RM). Su origen puede estar en las limitaciones o los defectos de funcionamiento del hardware o software del sistema de RM, pero también en la actividad fisiológica, las propiedades naturales del cuerpo humano y el comportamiento del paciente. Se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- La física molecular de los tejidos: son producidos por desplazamientos químicos de la molécula de hidrógeno, contornos negros y susceptibilidad magnética.
- Comportamientos fisiológicos o patológicos del cuerpo, sus órganos o sus sistemas: son producidos por movimientos y pulsaciones, flujos y ángulos cortos por ejemplo los tendones.
- Por defectos técnicos o mecánicos: son producidos por cruce de pulsos, uso inadecuado de la antena, alteración de la homogeneidad del campo fantasma, inestabilidad de la fase. (L. Oleaga, 2007, págs. 48,49)



7.16 SISTEMA DE RESONANCIA (EQUIPO, CENTRO DE CONTROL Y SALA)

Al momento de realizar una resonancia magnética se debe tener en cuenta que se necesitará la integración de equipos sofisticados con diferentes componentes que permitan interactuar con los ordenadores y así proporcionar un funcionamiento que se considerará un sistema que constará de elementos importantes para la obtención de la imagen. además de su costo de instalación y mantenimiento.

El área donde se realizará el estudio debe tener un diseño cuidadoso con suficiente espacio para todo el equipamiento, y además una sala de espera para los pacientes, siempre respetando las normas de bioseguridad en relación con la contaminación acústica del equipo y a las fuerzas del campo magnético. Cabe recordar que al momento de realizar esta estructura se debe tener en cuenta la fuerte inversión económica para adquirir un resonador. Además de su costo de instalación y mantenimiento.

7.17 COMPONENTES DE UNA SALA DE RESONANCIA

El equipo principal corresponde al imán, elemento esencial para crear el magnetismo en los tejidos del paciente, la radiofrecuencia que perturba el campo magnético estático y genera la señal del tejido para obtener la imagen.

7.17.1 EL IMÁN

Es uno de los elementos básicos, aunque también el más caro, pesado (unas 50 toneladas) voluminosos del sistema RM. Produce el campo magnético estático B_0 y su potencia se mide en Tesla (T) ($1T=10000\text{Gauss}$). Debido a su gran peso y a su necesidad de aislamiento los centros de RM tienden a instalarse en sótanos, plantas bajas o primeros pisos de los edificios. No obstante, se pueden ubicar en plantas superiores reforzando el suelo si es necesario. (Fig. n°32)



- La intensidad del campo magnético es la principal determinante del contraste en la imagen de la resonancia ya que interviene en el cambio de energía entre protones y su entorno. Los tiempos de relajación longitudinal del tejido se modifican según la fuerza del campo magnético.
- La inhomogeneidad se mide en partes por millón (ppm). Una inhomogeneidad de 1 ppm un imán de 1T produce un rango de 100000,00 G. (Diana Valeria Intriago Morales, 2012, pág. 17)

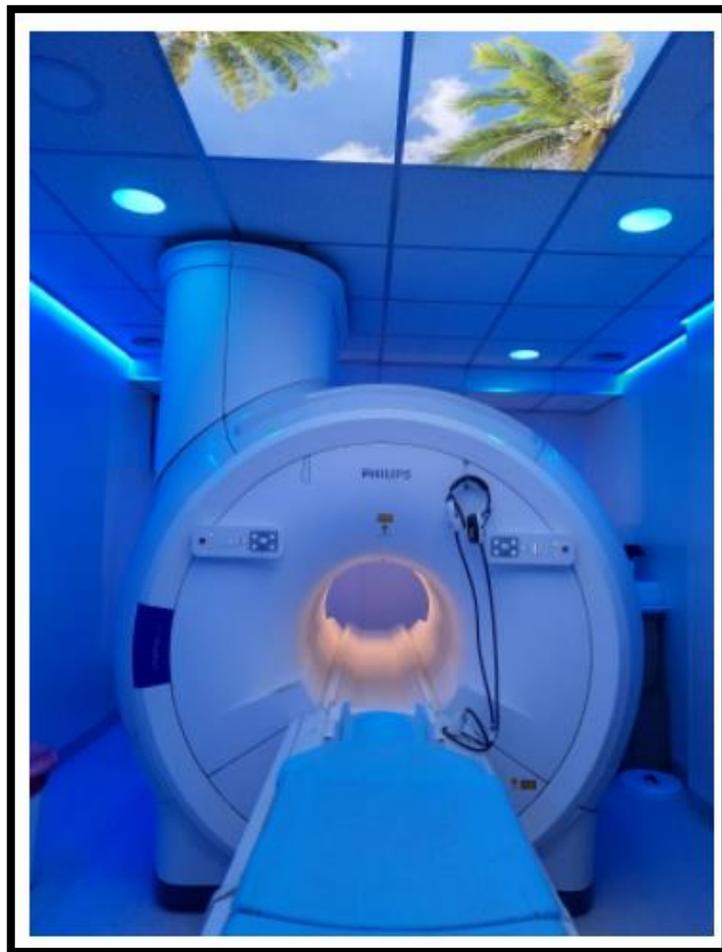


Fig. N°32

(Imagen tomada en el Servicio de Resonancia del Sanatorio San Martín año 2021, Ciudad de Venado Tuerto, Prov. Santa Fe).



El imán se compone de un material ferromagnético (hierro, níquel, u otros metales) y es un método simple de crear un campo magnético perpendicular al paciente. Su principal ventaja es que la intensidad es baja cerca del equipo lo que reduce las medidas de seguridad. Existen 2 tipos:

- Imán resistivo: magneto creado por una corriente eléctrica que fluye por un material (ley de electromagnetismo de Maxwell). Este campo se forma alrededor del conductor eléctrico, produce calor y se incrementa la resistencia de flujo, para ello necesita un sistema de refrigeración. La intensidad de este varía entre 0,1 o 0,3 tesla. (J.A.Soria, 2015, pág. 22).
- Imán súper conductor: magneto que utiliza cables de niobio y titanio que se enfría a una temperatura de -268°C . Tiende a perder la resistencia a la condición eléctrica y es permanente. Para poder enfriarlo se utiliza helio líquido que se encontrara por el centro y externo al mismo. Cabe recordar que el helio es un material muy costoso y es tenido en cuenta al momento de instalar dicho imán. La intensidad de estos varía entre 0,5 a 3.0 tesla. (J.A.Soria, 2015, pág. 22)

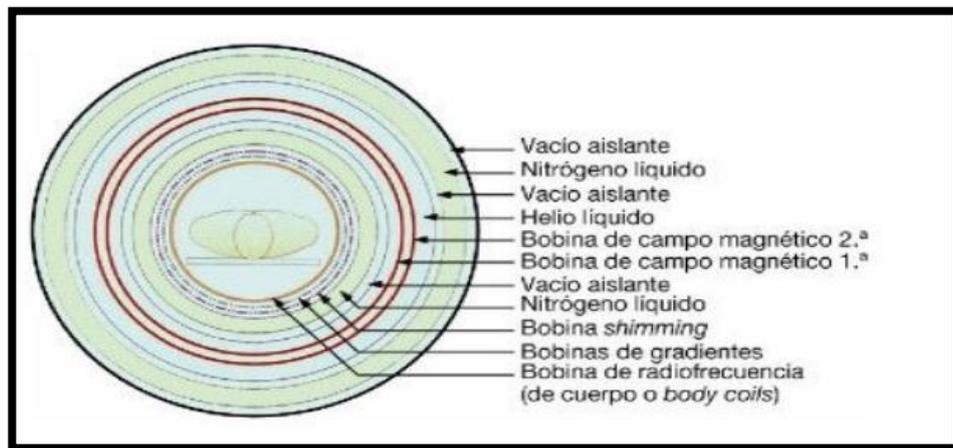


Fig. N°33

Esquema de un sistema de resonancia magnética con sus respectivos componentes vista de un corte transversal. Imagen extraída del libro J. Costa y J. A. Soria pág. N°22



7.17.2 SISTEMA DE HOMOMENIZACIÓN DE CAMPO (SHIMINIG)

Es el proceso por el cual se logra la compensación o ajuste de las homogeneidades del campo magnético y se puede lograr de dos formas diferentes:

- Por compensación activa: las pequeñas bobinas que se encuentran en el campo principal y que realizan campos correctores compensan la falta de homogeneidad.
- Por compensación pasiva: se produce mediante pequeñas cuñas (shim) ferromagnéticas que se colocarán en los polos de los imanes que producirán campos magnéticos que se incorporarán al campo principal.

7.18 SISTEMA DE GRADIENTES

Son antenas o bobinas de gradientes situadas al lado del imán y de manera concéntrica a este presenta seis electromagnetos cilíndricos distribuidos en pares para cada eje espacial. La función principal de las mismas es localizar la señal de resonancia de los tejidos en las tres direcciones espaciales. Además, realizar la codificación espacial de la señal formada por tres pasos:

- Selección de corte (componente z, GZ): es el encargado de la selección del corte y determina el grosor del mismo que debe excitarse con la radiofrecuencia.
- Codificación de frecuencia (componente x, GX): se aplica perpendicular al gradiente de selección de corte antes y durante la formación del eco, realiza la lectura o codificación de la frecuencia.
- Codificación de fase (componente y, Gy): se aplica sobre el tercer eje perpendicular (y), después de la selección del corte y antes de la lectura de la frecuencia.



7.19 SISTEMA DE RADIOFRECUENCIA

Para producir una imagen, la radiofrecuencia transmitida debe ser igual a la frecuencia de precesión del hidrógeno para conseguir el efecto de la resonancia. Esta frecuencia de precesión está próxima a la radiofrecuencia de las ondas de radio por lo que es necesario el aislamiento del entorno externo. Esta radiofrecuencia se transmite en un corto período de tiempo que se llama pulso de radiofrecuencia que ayuda a la producción del contraste en la calidad de la imagen.

7.19.1 ANTENAS DE RADIO FRECUENCIA

Las antenas de radiofrecuencia pueden ser transmisora de radiofrecuencia, receptora de señal de resonancia o mixta si realizan ambas funciones. Existen diferentes tipos:

- ❖ Modelo de antena única: compuesta por un circuito eléctrico con amplificador.
- ❖ Modelo de antena múltiple o en serie: tiene varias antenas integradas entre sí con un amplificador y pueden aumentar el número de canales en función de las necesidades.
- ❖ Antenas de cuerpo: es transmisora y receptora, está integrada en el equipo
- ❖ Antenas de volumen: existen de diferentes formas, suelen recibir y transmitir, por su gran tamaño se alejan del objeto y disminuye la señal –ruido.
- ❖ Antenas de superficie (lineales): son las antenas que más se acercan al objeto y así la relación señal-ruido es alta. Son muy útiles en cuanto al estudio de las extremidades ya que se adaptan a la zona a estudiar.

8 MESA DE EQUIPO DE RESONADOR PHILIPS PRODIVA 1.5 TESLA

Es una mesa flotante de 54cm de ancho, sin patas para la comodidad del personal y del paciente. Esta mesa puede soportar un máximo de 200 kg. de peso, con una profundidad de 243cm. y un alcance máximo de exploración de 145 cm. La velocidad máxima de avance de la mesa verticalmente motorizada es de 7,5 cm/s y longitudinalmente es de 20cm/s. Además, presenta:



- Iluminación del interior del túnel.
- Ventilación del interior del túnel.
- Sistema de intercomunicación con el paciente como altavoz, micrófono y auriculares.
- Pera de llamada de asistencia al paciente.
- Juego estándar de almohadillas para posicionar de forma estable al paciente y cintas de sujeción.



Fig. N°34

(Imagen tomada en el servicio de resonancia del Sanatorio San Martín año 2021,
Ciudad de Venado Tuerto Prov. Santa Fe).



8.1 SALA DE CONTROL DEL RESONADOR PHILIPS PRODIVA 1.5 TESLA

Es una sala en el cual el técnico podrá seleccionar el parámetro de resolución (matriz, número de cortes, campo de visión, etc.). Así mismo las secuencias que necesitará para la parte del cuerpo a explorar, en nuestro caso es la columna lumbar, esta sala es el centro principal donde se planifica y se adquiere el estudio. (Fig. N°35)

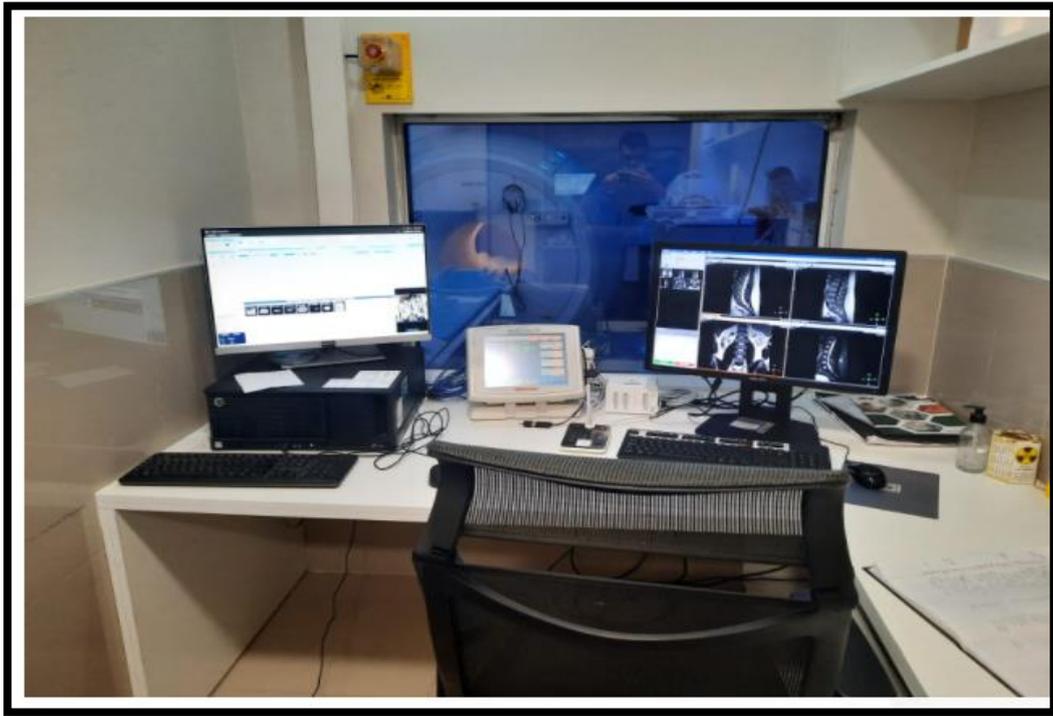


Fig. N°35

(Imagen tomada en el Servicio de Resonancia del Sanatorio San Martín, año 2021, Ciudad de Venado Tuerto, Prov. Santa Fe).

8.2 SALA TÉCNICA

Está situado al lado del campo magnético o en la sala de control. Alberga los armarios técnicos, cuyo lugar debe estar totalmente refrigerado con una temperatura de aproximadamente entre 15° y 20°, temperatura que permitirá enfriar todos los dispositivos para el funcionamiento de los armarios (Fig. N°36). Son tres:

- Armario del compresor: contiene la refrigeración.



- Armario de gradientes: contiene la electrónica de la potencia que produce los gradientes.
- Armario de control: contiene la fuente de alimentación completa y el sistema de control del imán.

Además, contiene los componentes electrónicos para:

- Controlar la secuencia de medición.
- Generar RF.
- Generar corriente shimming.



Fig.N°36

(Imagen tomada en el Servicio de Resonancia del Sanatorio San Martín, año 2021, Ciudad de Venado Tuerto, Prov. Santa Fe).



8.3 JAULA DE FARADAY

Una jaula de Faraday es una caja metálica que protege de los campos eléctricos estáticos. Debe su nombre al físico Michael Faraday, que construyó una en 1836. Se emplea para proteger de descargas eléctricas, ya que en su interior el campo eléctrico es nulo. El funcionamiento de la jaula de Faraday se basa en las propiedades de un conductor en equilibrio electrostático (Fig.N°37)

Cuando la caja metálica se coloca en presencia de un campo eléctrico externo, las cargas positivas se quedan en las posiciones de la red. Los electrones, sin embargo, que en un metal son libres, empiezan a moverse puesto que sobre ellos actúa una fuerza. Como la carga del electrón es negativa, los electrones se mueven en sentido contrario al campo eléctrico y, aunque la carga total del conductor es cero, uno de los lados de la caja (en el que se acumulan los electrones) se queda con un exceso de carga negativa, mientras que el otro lado queda con un defecto de electrones (carga positiva). Este desplazamiento de las cargas hace que en el interior de la caja se cree un campo eléctrico, en sentido contrario al campo externo. El campo eléctrico resultante en el interior del conductor es por tanto nulo.

Como en el interior de la caja no hay campo, ninguna carga puede atravesarla, por ello se emplea para proteger dispositivos de cargas eléctricas. El fenómeno se denomina apantallamiento eléctrico. (Herrerias, 2007)



Fig.N°37

(Material del Blindaje: cobre o aluminio de 99,5% de pureza cubriendo piso, paredes y techo. Aleación de aluminio de mayor resistencia a la corrosión y a la humedad.)

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue background. Scattered across the grid are several 3D ball-and-stick molecular models, rendered in a semi-transparent blue color. These models represent various chemical structures, including what appears to be a benzene ring and other complex organic molecules. The text 'CAPITULO V' is centered in the middle of the page.

CAPITULO V



9 SEGURIDAD Y CONTRAINDICACIONES

Una resonancia magnética tiene ciertas limitaciones en especial con pacientes que tienen objetos metálicos en el cuerpo. Es muy importante dar las indicaciones claras al paciente para evitar accidentes dentro del equipo, es indispensable que el paciente coopere, y revisar que el equipo este en correctas condiciones de uso (Fig.N°38)



Fig.N°38

(Imagen tomada en el Servicio de Resonancia del Sanatorio San Martín año 2021, ciudad de Venado Tuerto, prov. Santa Fe).



9.1 CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS

Marcapasos cardíacos, cables marcapasos epicardios, desfibriladores de cardioversión, neuroestimuladores, implantes cocleares, estimuladores del crecimiento óseo, bombas de irrigación interna y cualquier otro sistema biomecánico implantado y controlado o activado eléctrica, magnética o mecánicamente. También está contraindicada en algunos pacientes con grapas de aneurisma intracraneal o cuerpos extraños en el ojo.

Los metales hierro, cobalto y níquel, y sus diversas aleaciones (bolígrafos, horquillas metálicas, monedas, llaves) pueden ser lanzados o desplazados con fuerza si se colocan dentro del campo de la bobina de RM. A una distancia de 2,5 a 3 metros, la fuerza de atracción de un imán de 1.5 tesla, puede ser suficiente para arrastrar una silla de ruedas. A 1 metro, una bala de oxígeno podría ser atraída hacia el imán, por lo que está prohibida la introducción de objetos metálicos en la sala del imán. (Fig.n°39)



Fig.N°39

(Imagen que demuestra la potencia de un imán al llevar una silla de rueda de un paciente)



Aquellas grapas quirúrgicas que no estén fijadas a estructuras vitales, aunque no contraindican la realización de la exploración, pueden dar artefactos (defectos en la imagen). Otros tipos de implantes metálicos no electromagnéticos, los tubos de conexión de derivaciones vasculares y los anillos, filtros y constrictores intravasculares, no suelen constituir problemas. Los implantes cocleares constan de un micrófono externo y un procesador de señal acoplado a través de la piel a un estimulador del nervio interno, por medio de una bobina magnética de amplificación, por lo que estos pacientes están contraindicados en casos de exploraciones de RM, porque podrían experimentar sensaciones auditivas y térmicas falsas y distorsiones y deflexiones.

9.1.1 MARCAPASOS CARDÍACO

Tienen un conmutador filiforme que puede ser activado por un generador externo. Aparte de las alteraciones en el ritmo cardíaco, estos dispositivos electrónicos pueden verse reprogramados o dañados por los impulsos de RF o por los campos magnéticos cambiantes de la RM, pudiendo inducir corrientes eléctricas en las guías del marcapaso que enmascararían la actividad cardíaca e inhibirían el trabajo del marcapasos. Además, algunos marcapasos tienen elementos ferromagnéticos. Hoy en día es prudente excluir a todo paciente portador de marcapasos con derivaciones epicárdicas de la realización de esta técnica.

9.1.2 DISPOSITIVOS ORTOPÉDICOS

Muchos bioimplantes metálicos modernos pueden provocar artefactos en la imagen, aunque no sean ferromagnéticos debido a la inducción de corrientes turbulentas por materiales conductores. El calentamiento de las prótesis metálicas modernas (de hasta 25 grados), no supone contraindicación para la realización de la RM.



9.1.3 PROYECTILES

Algunas balas y proyectiles de acero se desplazaron bajo un imán de 1.5 tesla, por lo que representan un riesgo de afectación de estructuras vitales si están en el cuerpo. Los perdigones y las postas de plomo no se desplazan, por lo que no son inconveniente para la realización de la RM.



(Imagen de una camilla del paciente que, por error, alguien dejó entrar a la sala de resonancia demostrando la capacidad de atraer cualquier elemento ferromagnético de alto volumen)

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue background. On the left and right sides, there are semi-transparent, 3D ball-and-stick molecular models of a polymer chain, showing interconnected rings and atoms in shades of blue and white.

CAPITULO VI



10 PREPARACIÓN Y POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

10.1 PREPARACIÓN

- ❖ Explicarle al paciente el procedimiento, con la intención de evitar los artefactos por movimientos (una posición cómoda que no provoque dolor)
- ❖ Ofrecerle protectores o tapones para los oídos
- ❖ Solicitarle que se saque todos los objetos metálicos (audífonos, hebillas para el cabello, cinturón, joyas, etc.)

10.2 POSICIONAMIENTO

- ❖ Paciente en decúbito supino en mesa del examen, cabeza en relación al imán, brazos a lo largo del cuerpo; el láser longitudinal debe pasar por la línea media y el horizontal por las crestas ilíacas, aproximadamente por la tercera vértebra lumbar. Una esponja triangular debajo de las rodillas para reducir la curva fisiológica y brindar comodidad. Utilizar cintas velcro para inmovilizar.



fig. N°40

(Imagen tomada en el Servicio de Resonancia del Sanatorio San Martín año 2021, ciudad de Venado Tuerto, prov. Santa Fe).



10.3 PROTOCOLOS Y SECUENCIAS UTILIZADAS PROGRAMACIÓN DEL ESTUDIO

Una vez colocado y centrado el paciente se empezará la exposición. Lanzaremos una secuencia de localización (localizador), que nos proporcionará imágenes de la columna lumbar en los tres planos: sagital, coronal y axial.

❖ Programación de secuencias en el plano sagital

Sobre la imagen coronal del localizador programamos los cortes sagitales, que tienen que cubrir la columna lumbar en toda su amplitud. Los cortes se colocarán de forma paralela al eje longitudinal de la columna lumbar, inclinándolo si fuera necesario.

Utilizaremos como segundo localizador una imagen sagital para comprobar que el FOV que utilizamos es el correcto. Para evitar artefactos de respiración, colocaremos una banda de saturación en el plano coronal, por delante de la columna lumbar para evitar los artefactos de movimiento y de flujo (fig. N°41)

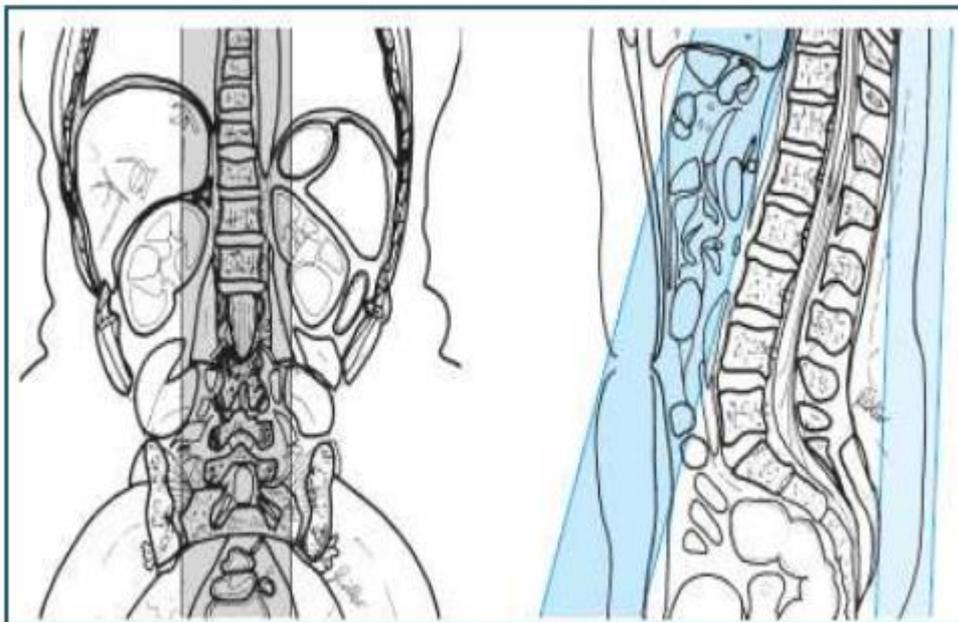


fig. N°41

(Fuente: Moller, Reif. Resonancia Magnética Manual de protocolos. 2da Edición.

Ed. Médica pag. 157)



❖ Programación de secuencias en el plano axial

Utilizaremos como imagen de referencia el corte central obtenido en el estudio sagital. Para identificar con más facilidad los espacios que tenemos que estudiar, usaremos las imágenes del estudio ponderado en T2. Para realizar el estudio de la patología discal realizaremos tres o cuatro cortes en cada espacio, de forma que pase como mínimo uno de ellos por medio del disco intervertebral. Los cortes irán orientados de forma paralela al eje axial del disco intervertebral.

Realizaremos como segundo localizador una imagen axial para comprobar que el FOV que estamos utilizando es el correcto. También en este caso colocaremos una banda de saturación en el plano coronal para evitar artefactos del movimiento. (fig. N°42)

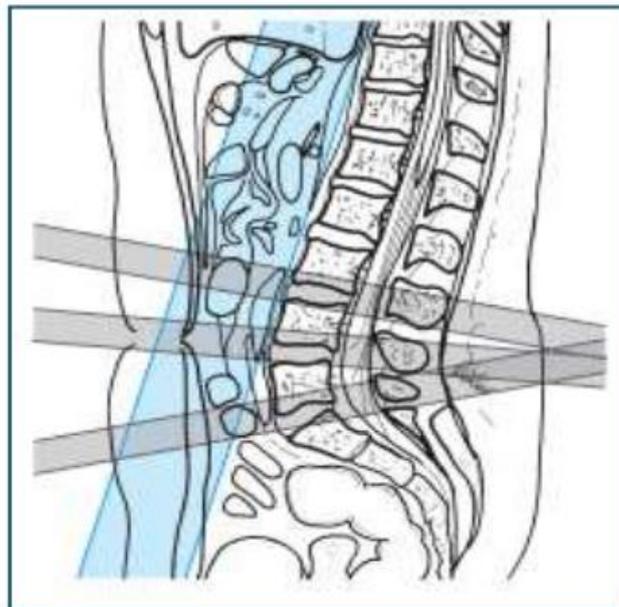


fig. N°42

(Fuente: Moller, Reif. Resonancia Magnética Manual de protocolos. 2da Edición.
Ed. Médica pag. 159)



❖ Programación de secuencias en el plano Coronal

Se programan sobre los cortes sagitales paralelos al cordón medular y cubriendo toda la vértebra. (fig. N°43)

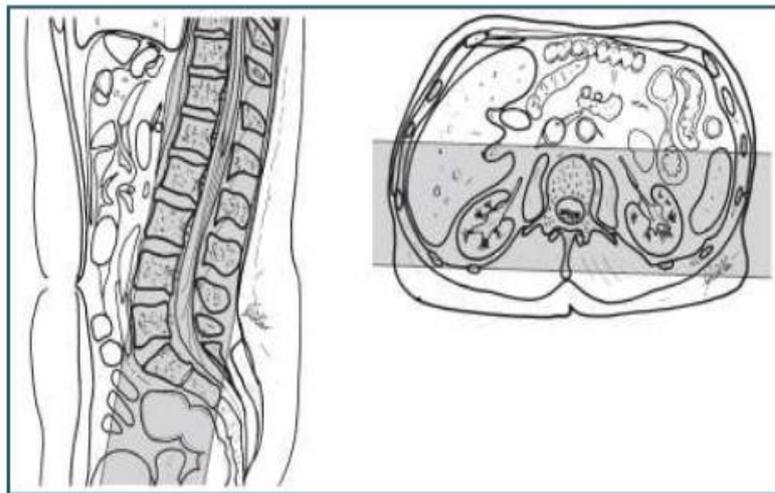


fig. N°43

(Fuente: Moller, Reif. resonancia magnética Manual de protocolos. 2da Edición.
Ed. Médica pág. 159)

10.4 PROTOCOLOS Y SECUENCIAS UTILIZADOS EN EL SERVICIO DE RESONANCIA MAGNÉTICA EN EL SANATORIO SAN MARTÍN

- Sagital T1: utilizamos el localizador coronal paralelo a los cuerpos vertebrales de izquierda a derecha.
- Sagital T2: utilizamos el localizador coronal paralelo a los cuerpos vertebrales de izquierda a derecha, útil para estudiar los discos vertebrales



- Sagital Stir: utilizamos el localizador coronal, cortes necesarios paralelos a los cuerpos vertebrales, de izquierda a derecha. Secuencia con supresión grasa, útil para ver la entrada de las raíces a los forámenes.



(fig. N°44)

(Imagen tomada en el servicio de resonancia del Sanatorio San Martín año 2021, ciudad de Venado Tuerto, prov. Santa Fe).

10.4.1 PARÁMETROS SAGITAL T2, T1, STIR

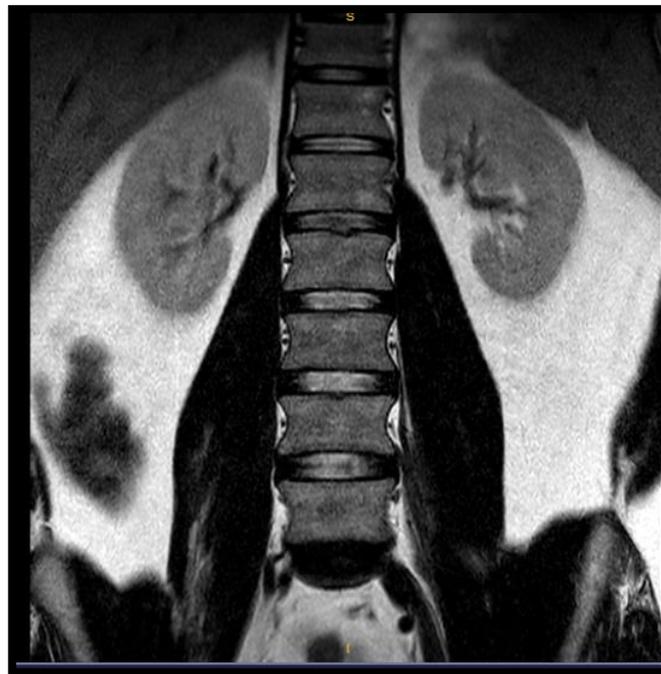
Secuencia	T2	T1	Stir
Tiempo eco	102	Mínimo	102
Tiempo de repetición	4000	720	3250
Grosor de corte/intervalos	4/1	4/1	4/1



Campo de visión	30	30	30
Matriz	512 x 256	512 x 256	512 x 256
Adquisiciones	4	4	4
Dirección de fase	A-P	A-P	A-P

(Fuente: protocolo del servicio de resonancia magnética del sanatorio San Martín)

- Coronal T2: utilizamos el localizador sagital, cortes necesarios paralelos al canal medular de dorsal a ventral. Sirve para ver la entrada de las raíces a los forámenes. (fig. N°45)



(fig. N°45)

(Imagen tomada en el Servicio de Resonancia del Sanatorio San Martín año 2021, ciudad de Venado Tuerto, prov. Santa Fe).



10.4.2 PARÁMETROS CORONAL T2

SECUENCIA	CORONAL T2
Tiempo eco	102
Tiempo de repetición	4000
Grosor de corte/intervalos	4/1
Campo de visión	270
Matriz	340 x248
Adquisiciones	4
Dirección de fase	A-P

(Fuente: protocolo del Servicio de Resonancia Magnética del Sanatorio San Martín)

- Axial T2: utilizamos el localizador sagital, cortes paralelos a los cuerpos vertebrales. Para valorar discos intervertebrales, 3 o 5 cortes sobre cada uno de los discos; y para valorar canal medular dudosa. Esta es una secuencia muy sensible para valorar los nervios (fig. N°46)



(fig. N°46)

(Imagen tomada en el Servicio de Resonancia del Sanatorio San Martín año 2021, ciudad de Venado Tuerto, prov. Santa Fe).

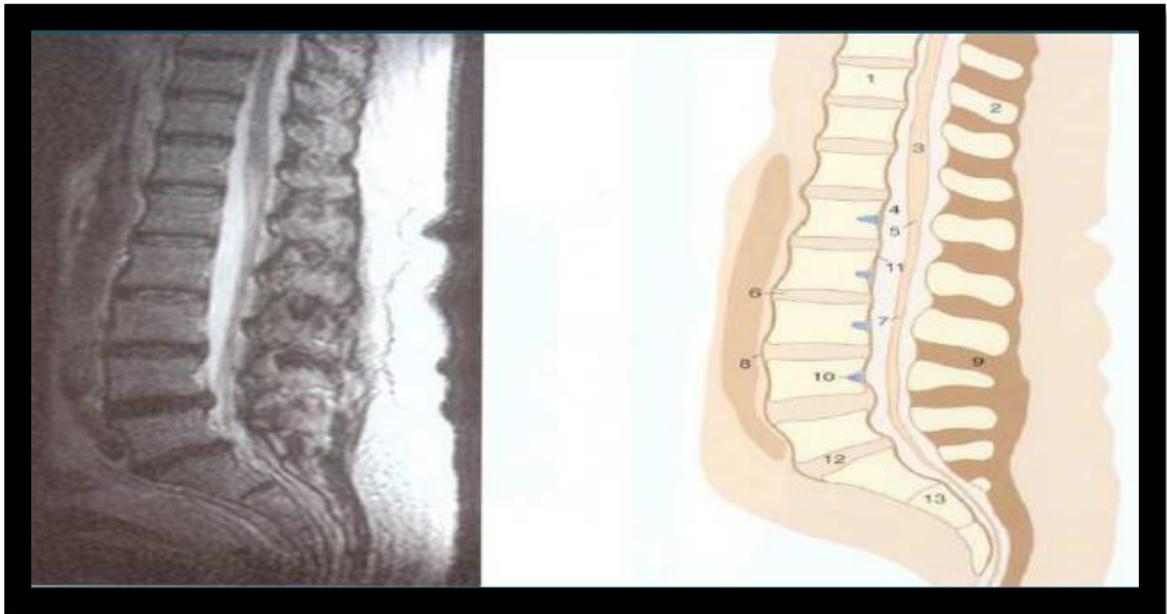
10.4.3 PARAMETROS AXIAL T2

SECUENCIA	AXIAL T2
Tiempo eco	102
Tiempo de repetición	5260
Grosor de corte/intervalos	4/1
Campo de visión	220
Matriz	368 x248
Adquisiciones	4
Dirección de fase	A-P

(Fuente: Protocolo del Servicio de Resonancia Magnética del Sanatorio San Martín)



10.5 IMÁGENES ANATÓMICAS EN RESONANCIA

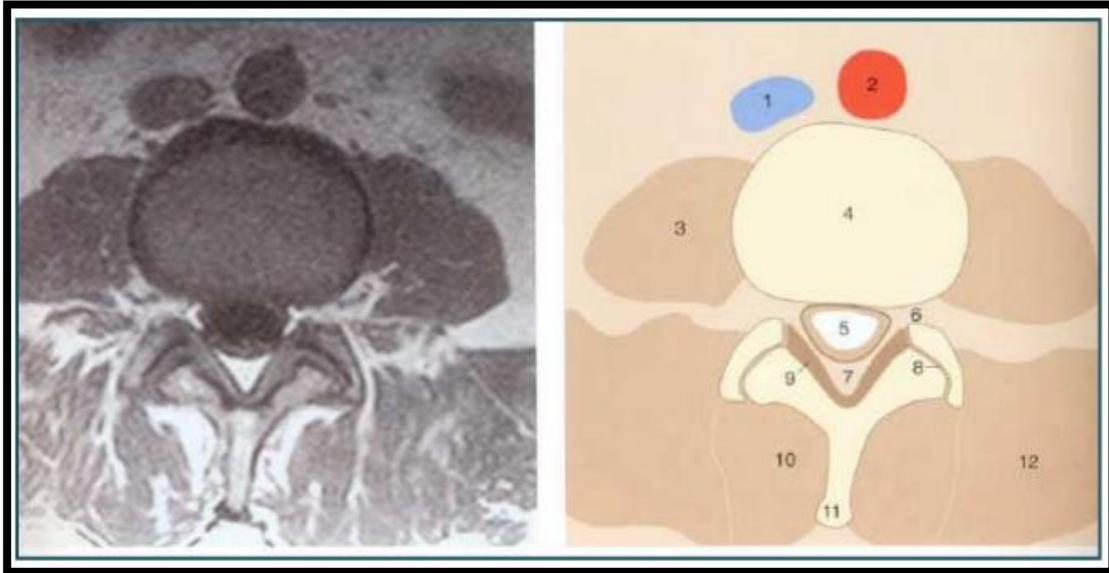


RM sagital de la columna lumbosacra

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 - Cuerpo de la vértebra torácica X | 7 - Filum terminale y cauda equina |
| 2 - Apófisis espinosa | 8 - Ligamento longitudinal anterior |
| 3 - Médula espinal | 9 - Ligamento interespinoso |
| 4 - Contenido de la teca vertebral o duramadre espinal (liquido cefalorraquídeo) | 10 - Vena basivertebral |
| 5 - Conus medullaris | 11 - Ligamento longitudinal posterior |
| 6 - Disco intervertebral | 12 - Articulación lumbosacra |
| | 13 - Sacro |

(fig. N°47)

(Fuente: Casilla Andrés, Atlas de Anatomía Humana, Técnicas de Imagen Médica. Ed.Könemann, España – Barcelona 2000. Pag.327.) (Andras, 2000)



RM transversal del canal vertebral

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 - Vena cava inferior | 8 - Articulación cigapofisaria |
| 2 - Aorta | 9 - Ligamento amarillo de la articulación intervertebral |
| 3 - Músculo psoas mayor | 10 - Músculo multifido del raquis |
| 4 - Cuerpo de la vértebra lumbar III | 11 - Apófisis espinosa de la vértebra lumbar II |
| 5 - Duramadre espinal y cauda equina | 12 - Músculo erector de la columna |
| 6 - Agujero intervertebral | |
| 7 - Grasa epidural | |

(fig. N°48)

(Fuente: Casilla Andrés, Atlas de Anatomía Humana, Técnicas de Imagen Médica. Ed. Könenmann, España – Barcelona 2000. Pag.327.) (Andras, 2000)

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue background. Scattered across the grid are several 3D ball-and-stick molecular models, rendered in a semi-transparent blue color. These models represent various chemical structures, including what appears to be a portion of a polymer chain and several smaller, branched molecules. The overall aesthetic is clean and scientific.

CAPITULO VII



11 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- Columna lumbar: está conformada por cinco vértebras no fusionadas más grandes de la columna vertebral que brinda soporte y flexibilidad.
- Lumbalgia: dolor localizado en la parte baja de la espalda a nivel de las vértebras lumbares.
- Hernia Discal: patología en que parte del disco intervertebral, se desplaza hacia la raíz nerviosa, la presiona y produce dolor.
- Resonancia magnética: proceso físico que se produce cuando los átomos de un material absorben energía al ser sometidos a frecuencias.
- Secuencias: conjunto de parámetros para la obtención de imágenes en resonancia magnética y está conformado por una serie de pulsos y tiempos.
- Imagen ponderada en T1: es obtenida en un tiempo de repetición corto y un tiempo de eco corto; los tejidos con T1 corto aparecen claros y los tejidos con T1 largo aparecen oscuros.
- Imagen ponderada en T2: es obtenida en un tiempo de repetición largo y un tiempo de eco largo; los tejidos con T2 corto aparecen oscuros y los tejidos con T2 largo aparecen claros.

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue gradient. Scattered across the grid are several 3D ball-and-stick molecular models, rendered in a semi-transparent blue color. These models represent various chemical structures, including what appears to be a benzene ring and other complex organic frameworks. The text 'CAPITULO VIII' is centered in the middle of the page.

CAPITULO VIII



12 MÉTODOS

12.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio es observacional, descriptivo, retrospectivo y de corte transversal

El proceso se inicia con la solicitud de autorización del jefe del Servicio de Diagnóstico por imágenes Dr. Alberto Grendene. Seguidamente se recolectaron los datos de la investigación. Las imágenes de resonancia magnética de columna lumbar proceden de pacientes que concurrieron al servicio de resonancia magnética con lumbalgia, seleccionando aquellos informes radiológicos de los que cumplieron con los criterios de inclusión, considerando a 150 pacientes entre marzo y junio de 2021. Cabe resaltar que las imágenes por resonancia magnética que se evaluaron se realizaron con un resonador PHILIPS Prodiva Cx de 1,5 T y con los protocolos establecidos en dicho servicio de resonancia.

12.2 MUESTRA Y MUESTREO

Muestra: la recolección en conjunto es de 150 informes radiológicos de pacientes provenientes al Servicio de Resonancia Magnética del Sanatorio San Martín de la ciudad de Venado Tuerto, Provincia de Santa Fe.

Muestreo: el tipo de muestra es no probabilístico debido a que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación.

12.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- ❖ Informes radiológicos de pacientes mayores de 18 años de ambos sexos que ingresaron al servicio de resonancia magnética con lumbalgia.



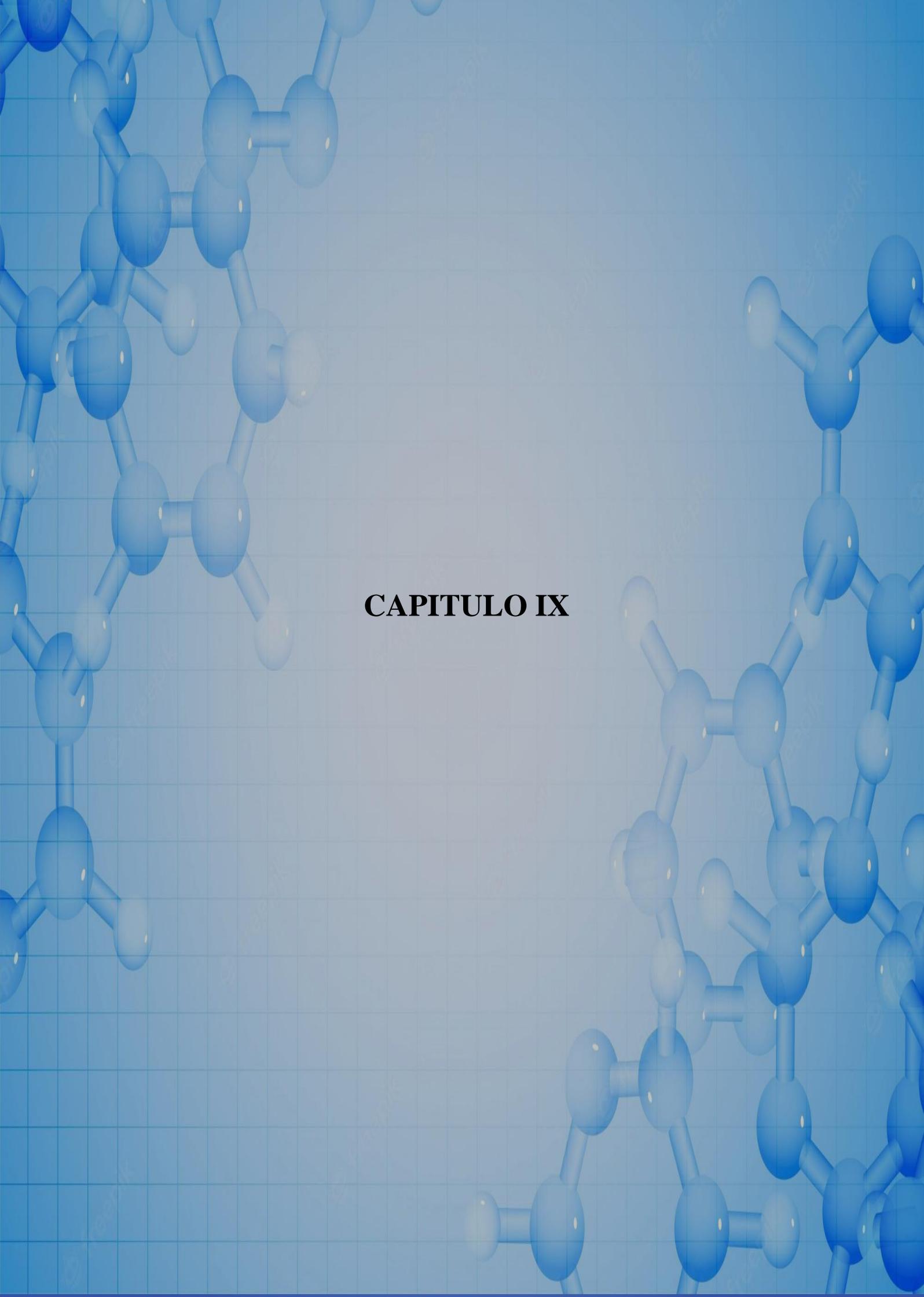
12.4 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- ❖ Informes radiológicos de pacientes menores de 18 años de ambos sexos que ingresaron al servicio de resonancia magnética con lumbalgia.
- ❖ Pacientes con antecedentes de cirugía lumbar.
- ❖ Pacientes con enfermedades desmielinizantes.
- ❖ Pacientes con escoliosis y/u otra enfermedad de nacimiento.

12.5 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada fue análisis de documentos cuya finalidad correspondió a que los informes radiológicos fueron representados en un documento y su contenido bajo una forma diferente de la original, para posibilitar su recuperación posterior e identificación.

Instrumento: Se utilizó una ficha de recolección de datos en la que se plasmó por escrito la información recabada en los informes radiológicos seleccionados en nuestra búsqueda de datos y que posteriormente tuviéramos a nuestro alcance de forma más organizada.

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue background. Scattered across the grid are several 3D ball-and-stick molecular models, rendered in a light blue color. These models represent various chemical structures, including what appears to be a benzene ring and other complex organic molecules. The text 'CAPITULO IX' is centered in the middle of the page.

CAPITULO IX



13 PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS

13.1 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El proceso de recolección se inició con la solicitud de autorización al jefe de servicio del Sanatorio San Martín Dr. Alberto Grendene, Especialista en Diagnóstico por Imágenes; una vez aprobado, se procedió a recolectar los datos del estudio.

Los informes de resonancia magnética de columna lumbar fueron obtenidos de la unidad de archivos, seleccionando aquellas imágenes de los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, considerando 150 informes radiológicos entre marzo y junio de 2021. Cabe resaltar que las imágenes por resonancia magnética que se evaluaron fueron realizadas con el resonador PHILIPS PRODIVA de 1,5 T y con el protocolo establecido con el que cuenta el servicio de Diagnóstico por Imágenes del sanatorio.

Todos los datos observados en las imágenes y en los informes fueron transcritos en una ficha de recolección de datos, donde se consignaron datos como edad, sexo, hallazgos radiológicos, entre otros.

Una vez obtenida esta información, se procedió al análisis de variables según los objetivos de la investigación.

13.2 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron ingresados en una base de datos en el programa Excel 2013, a partir de la cual fueron utilizados para el análisis estadístico descriptivo.

El análisis realizado fue principalmente descriptivo. Para variables categóricas, los resultados fueron presentados en frecuencias absolutas porcentuales según el tipo de datos. Se investigaron posibles relaciones que se pudieron establecer en base a los resultados obtenidos durante la investigación.



13.3 CUESTIONES ÉTICAS

Los procesos científicos y tecnológicos que día a día aportan el conocimiento de modernos procedimientos y avances en la medicina, por una parte, conllevan un sin número de beneficios para las personas enfermas, pero por otra parte surgen de las investigaciones que se realizan en seres humanos diversos dilemas éticos, como producto, en determinadas ocasiones, del no cumplimiento de normas, códigos o reglamentación en la investigación experimental.

El investigador fue el responsable de la revisión de los informes, nadie más tuvo acceso a dicha información. Se trabajó con fichas de recolección diseñada por él, basándose en investigaciones previas y con la aprobación de varios profesionales de la salud especialistas en diagnóstico por imágenes de la institución donde se realizó el relevamiento. Se guardó absoluta reserva de la información, siendo de uso exclusivo del investigador.

The background features a light blue grid pattern overlaid on a darker blue gradient. Scattered across the grid are several 3D ball-and-stick molecular models, rendered in a semi-transparent blue color. These models represent various chemical structures, including what appears to be a benzene ring and other complex organic frameworks. The overall aesthetic is clean, technical, and scientific.

CAPITULO X



14 RESULTADOS

14.1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Las estadísticas descriptivas de los 150 pacientes que ingresaron al servicio de Resonancia Magnética del Sanatorio San Martín desde marzo a junio del año 2021, arrojaron como resultado que la distribución de frecuencia según el sexo de los pacientes fue mayor en los hombres, correspondiente al 59 %.

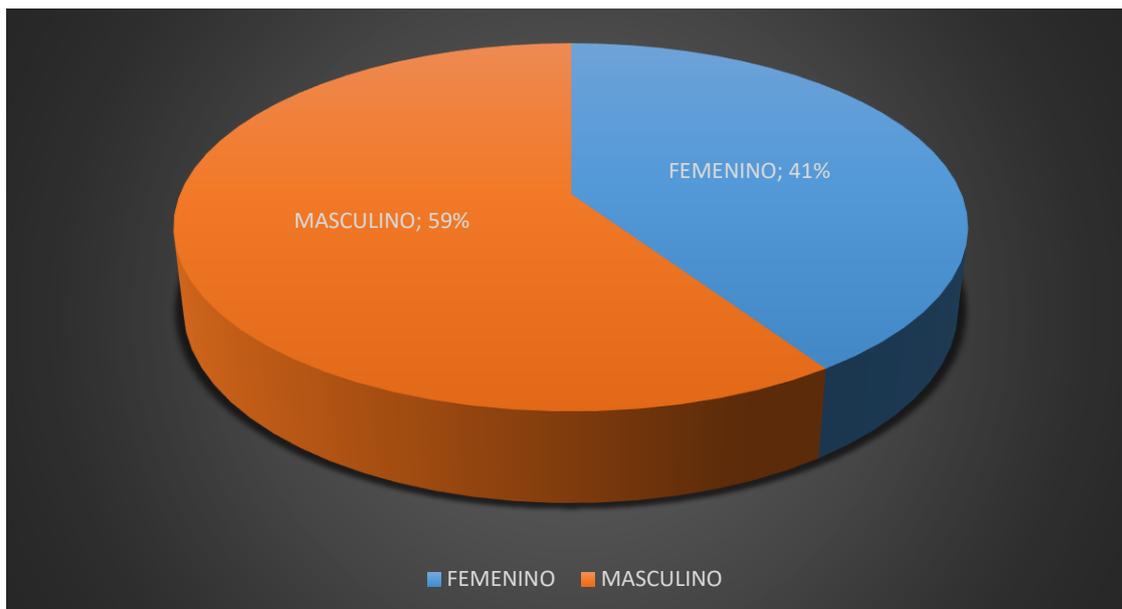
- TABLA N°1
- GRÁFICO N°1

TABLA N°1. Frecuencia de pacientes atendidos por lumbalgia en el servicio de resonancia magnética según el sexo en el Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.

SEXO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
FEMENINO	61	41%
MASCULINO	89	59%
	150	100%

❖ Fuente: Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021

GRÁFICO N°1. Frecuencia de pacientes atendidos en el servicio de Resonancia Magnética en Sanatorio San Martín según el sexo, entre los meses marzo y junio del año 2021



❖ Fuente: Sanatorio San Martín, entre marzo y junio del año 2021

En cuanto a la edad de los pacientes atendidos en el servicio de Resonancia Magnética por lumbalgia entre marzo y junio del año 2021, arrojó el resultado más alto, con un porcentaje de 27 %, entre un rango de 48 a 63 años.

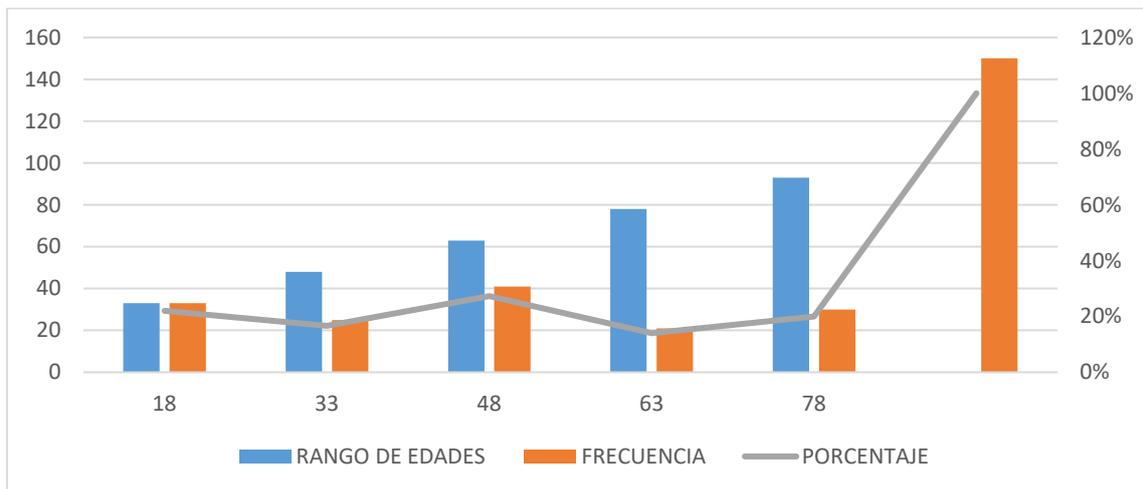
TABLA N°2 Frecuencia de edad de pacientes atendidos en el servicio de Resonancia Magnética de Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.

RANGO DE EDADES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
18 – 33	33	22%
33-48	25	17%
48-63	41	27%
63-78	21	14%
78-93	30	20%
	150	100%

❖ Fuente: Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.



GRAFICO N°2 Frecuencia de edad de pacientes atendidos en el servicio de Resonancia Magnética de Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.



❖ Fuente: Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.

En cuanto a las alteraciones de tipo de hernia discal lumbar diagnosticadas por Resonancia Magnética en el Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021, el resultado nos arroja un porcentaje de que la protrusión discal es la más elevada con un 36% mientras que la más baja corresponde al secuestro con un 14%. (Tabla N°3)

TABLA N°3 Frecuencia de tipos de hernias atendidos en el servicio de Resonancia Magnética del Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.



TIPO DE HERNIA DISCAL	FRECUENCIA	PORCENTAJE
PROMINENCIA ANULAR DIFUSA	39	26%
PROTUSIÓN	54	36%
EXTRUSIÓN	36	24%
SECUESTRO	21	14%
	150	100%

❖ Fuente: Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021

En cuanto a las alteraciones de la hernia discal lumbar diagnosticadas por Resonancia Magnética en el Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021, se encontró que entre el espacio L4 y L5 se produce mayor porcentaje que corresponde al 26% mientras que el menor es de L1, L2, L3 y es de un 7%. (tabla N°3)

TABLA N°4 Frecuencia del nivel de localización de la hernia discal, atendidos en el servicio de Resonancia Magnética de Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.

LOCALIZACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
L1-L2	20	13%
L2-L3	11	7%
L3-L4	15	10%
L4-L5	39	26%
L5-S1	26	17%
L1-L2-L3	7	5%
L3-L4-L5	11	7%
L4-L5-S1	21	14%
	150	100%

❖ Fuente: Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.



En cuanto a las alteraciones de la hernia discal lumbar diagnosticadas por Resonancia Magnética en el Sanatorio San Martín entre el mes de marzo y junio del año 2021 según el plano axial el análisis nos arroja que la ubicación central fue mayor con un 45%, mientras que la menor corresponde a la extraforamidal con un 7% (tabla N°4)

TABLA N°5 Frecuencia de hernia discal según el plano axial atendidos en el servicio de Resonancia Magnética de Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.

SEGÚN EL PLANO AXIAL	FRECUENCIA	PORCENTAJE
CENTRAL	68	45%
LATERAL	39	26%
FORAMIDAL	33	22%
EXTRAFORAMIDAL	10	7%
	150	100%

❖ Fuente: Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021



TABLA N°6 Frecuencia de pacientes traumatizados y no traumatizados con hernia discal, atendidos en el servicio de Resonancia Magnética de Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.

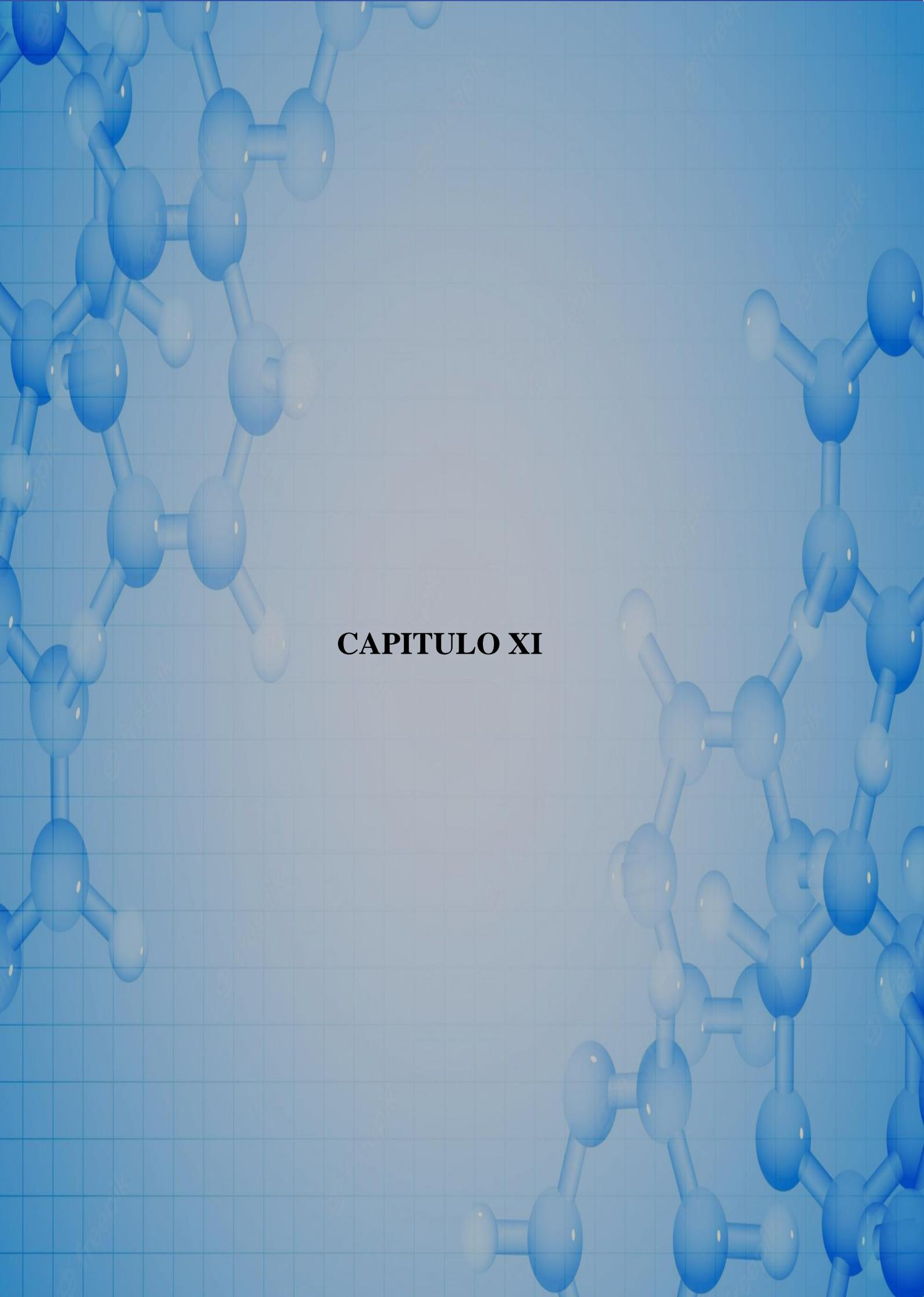
TRAUMÁTICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	41	27%
NO	109	73%
	150	100%

❖ Fuente: Sanatorio San Martín entre el mes de marzo y junio del año 2021.

TABLA N°7 Frecuencia de pacientes que presentaron dolor en zona focal o en miembros inferiores por hernia discal, atendidos en el servicio de Resonancia Magnética del Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.

ZONA DEL DOLOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
FOCAL	107	71%
MIEMBRO INFERIOR	43	29%
	150	100%

❖ Fuente: Sanatorio San Martín entre los meses de marzo y junio del año 2021.



CAPITULO XI



15 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Esta investigación tuvo como objetivo identificar las características de las hernias discales de la región lumbar. Para ello se utilizaron estrategias efectivas para la recolección de datos con base en un análisis cuantitativo descriptivo no experimental con la intención de demostrar y conocer los resultados obtenidos en un servicio de resonancia magnética donde se estudiaron 150 pacientes durante un período de tiempo comprendido entre los meses de marzo y junio del año 2021, arrojando los siguientes datos estadísticos: al discriminar los pacientes por sexo y edad, el 59% son de sexo masculino mientras que el 41 % son de sexo femenino y el rango etario (edad) de mayor porcentaje es el comprendido entre los 48 a 63 años con un 27%.

La patología que más se repitió fue la protrusión discal con un 36% y según el plano axial de la hernia fue central con un 45%.

A su vez la mayor localización de la hernia discal se encontró entre el espacio L4 y L5 con un porcentaje mayor de 46%.

Por último, de los 150 pacientes el 73% no fueron de manera traumática, y el 71% presento un dolor focal.

15.1 RECOMENDACIONES

- Dar a conocer los resultados obtenidos a la comunidad médica y técnica para brindar información obtenida en dicho trabajo.
- En base al estudio y datos recolectados se recomienda realizar una resonancia magnética de columna lumbar como primer método de estudio para evaluar dichas patologías, dado su alta especificidad en cuanto a lo que es la hernia discal y su baja probabilidad de ocasionar daños al paciente.



16 ANEXOS

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS:

1. DATOS DE LOS PACIENTES:

Nombre:..... Apellido:.....

Edad:.. Sexo:.....

2. DATOS DE LOS INFORMES DE RESONANCIA MAGNETICA

Localización de la hernia discal:

Tipo de hernia discal:

PROMINENCIA ANULAR DIFUSA	
PROTUCCION	
EXTRUCCION	
SECUESTRO	

Localización de la hernia discal según el plano axial:

CENTRAL	
LATERAL	
FORAMIDAL	
EXTRAFORAMIDAL	

Traumática: [si] [no]

Zona del dolor: focalizado / miembro inferiores



17 REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Abad C, A. S. (Enero-Diciembre 2011.). Prevalencia de hernia lumbar diagnosticado por resonancia en le hospital Jose Carrasco Arteaga. Cuenca. 2011.
- Andras, C. (2000). Atlas de Anatomia Humana, Tecnica de iamgen medica. Barcelona: EDKonemann.
- Diana Valeria Intriago Morales, A. R. (2012). IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO DE PROTOCOLOS EN RESONANCIA MAGNÉTICA. CUENCA, ECUADOR:
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3812/1/TECI03.pdf>.
- Herrerias, O. A. (2007). Jaula de Faraday.
<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n10/index.html>.
- J.A.Soria, J. y. (2015). Resonancia Magnetica dirigida a Tecnicos Superiores en Imagen para el Diagnostico. ELSEVIER.
- Jung Hwan Lee, S.-H. L. (2016). Clinical and Radiological Characteristics of Lumbosacral Lateral Disc Herniation in Comparison With Those of Medial Disc Herniation.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4998615/#R10>.
- L. Oleaga, J. L. (2007). Aprendiendo los fundamentos de la resonancia magnetica. lumbar, A. d. (2018). dolopedia. Obtenido de
<https://dolopedia.com/articulo/anatomia-de-la-columna-lumbar#.YolUbNrMLIX>
- Pacheco, J. A. (2014). Hallazgos más frecuentes en resonancia magnética de cambios osteodegenerativos en la columna lumbar en pacientes jóvenes con lumbago en. Toluca-mexico.
- Ribeiro, D. R. (2017). Patologia Degenerativa (Hernia de Disco Lumbar). Dr. Néstor Fiore.
- Solano Brito, P. J. (11-nov-2015). Prevalencia de hernia de disco en columna lumbar diagnosticada por resonancia magnética en el Hospital José Carrasco Arteaga IEISS. Cantón Cuenca. Obtenido de
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22528/1/tesis.pdf>



Villarreal M, M. J. (2012). Incidencia de cambios degenerativos tipo Modic en pacientes con dolor lumbar crónico en el Hospital Regional ISSSTE. Mexico ,Monterrey.