

11222



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES
DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO
HOSPITAL REGIONAL 1º DE OCTUBRE**

**CORRELACION ELECTROMIOGRAFICA Y DE RESONANCIA
MAGNETICA EN RADICULOPATIAS LUMBARES.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN
MEDICINA DE REHABILITACION**

**P R E S E N T A
DRA. DINORAH IMELDA MORALES MATA**



ISSSTE

MÉXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

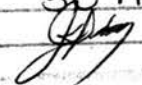
ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

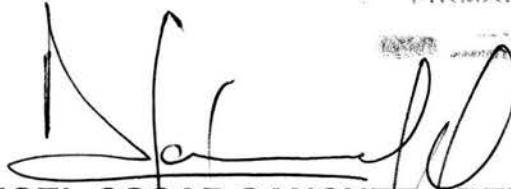
Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Dinorah Imelda

Morales Mata

FECHA: 30 Agosto 2004

FIRMA: 



DR. ANGEL OSCAR SANCHEZ ORTIZ
ASESOR DE TESIS DE POSTGRADO
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE LA ESPECIALIDAD DE
MEDICINA DE REHABILITACION
INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO



DR. ENRIQUE NUNEZ GONZALEZ
COORDINADOR DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION
HOSPITAL REGIONAL "1º DE OCTUBRE"
INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO



DR. ALEJANDRO MONDRAGON SANCHEZ
JEFE DE INVESTIGACION
HOSPITAL REGIONAL "1º DE OCTUBRE"
INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO



SUBDIVISION DE ESPECIALIZACION
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA
U.N.A.M.

I.S.S.S.T.E.
SUBDIRECCION MEDICA

28 ENE 2003

HOSP. REG. 1o. DE OCT. COORDINACION
DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION

DEDICATORIA

A mi esposo Ivanovich, mi maestro, de quien obtuve la mayor paciencia y confianza para lograr mi especialidad. Gracias por todas tus enseñanzas, tu amor y comprensión.

Ami hijo Iván por todos los momentos que has sufrido a mi lado, aunque pequeño me has dado un gran ejemplo de superación.

A mis padres, por darme la vida, por impulsarme en todo momento para llegar a ser quien ahora soy.

A mi Suegra, gracias por su tiempo y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Dr. Angel Oscar Sánchez Ortiz, por darme la oportunidad de conocerlo, por todo su apoyo y enseñanzas durante mi formación como especialista.

A todos mis maestros por dedicarme su tiempo y compartir con migo su experiencia.

INDICE

INDICE	1
RESUMEN	2
SUMARY	3
INTRODUCCION	4
MATERIAL Y METODOS	21
RESULTADOS	22
DISCUSION	26
CONCLUSION	28
ANEXOS	29
REFERENCIAS	30

RESUMEN.

La mayoría de las radiculopatías son atribuibles a la compresión de la raíz, producida por la protrusión del disco intervertebral o ruptura, lo cual ocasiona datos clínicos, fisiológicos y morfológicos representativos en los pacientes. Estos hallazgos pueden ser diagnosticados tanto por examen clínico, electromiográfico y en resonancia magnética.

Objetivo.- Determinar si existe correlación entre los hallazgos morfológicos encontrados en resonancia magnética y los hallazgos fisiológicos encontrados en electromiografía, en pacientes con diagnóstico clínico de radiculopatía.

Material y métodos.- Se evaluaron pacientes de ambos sexos, enviados al Servicio de Electrodiagnóstico de Medicina de Rehabilitación del Hospital Regional 1º de Octubre del ISSSTE, para la realización estudio electromiográfico para descartar enfermedad radicular lumbosacra, considerando ésta como examen de referencia, con estudio previo de resonancia magnética.

Resultados. Se estudiaron 20 pacientes, 11 del sexo femenino y 9 masculino, en edades comprendidas de los 29 a 51 años, se realizó estudio electrofisiológico a nivel lumbosacro y análisis de los hallazgos de imagen en resonancia magnética. A los resultados de ambos estudios se les aplicó coeficiente de correlación de phi y la prueba exacta de Fisher, donde se determinó correlación en pacientes con radiculopatía L4, L5 y S1 por electromiografía, con hernia central en discos intervertebrales L3, L4 y L5 por Resonancia Magnética, ya que los valores esperados en estos casos fue de $p < 0.05$.

Conclusión. Se encontró correlación significativa en pacientes con hallazgos electrofisiológicos de radiculopatías a niveles L4, L5 y S1 con hernias centrales en discos intervertebrales L3, L4 y S1. Sin embargo no existió correlación en pacientes con protrusiones discales posterolaterales. Por lo que ambos estudios son complementarios en el diagnóstico de enfermedad radicular lumbosacra.

SUMMARY.

Most of the radiculopatías is attributable to the compression of the root, taken place by the protrusion of the disk intervertebral or rupture, that which produces representative clinical, physiologic and morphological data in the patients. These discoveries can be diagnosed by clinical evaluation, electrophysiological and magnetic resonance.

The objective of this study is to determine the correlation exists among the morphological discoveries found in magnetic resonance and the physiologic discoveries found in electromyography, in patient with diagnostic clinical of radiculopatías.

Material and methods: We evaluated patient of both sex, which had clinical history and suspicious physical exploration of illness radicular lumbosacra, correspondents to the Service of Electrodiagnnestic of Medicine of Rehabilitation of the Hospital Regional 1° de Octubre ISSSTE, for the realization to electromyography, considering this as reference exam, with previous study of magnetic resonance.

Results. 20 patients, 11 of the feminine sex and 9 masculine sex were studied, in understood ages of the 29 to 51 years, was carried out coefficient of phi correlation and the exact test of Fisher, where it was determined that the only correlation that existed was in patient with radiculopatías L4 with central hernia in the disk L3; radiculopatía L5 with central hernia in the disk L4; radiculopatía S1, with central hernia in the disk L5 since the values waited in most of the cases era of $p < 0.05$.

Conclusion. The electromiography is a fundamental part in the diagnosis of the radiculopatías, however it should also be considered that the study of this type of patient besides the clinic and the magnetic resonance is a complementary diagnosis.

INTRODUCCION.

Las radiculopatías son una de las causas más comunes de envío al servicio de electrodiagnóstico, son causadas típicamente por compresión radicular ¹

Las radiculopatías lumbosacras fueron descritas por Mixter y Barr en 1934 ² y las radiculopatías cervicales por Semmes y Murphy en 1943 , pero antes de los años 50 muchos fisiatras tales como Walse atribuyeron los síntomas radiculares a una enfermedad del disco intervertebral.³

Anatómicamente contamos con treinta y un pares de nervios espinales. Se originan de los cordones ventral y dorsal de la médula espinal: 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coxígeo. La mayoría de los axones que componen la raíz ventral, se originan de células de las columnas anterior y lateral de la médula espinal, mientras que las raíces dorsales originan la raíz del ganglio dorsal. ⁴

Inmediatamente después de la salida del foramen intervertebral, los nervios espinales se dividen en dos ramos primarios anterior y posterior, también conocidos como ramos dorsal y ventral primarios. El ramo primario posterior inerva la piel, músculos intrínsecos o profundos del cuello y tronco; dependiendo del nivel, el ramo primario anterior inerva la parte anterior y lateral del tronco a través de los plexos a los músculos de las extremidades. Las raíces y los nervios espinales varían en su tamaño. Los más largos van unidos a la columna cervical y lumbar y contienen axones que se distribuyen principalmente en las extremidades superiores e inferiores ⁵.

Excluyendo la raíz C8, las raíces cervicales se encuentran en la parte superior de la vértebra que la designa numéricamente. Por lo que C5 atraviesa el foramen existente entre las vértebras C4 y C5. Hay ocho raíces cervicales, sin embargo solo son siete vértebras cervicales. Consecuentemente hay raíz C8, la cual sale en el foramen existente entre la vértebra C7 y T1. Por debajo de este nivel cada raíz sale caudalmente al número

de vértebra que le corresponde, por ejemplo la raíz L5 pasa entre las vértebras L5 y S1.⁵ Las raíces espinales más caudales descienden al lado y entre la porción más inferior de la médula espinal, el cono medular, para alcanzar su salida foraminal. En conjunto estas raíces constituyen la cauda equina. Las fibras sensoriales que componen la cauda equina son preganglionares dado que están situadas entre el cordón dorsal espinal y la raíz del ganglio dorsal.⁶

La raíz y la vértebra designadas pueden ser una confusión al momento de diagnosticar una radiculopatía, que puede derivar en nivel discal, por ejemplo lesión C6-C7 que al examen electrofisiológico afecta específicamente la raíz C7. Así mismo puede ser un problema en radiculopatías lumbares por raíces que derivan de más de un segmento y que pueden ser comprimidas por un disco a un solo nivel, dependiendo de la localización y tamaño de la lesión compresiva. Entonces radiculopatías L4, L5 y S1 pueden ocurrir a un nivel L4-L5.⁵

Todos los músculos que son inervados por el mismo segmento del cordón espinal (raíz ventral) componen un miotoma. Sin embargo, todos los músculos forman más de un miotoma, por que reciben inervación de dos y algunas veces más raíces ventrales contiguas, pero normalmente no por las mismas. Como resultado los miotomas se sobreponen y forman un miotoma en común.⁷ Por muchos años el electrodiagnóstico de una radiculopatía ha sido basado en la distribución de las anomalías encontradas con electrodo de aguja de los miotomas estudiados.⁴

La región de la piel que recibe inervación sensorial de una simple raíz dorsal, constituye un dermatoma.⁵ Algunos de los procedimientos electrofisiológicos más recientes para la evaluación del componente sensorial de la raíz nerviosa son la estimulación por dermatoma.^{5,8}

La fisiopatología de la mayoría de las radiculopatías es atribuible a la compresión de la raíz, producida por la protrusión del disco intervertebral o ruptura, la cual ocurre generalmente en pacientes menores de 40 a 50 años de edad, o por complejos cambios degenerativos de la columna, los cuales incluyen hipertrofia ósea o ligamentaria, la cual típicamente ocurre en pacientes mayores de 50 años de edad ⁶. El compromiso de las raíces produce datos clínicos y electrofisiológicos representativos en los pacientes. ⁴

La anatomía afectada comprende las cinco vértebras lumbares y el sacro. Las vértebras adyacentes están unidas por fuertes ligamentos en las carillas articulares y en los cuerpos vertebrales. Las superficies articulares de los cuerpos vertebrales están recubiertas de cartilago. El disco llena el espacio existente entre las plataformas cartilaginosas limitantes y es normalmente una estructura fibrocartilaginosa resistente. El saco dural contiene las raíces nerviosas de la cola de caballo y se extiende a lo largo del canal vertebral. ²

Al salir del canal vertebral, en los distintos segmentos, las raíces nerviosas discurren caudalmente hacia la carilla articular antes de atravesar los agujeros intervertebrales. Con la edad, el disco degenera, se fragmenta y pierde sus propiedades adherentes, de forma que una determinada fuerza mecánica puede hacer que un fragmento se movilice, normalmente en dirección posterointerna en el punto de menor resistencia ligamentosa, donde la raíz nerviosa sale de la columna. La presión sobre la raíz puede producir dolor y déficit neurológico. ²

Como resultado del movimiento anormal en la articulación, se desarrolla un proceso osteoartrítico hipertrófico denominado espondilosis. El aumento de tamaño de las articulaciones debido al proceso espondilítico estrecha el agujero intervertebral, lo que origina una presión mecánica sobre la raíz nerviosa, ocasionando un cuadro clínico característico. ²

Clínicamente las patologías radicales comienzan clásicamente en la región baja de la espalda, uno o dos días después comienzan con dolor radicular, principalmente en la región glútea, que puede irradiarse al muslo y a la pantorrilla, acompañado o no de disestesias o hipoestesias en alguna zona dermatomal característica de la raíz dañada, debilidad muscular y pérdida de los reflejos de estiramiento muscular ⁵. Dependiendo de la raíz dañada podemos encontrar alteraciones en los reflejos o debilidad de algunos músculos ². Ver cuadro 1 y 2.

Cuadro No. 1 Afección muscular de acuerdo a nivel de lesión

Raíz	Reflejo disminuido	Debilidad muscular
L4	Patelar	Extensores de rodilla
L5	Bíceps crural	Extensores del pie
S1	Aquíleo	Flexores del pie

Cuadro No. 2 Músculos representativos de nivel radicular.

Raíz Afectada	Músculo
L4	Tibial anterior, vasto medial de cuadriceps
L5	Extensor largo de los dedos
S1	Gastrocnemio medial

El examen electrofisiológico ha sido usado en el diagnóstico de radiculopatías desde hace 50 años. ^{7,8}

La representación clínica de las radiculopatías en orden decreciente de frecuencia sugiere un daño a: fibra sensorial pura; alteración sensorial y motora; y finalmente disfunción puramente motora ⁵.

Las consecuencias fisiopatológicas en una lesión, dependen de la naturaleza del factor desencadenante. Cuando hay un daño severo, puede existir pérdida axonal. Una de las manifestaciones de este proceso ocurre cuando se daña a las fibras motoras extrafusales con la aparición de potenciales de fibrilación en una distribución miotómica específica. Así como actividad espontánea, que puede no ser detectada en algunos pacientes con radiculopatía. Cuando la lesión es crónica se pierden los potenciales de fibrilación en una distribución miotómica específica, y hay cambios en el potencial de acción de unidad motora, que indica que hay degeneración axonal motora y regeneración ⁹. En muchas otras radiculopatías sin embargo en estadios agudos no hay indicio de pérdida axonal detectable. Esto sugiere que está ocurriendo un proceso de desmielinización focal ⁵. Al mismo tiempo si tal desmielinización es severa produce un bloqueo en la conducción ¹⁰, cuando esto ocurre a lo largo de las fibras motoras, se manifiesta como debilidad. ⁹

Un menor grado de desmielinización focal puede resultar en un retardo en la velocidad de conducción. El retardo en la velocidad de conducción puede afectar todos los axones o alterar el disparo de conducción axonal. Más tarde comienzan a desaparecer los reflejos de estiramiento tendinoso, acompañados de debilidad o pérdida sensorial. ^{5,9}

Para el diagnóstico de gabinete de las radiculopatías lumbosacras se cuenta procedimientos electrofisiológicos convencionales de neuroconducción sensorial y motora. ¹⁰

Los estudios de neuroconducción sensorial y motora son comúnmente normales en las radiculopatías, tanto por razones anatómicas como electrofisiológicas. El potencial de acción sensorial nervioso, raramente está afectado, aunque ocurra una desmielinización

focal o una degeneración axonal, a pesar de que exista un déficit sensorial, lo cual se debe a la localización proximal de las lesiones.^{5,11,12,13}

La neuroconducción motora puede estar afectada en cuanto a la amplitud del potencial de acción muscular compuesto. Esto ocurre, solo si la radiculopatía causa degeneración axonal, por que la conducción se propaga de los axones distales a la raíz lesionada. Los segmentos estudiados de rutina permanecen normales cuando hay una desmielinización focal, encontrándose normales tanto las latencias distales, amplitudes y velocidades de conducción. Al contrario de lo que ocurre en una degeneración axonal, especialmente en fase aguda, la amplitud del potencial de acción muscular compuesto se reduce, ya que esto refleja el número de axones viables que reinervan al músculo del cual se obtiene el registro⁹. Así por ejemplo las radiculopatías C8 algunas veces causan disminución de la amplitud del potencial de acción muscular compuesto del nervio cubital, y en radiculopatías L5 puede ocurrirle lo mismo al nervio peroneo⁹.

El reflejo "H", es una respuesta tardía, que implica un reflejo monosináptico, fue descrito por Hoffman en 1918¹⁴.

Este ha sido utilizado para evaluar la mayoría de las raíces lumbosacras que son susceptibles de compresión²⁵, sin embargo han sido pocos los reportes que describen su utilidad en el diagnóstico de radiculopatías C6-C7, tomando como sitio de captación al flexor radial de carpo, con estimulación del nervio mediano a nivel de codo.^{15,16,17,18}

Sin embargo el reflejo H ha sido principalmente utilizado en el diagnóstico de compresión de raíces nerviosas S1, mediante la técnica de registro en los músculos sóleo o gemelos; estimulando el nervio tibial a nivel de hueso poplíteo.^{1,14,16}

Se le considera al reflejo H del nervio tibial con una gran sensibilidad para el diagnóstico de compresión radicular S1, midiendo su latencia, comparándola interlado y algunos autores toman en cuenta la amplitud.^{5,19}

La predicción de la latencia del reflejo H se obtiene mediante un nomograma con valores establecidos, tomando en cuenta, la edad, y el largo de pierna del paciente. ^{5,20}

Uno de los valores predictivos para el reflejo H es la latencia, la cual se debe encontrar dentro de la predicción del nomograma y no debe existir una diferencia interlado mayor de 1.0mS. ^{5,15,18,21,22,23}

El reflejo H puede ser anormal al inicio de una radiculopatía compresiva y permanecer anormal hasta el cese de la descompresión. Nos evalúa la función de las fibras de la raíz sensorial, incluyendo el segmento proximal a la raíz del ganglio dorsal. Esto es pertinente ya que los componentes sensoriales son más comúnmente afectados en pacientes con radiculopatías que los componentes motores. ²⁴

Las ondas F son respuestas tardías. Pueden ser evocadas por un estímulo antidrómico de neuronas motoras siguiendo la estimulación de un nervio periférico. Su nombre deriva de los primeros sitios donde se llevó a cabo la captación, los músculos del pie (foot). ⁵

Las respuestas F han sido utilizadas desde hace 2 décadas en el diagnóstico de radiculopatías ^{25,26,27,28}. Inicialmente son útiles cuando existen lesiones proximales de nervios periféricos, como en radiculopatías, en las cuales no se obtiene registro por métodos convencionales. ^{5,29,30}

Sin embargo no es una prueba diagnóstica por si sola, sino que es complemento del resto de estudios convencionales en el diagnóstico de radiculopatías. ³¹

A pesar de que el examen con electrodo de aguja es uno de los métodos más antiguos utilizados en el diagnóstico de radiculopatías, sigue siendo el método de mayor utilidad diagnóstica en este tipo de patologías más que cualquier otra técnica. ^{5,29,32,33,34}.

En el examen con electrodo de aguja se estudian únicamente raíces nerviosas motoras, susceptibles de daño axonal. Este estudio reconoce y localiza anomalías tales como

potenciales de fibrilación, en las fibras musculares de un miotoma en particular y demuestra ausencia de anomalías en miotomas adyacentes.^{5,8}

Durante este tipo de técnica de estudio se requiere un escrutinio de numerosos músculos, y se requiere como mínimo cinco a siete músculos a estudiar incluyendo los paraespinales.^{35,36} Los músculos son elegidos de acuerdo a su miotoma representativo haciendo énfasis en el miotoma con sospecha de daño.^{35,36}

Un estudio es considerado como positivo cuando se encuentran anomalías en dos o más músculos inervados por la misma raíz, de preferencia diferentes vías de nervios periféricos, pero no detectables en músculos inervados por raíces normales adyacentes a la raíz dañada; por ejemplo en una radiculopatía L5 puede producir anomalías en el tibial anterior (que está inervado por raíces L4 y L5 que tienen como vía común el nervio peroneo) y en tibial posterior (que tiene inervación de raíces L5 y S1 y tienen como vía común el nervio tibial), pero no en vasto lateral de cuádriceps (inervado por raíces L2, L3 y L4, vía nervio crural o femoral). Por lo tanto únicamente la inervación común de los músculos afectados es la que deriva de la raíz L5 vías plexo sacro, nervio ciático.³⁴ Las dos posibilidades finales antes mencionadas, son eliminadas si existen anomalías similares en los músculos paravertebrales lumbares o sacros altos, y una lesión del nervio ciático se excluye si los músculos inervados por los nervios glúteos como el glúteo mayor o tensor de la fascia lata son normales.³⁴

Existen mapas de miotomas ya publicados, los cuales incluyen datos de autopsias, síntomas clínicos, neuroimagen y estudios electrofisiológicos, algunos de ellos transquirúrgicos.^{7,37,38,41,45,53.}

El examen de los músculos paraespinales con electrodo de aguja es indispensable para el diagnóstico de las radiculopatías. Los potenciales de fibrilación en los músculos paraespinales indican lesión axonal en los ramos primarios posteriores.^{5,43.}

Woods y Shea en 1951 publicaron los parámetros para la ubicación de los músculos paraespinales a estudiar para el diagnóstico electromiográfico de las radiculopatías.⁴⁵ Los músculos multifidos son los únicos que reciben inervación monsegmental.^{5,44}

Una desventaja del examen con electrodo de aguja es que las anomalías tales como los potenciales de fibrilación y ondas positivas son registrados en los músculos paraespinales a partir de la tercera semana de inicio de la enfermedad radicular lumbar.⁵

Además los potenciales de fibrilación y/o potenciales de onda positivos en los músculos paravertebrales, no son patognomónicos de radiculopatías; ya que se pueden encontrar en enfermedades de la neurona motora, en pacientes a quienes se les realizó un bloqueo anestésico a nivel lumbar, metástasis a nivel de columna, miopatías y diabetes mellitus.^{5,9,40,42.}

Las anomalías encontradas al examen con electrodo de aguja en las radiculopatías son la presencia de potenciales de fibrilación en una distribución de un miotoma.^{5,46} Otras anomalías pueden ocurrir en una distribución de una raíz pero tienen un significado diferente. Todas las anomalías en un mismo miotoma pueden ser divididas en actividad espontánea, actividad de inserción anormal y cambios en el potencial de acción de unidad motora.⁴⁶

Los potenciales de fibrilación encontrados en un miotoma específico, pueden ser las únicas anomalías en una radiculopatía, por que son pocas las fibras motoras que degeneran, y por lo tanto no existen cambios en el potencial de acción de unidad motora.⁵ Esto ocurre en una secuencia de proximal a distal. En el estadio agudo se pueden encontrar después de 6 o 7 días en los músculos paraespinales, pero pueden no aparecer en los músculos de las extremidades hasta después de 5 a 6 semanas de iniciada la lesión.^{9,30}

Otro tipo de anomalías detectables al estudio con electrodo de aguja son los potenciales de fasciculación y las descargas complejas repetitivas, que pueden encontrarse en un miotoma es específico en raras ocasiones, pero son criterios para diagnóstico de lesión de raíz.^{5,14} Sin embargo no son característicos de enfermedad de raíz ya que se pueden encontrar en lesiones como la esclerosis lateral amiotrófica, encontrarse como hallazgo en el músculo abductor del dedo grueso, sin que necesariamente indiquen radiculopatía.^{5,35} Las descargas complejas repetitivas también son raras e indican cronicidad en la enfermedad radicular.⁵

La actividad anormal de inserción registrada como ondas positivas de inserción pueden ser encontradas antes de inicio de los síntomas pero no son un hallazgo que pueda ser interpretado como diagnóstico de enfermedad radicular.⁵

La región lumbosacra es la zona más frecuentemente afectada en enfermedad de raíz, y ocupan el 62 a 90% de todas las radiculopatías encontradas. Las raíces L5 y S1 son las más frecuentemente involucradas.⁵

Existe una secuencia de anomalías electromiográficas en las radiculopatías⁵. Ver cuadro 3.

Cuadro No. 3 Secuencia de anomalías electromiográficas.

DIAS DE INICIO	ANORMALIDADES ELECTROMIOGRAFICAS
0	Reclutamiento disminuido Intervalo de reclutamiento disminuido Disminución en el número de ondas F Prolongación del reflejo H (S1) Potenciales de unidad motora polifásicos tempranos
0+4	Potencial de acción muscular compuesto disminuido
0+7	Ondas positivas en músculos paravertebrales
0+12	Ondas positivas en músculos proximales de extremidades; potenciales de fibrilación en músculos paraespinales.
0+18-21	Todas las anomalías electrofisiológicas presentes
0+5-6 meses	Potenciales de unidad motora de reinervación pueden estar presentes
6 meses-1 año	Potenciales de unidad motora de reinervación o con amplitud disminuida

Las anomalías en músculos paraespinales después de una mielografía, pueden aparecer después de realizado este estudio, pero todas las anomalías desaparecen después del cuarto día. Así mismo estas anomalías han sido descritas después de una punción lumbar.⁵

Después de una laminectomía de columna lumbar se pueden encontrar difusas anomalías tales como ondas positivas o potenciales de fibrilación se pueden encontrar en la zona pericicatrizal, pero no son hallazgos diagnósticos. Únicamente son

hallazgos útiles al diagnóstico cuando se encuentran a 3 cm lateral a la zona de la cicatriz quirúrgica.⁵

La evaluación de una radiculopatía recurrente es frecuente y ocasiona un problema diagnóstico. La comparación con estudios previos de electrodiagnóstico puede ayudar al diagnóstico definitivo.⁵

Si la radiculopatía previa es severa, uno puede esperar atrofia en las fibras musculares. Entonces los potenciales de fibrilación pueden ser pequeños, en contraste con una denervación reciente, la cual muestra potenciales de fibrilación grandes. Puede ocurrir reinervación, por ende se incrementa la proporción de potenciales de unidad motora polifásicos.⁶⁶

En algunas entidades crónicas como las neuropatías diabéticas leves, pueden semejar síntomas radiculares. Por ejemplo una atrofia muscular y el dolor unilateral en un paciente diabético pueden ser considerados clínicamente como una neuropatía femoral. Con una evaluación electrofisiológica cuidadosa este síndrome puede ser diagnosticado electrofisiológicamente como una radiculopatía L3-L4. Algunas pruebas como el reflejo H o las ondas F pueden ser utilizadas para confirmar uno u otro diagnóstico.⁵

La resonancia magnética de la columna lumbar es la aplicación de imagen más comúnmente utilizada en la práctica radiológica. Ha venido a suplir a la tomografía computada en el diagnóstico de la enfermedad radicular por su alta definición de tejidos blandos.^{5,48.}

A pesar del gran avance que se ha hecho en el diagnóstico radiológico y la terapia quirúrgica y conservadora de la enfermedad radicular, existe muy poco entendimiento y uniformidad en el uso de la terminología en estudios de imagen y ha llevado a controversias.^{49,50}

El comité de la Sociedad Norteamericana de Columna (NASS), presentó una amplia exhibición de la terminología utilizada en el diagnóstico de la patología discal en la reunión anual de la Academia Americana de Cirugía Ortopédica en 1990.⁵⁰

Anatómicamente la articulación intervertebral está formada por la unión de dos cuerpos vertebrales adyacentes, formando una anfiartrosis; está constituida por las dos caras de las vértebras adyacentes unidas entre sí por el disco intervertebral, la estructura de este disco es característica. Consta de dos partes.⁵¹

Una parte central, el *nucleus pulposus*, o núcleo pulposo, sustancia gelatinosa que deriva embriológicamente de la cuerda dorsal del embrión. Se trata de una gelatina transparente, que contiene un 88 por ciento de agua; por tanto, muy hidrófila y químicamente formada por una sustancia fundamental a base de mucopolisacáridos. Se ha identificado en ella sulfato de condroitina mezclado con proteínas, ácido hialurónico y keratosulfato. En el plano histológico, el *nucleus* contiene fibras colágenas y células de aspecto condrocitario y células conjuntivas. En cambio está tabicado por tractos fibrosos que parten de la periferia.⁵¹

Una parte periférica, el *annulus fibrosus* o anillo fibroso, constituido por una sucesión de capas fibrosas concéntricas, cuya oblicuidad está cruzada cuando se pasa de una capa a la contigua. En el centro en contacto con el núcleo, las fibras son casi horizontales y describen un largo trayecto helicoidal para ir de una cara a otra. De este modo, el núcleo se halla encerrado como en un aposento inextensible, entre las caras vertebrales por arriba y por abajo y el anillo fibroso. Este anillo forma un verdadero tejido de fibras, que en el sujeto joven impide toda exteriorización de la sustancia del núcleo. Este está comprimido en su albergue, de tal modo que cuando se corta el disco horizontalmente se ve brotar la sustancia gelatinosa del núcleo por encima del plano del corte. Fenómeno también visible cuando se realiza un corte sagital de la columna.⁵¹

La anatomía del disco intervertebral es más descriptiva en estudios de imagen con técnicas que analizan cortes sagitales.⁵⁰

Las capas externas del anillo fibroso son homogéneamente oscuras cuando se les observa en resonancia magnética. Típicamente, el anillo normal no se extiende más afuera de la línea que conecta las esquinas posteriores adyacentes a la vértebra, sin embargo, histológicamente el anillo normal en los niños se extiende 2.5mm afuera del margen vertebral.⁵²

Los elementos de unión intervertebral son ligamentosos que permiten la conexión entre las vértebras.⁵¹

Los anexos del pilar anterior son el ligamento vertebral común anterior, que se extiende desde la base del cráneo hasta el sacro por la cara anterior de los cuerpos vertebrales. El ligamento vertebral común posterior, que por la cara posterior de los cuerpos vertebrales, se extiende desde la apófisis basilar del occipital hasta en canal sacro. Entre estos dos ligamentos de gran extensión, la unión en cada tramo está asegurada por el disco intervertebral.⁵¹

Los anexos del arco posterior aseguran la unión entre dos arcos vertebrales adyacentes.

El ligamento amarillo, muy denso y resistente, se une a su homólogo en la línea media y se inserta por arriba en la cara profunda de la lámina vertebral de la vértebra supraadyacente y por abajo al borde superior de la lámina vertebral de la vértebra subyacente.

El ligamento interespinoso, prolongado por detrás por el ligamento supraespinoso. Este ligamento está poco individualizado en el tramo lumbar; en cambio es muy nítido en el tramo cervical.

En el extremo de cada apófisis transversa se inserta, a cada lado, el ligamento intertransverso.⁵¹

Por último, a nivel de las articulaciones interapofisiarias existen poderosos ligamentos interapofisiarios que refuerzan la cápsula de estas articulaciones: ligamento anterior y ligamento posterior.⁵¹

En conjunto estos ligamentos aseguran una unión solidísima entre las vértebras y confiere gran resistencia mecánica al raquis.⁵¹

En cuanto a la terminología usada en imagen, la degeneración discal implica alteraciones estructurales e histológicas en el núcleo. Una degeneración discal leve es definida como un oscurecimiento moderado del disco cuando se le observa en la resonancia magnética, con mayor degeneración el disco reduce su tamaño progresivamente.^{52,53}

Una fisura, es una disrupción de las fibras del anillo fibroso. Existen tres tipos de fisuras descritas patológicamente: concéntrica, transversal y radial. En relación con la enfermedad discal, la fisura radial es la que lleva más atención.⁵³

La fisura puede estar dentro de las fibras del anillo y puede encontrarse más afuera de la superficie adyacente al núcleo; si existe una fisura en una posición más externa, el núcleo puede comenzar a mostrar degeneración y por ende menor transmisión a la señal de imagen de resonancia (menos visible)⁵³ y el material nuclear puede entonces desplazarse.

Algunos autores postulan que las fisuras pueden producir "dolor discógeno" por un estímulo nocivo a una terminal nerviosa.⁵⁴

Una inflamación discal generalizada es una extensión circunferencial, simétrica del anillo más allá del margen vertebral.^{49,52}

Esto es una distorsión morfológica de carácter circunferencial que lo distingue de una protrusión o extrusión discal.⁵²

En un corte axial esta inflamación discal se puede ver como una imagen de doble contorno oscuro alrededor del margen del disco intervertebral.⁴⁹

Una protrusión discal es una condición asimétrica, en la que el contorno del disco intervertebral se extiende más allá del margen vertebral, hacia el canal espinal.

La base de una protrusión, se extiende en una dimensión anteroposterior. Una protrusión se distingue de una extrusión en que las fibras del anillo se mantienen intactas.⁵⁵

Una extrusión discal, en contraste a la protrusión, irrumpe la integridad del anillo fibroso, y el complejo ligamentario longitudinal posterior.⁵⁵

La falta de integridad de las fibras del anillo fibroso, genera un libre acceso del contenido del disco, hacia el espacio epidural, por lo que el disco puede estar separado de su disco de origen y migrar hacia el canal medular.^{74,78,79}

El concepto "hernia", es motivo de controversia. Sin embargo la palabra herniación es un término generalizado y es probablemente el más frecuentemente utilizado en el entendimiento de las anomalías discales⁵³, no define propiamente la histología de la lesión del anillo o del núcleo en términos de protrusión o extrusión, sino toma estos conceptos en uno solo, que es la salida del disco intervertebral más allá de los límites del margen vertebral.

Los estudios electrofisiológicos son utilizados en conjunto con otras modalidades de imagen para la evaluación del dolor bajo de espalda, para diagnosticar la presencia o ausencia de una radiculopatía.^{9,48}

Tanto la electromiografía como la resonancia magnética tienen limitaciones, por ejemplo la electromiografía puede ser negativa en radiculopatías puramente sensoriales⁹ y la resonancia magnética puede mostrar anomalías que no son clínicamente relevantes^{58,59}

La sensibilidad diagnóstica comparativa del examen electrodiagnóstico y los estudios de neuroimagen estudian diferentes aspectos de la raíz nerviosa. El electrodiagnóstico

detecta anomalías funcionales, y los estudios de neuroimagen detectan anomalías estructurales.⁶⁰

Para la columna lumbar la tomografía computarizada, la mielografía y la resonancia magnética son sensibles para detectar anomalías estructurales. La mielografía puede revelar anomalías en un 24% de sujetos asintomáticos⁶¹, la tomografía computarizada en un 36%⁸⁴ y la resonancia en un 28 a 64%.^{63,64}

A nivel cervical la resonancia magnética es anormal en 19% de sujetos asintomáticos⁵.

Como esto tiene una alta incidencia en sujetos asintomáticos es necesario realizar un estudio electrofisiológico, para detectar si esas anomalías estructurales son funcionalmente significativas.⁴⁸

Nardin y colaboradores⁶⁶ presentaron una revisión retrospectiva de 47 pacientes con una sospecha diagnóstica de radiculopatía cervical o lumbosacra, que contaban con estudios previos de resonancia magnética y de electromiografía; la sensibilidad electromiográfica fue del 29% en pacientes con posible radiculopatía y 72% en pacientes con diagnóstico definitivo de radiculopatía. Sin embargo, la resonancia magnética fue anormal en 53 a 60% de los sujetos. Los dos estudios fueron concordantes en el 60% y 40% no concordantes, por lo tanto concluyen que ambos estudios son complementarios en el diagnóstico de la patología de raíz.

MATERIAL Y METODOS.

Se captaron pacientes de ambos sexos, enviados al Servicio de Electrodiagnóstico de Medicina de Rehabilitación del Hospital Regional 1º de Octubre del ISSSTE, para la realización de electromiografía lumbosacra, los cuales contaban con estudio previo de resonancia magnética, los cuales eran referidos de los servicios de Neurología, Neurocirugía, Ortopedia y Rehabilitación.

A todos los pacientes se les realizó estudio electrofisiológico por un médico residente y un médico adscrito al servicio de Electrofisiología de Medicina de Rehabilitación,

El estudio se utilizó aparato de electromiografía Nickhon, se realizaron estudios de neuroconducción sensorial de sural y neuroconducción motora de peroneo y tibial, respuesta tardía (reflejo H de nervio tibial) a miembros pélvicos, para lo cual se utilizaron electrodos de captación y referencia no apareados y electrodo de tierra en placa. El estudio con electrodo de aguja se realizó a músculos paravertebrales lumbosacros y de extremidades inferiores, previa asepsia, con electrodo de aguja monopolar de 50mm.

Se tomaron fotografías con cámara digital panasonic a los estudios de imagen de resonancia magnética, desde niveles L2-L3 a L5-S1, los cuales fueron analizados por un médico especialista en radiología e imagen. En cada nivel se valoró patología discal la cual fue definida como una protrusión posterior del disco intervertebral, cuando ésta excede los 6 mm.

Se realizó análisis estadístico a los hallazgos obtenidos en la electromiografía y la resonancia magnética, consistente en coeficiente de correlación phi y la prueba exacta de Fisher.

RESULTADOS.

Se captaron 20 pacientes, 11 del sexo femenino y 9 del masculino en edades comprendidas entre los 29 a 51 años, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión.

El servicio de ortopedia refirió al 60% de los pacientes, neurocirugía el 20%, neurología el 10% y rehabilitación el 10%. El 100% de los pacientes contaban con estudio de resonancia magnética. La media del tiempo de evolución de la enfermedad fue de 15.5 con un mínimo de 6 a 24 meses. (Ver tabla 1).

Los hallazgos de los estudios de neuroconducción sensorial mostraron una latencia media de 3.1 mS bilateral, con amplitud media de 15.5 y 14.0uV derecho e izquierdo respectivamente. (Ver tabla 2).

El estudio de neuroconducción motora de peroneo y tibial mostraron latencias y amplitudes con una media dentro de los parámetros normales. (Ver tablas 3 y 4).

El estudio del reflejo H de nervio tibial se encontró ausente en 1 paciente y su media fue de 28.6 y 28.4 mS derecho e izquierdo respectivamente. (Ver tabla 5).

Al examen con electrodo de aguja se encontró radiculopatía lumbosacra en el 75% de los pacientes. El 100% de los pacientes mostraron alteraciones discales al estudio de resonancia magnética.

Se realizó coeficiente de correlación de phi y la prueba exacta de Fisher, a los resultados de la electromiografía y de resonancia magnética, se determinó que la única correlación que existió fue entre los pacientes con radiculopatía L4 derecha, L4 izquierda con hernia central en el disco L3; radiculopatía L5 izquierda, con hernia central en el disco L4; radiculopatía S1 derecha, S1 izquierda con hernia central en el disco L5, con una p significativa < a 0.05. (Ver tabla 6).

TABLAS

Tabla 1. Características Basales

Características Basales	
Género F/M	11/9
Edad (años)	40 (28-51)
Tiempo de evolución (meses)	15.5 (6-24)
Servicio de envío	
Ortopedia	12 (60%)
Neurocirugía	4 (20%)
Neurología	2 (10%)
Rehabilitación	2 (10%)
Estudio previo (RMN)	20/20

F/M: Femenino/Masculino

RMN: Resonancia Magnética

Tabla No. 2. Neuroconducción sensorial

Nervio Sural	Derecho	Izquierdo
Latencia (mS)	3.1 (2.5-4.2)	3.1 (2.4-3.9)
Amplitud (uV)	15.5 (9.6-30)	14.0 (8.3-30)

mS: milisegundos

uV: microvoltios

Tabla No. 3. Neuroconducción motora

Nervio Peroneo	Derecho	Izquierdo
Latencia distal (mS)	3.2 (2.9-5.0)	3.3 (2.7-4.5)
Latencia proximal (mS)	9.4 (8.7-11.2)	9.3 (8.6-11.1)
Amplitud distal (mV)	4.1 (3.0-6.8)	3.9 (2.5-8.0)
Amplitud proximal (mV)	4.0 (3.0-7.2)	3.9 (2.5-7.0)
Velocidad (m/s)	51.6 (45.0-62.2)	52.9 (43.2-63.4)

mS: milisegundos

mV: milivoltios

m/s: metros sobre segundo

Tabla No. 4. Neuroconducción motora

Nervio Tibial	Derecho	Izquierdo
Latencia distal (mS)	4.5 (3.2-5.1)	4.4 (3.0-5.2)
Latencia proximal (mS)	12.0 (9.9-14.8)	11.7 (9.4-13.9)
Amplitud distal (mV)	4.2 (2.5-7.5)	4.7 (2.6-6.3)
Amplitud proximal m(V)	4.0 (2.0-7.0)	4.5 (2.3-6.0)
Velocidad (m/s)	51.0 (42.5-57.0)	51.0 (43.0-64.0)

mS: milisegundos
mV: milivoltios
m/s: metros sobre segundo

Tabla No. 5. Respuesta tardía.

Nervio Tibial	Derecho	Izquierdo
Reflejo H (mS)	28.6 (24.8-34.2)	28.4 (0-33.2)

mS: milisegundos

Tabla No. 6. Correlación entre EMG y RMN.

Hallazgos EMG vs RMN	Coefficiente Phi	Fisher
RCPL4D vs HCL3	0.003*	0.0032
RCPL4I vs HCL3	0.001*	0.016
RCPL5D vs HCL4	0.085	0.158
RCPL5D vs HL4D	0.168	0.521
RCPL5I vs HCL4	0.035*	0.062
RCPL5I vs HL4I	0.948	1
RCPS1D vs HCL5	0.005*	0.014
RCPS1D vs HL5D	0.718	1
RCPS1I vs HCL5	0.004*	0.018

* p significativa < 0.05

EMG: Electromiografía

RMN: Resonancia Magnética

RCPL4D: Radiculopatía L4 derecha

RCPL4I: Radiculopatía L4 izquierda

RCPL5D: Radiculopatía L5 derecha

RCPL5I: Radiculopatía L5 izquierda

RCPS1D: Radiculopatía S1 derecha

RCPS1I: Radiculopatía S1 izquierda

HCL3: Hernia central disco L3

HCL4: Hernia central disco L4

HCL5: Hernia central disco L5

HL4D: Hernia posterolateral derecha disco L4

HL4I: Hernia posterolateral izquierda disco L4

HL5D: Hernia posterolateral derecha disco L5

DISCUSION.

El síndrome doloroso lumbosacro es una de las causas más frecuentes de envío al servicio de Medicina de Rehabilitación para la realización de estudios de gabinete complementarios para descartar compresión radicular, el cual se puede realizar electrofisiológicamente por medio de una electromiografía y estudio de neuroconducción nerviosa. Existen otros métodos auxiliares para valorar la condición morfológica de la columna lumbosacra, tal es el caso de la tomografía axial, mielografía y la resonancia magnética, de los cuales ésta última proporciona información más detallada de las estructuras óseas y tejidos blandos que conforman la columna lumbosacra, principalmente la morfología del disco intervertebral.

Sin embargo no se ha demostrado que alguno de estos estudios de gabinete proporcione certeza diagnóstica de patología de la raíz nerviosa, al cien por cien. Se han realizado estudios de correlación entre la Electromiografía y Resonancia Magnética, llegando a la conclusión de que ambos estudios son complemento diagnóstico en la enfermedad.

El examen clínico es sin duda la principal herramienta con la que cuenta el médico para hacer un adecuado diagnóstico de esta patología, sin embargo es indispensable contar con este tipo de estudios de gabinete para llegar a un diagnóstico más preciso, ya que de ello depende cual será el lineamiento para el tratamiento y pronóstico.

En nuestro estudio nosotros nos propusimos evaluar la correlación entre dos estudios de gabinete, la Electromiografía y la Resonancia Magnética, para con ello determinar si es indispensable la realización de ambos en el diagnóstico de enfermedad radicular lumbosacra.

En nuestro estudio no se valoró la prevalencia de la enfermedad radicular lumbosacra ni la incidencia de nivel radicular afectado, dado que esto no fue el objetivo del estudio; no obstante se encontró que de los 20 pacientes con diagnóstico clínico de radiculopatía, el 75% fue corroborado electrofisiológicamente, y el 100% mostró hallazgos anatómicos por Resonancia Magnética compatibles con enfermedad discal lumbosacra.

Los niveles de compromiso radicular lumbosacro encontrados en los pacientes mostró una incidencia de radiculopatías L5 en el 70%, S1 en el 25% y L4 en el 20%, lo cual concuerda con la literatura, la cual menciona el nivel L5 como el más susceptible de sufrir compromiso radicular. Además el 35% de los pacientes mostró radiculopatía en 2 o más niveles radiculares lumbosacros.

Los hallazgos encontrados en imagen de Resonancia Magnética son compatibles en su totalidad con alteraciones del disco intervertebral, lo cual no es patognomónico de radiculopatía, ya que la extensión de una protrusión discal no siempre condiciona compresión de la raíz y por ende no produce alteraciones neuromusculares demostrables al estudio de neuroconducción y electromiográfico. Es por ello que ambos estudios son necesarios como complemento diagnóstico en la patología radicular lumbosacra.

El estudio muestra correlación significativa entre ambos estudios de gabinete únicamente cuando la protrusión discal es central, ya que esta logra disminuir el diámetro del canal medular con mayor posibilidad de producir compromiso radicular, y las protrusiones posterolaterales tienen menor probabilidad de ocluir la salida de la raíz ipsilateral.

Existen pocos estudios en la literatura mundial que nos permita hacer una comparación con nuestro estudio.

Sin embargo es de suma importancia el seguimiento de este estudio con un mayor número de pacientes para valorar la efectividad de esta correlación

CONCLUSION.

El estudio electromiográfico muestra hallazgos fisiológicos de la raíz afectada y la resonancia magnética hallazgos morfológicos de los componentes de la columna vertebral lumbar.

La electromiografía es una parte fundamental en el diagnóstico de radiculopatías lumbosacras, sin embargo debe considerarse también que el estudio de este tipo de pacientes además de la clínica y la resonancia magnética son un diagnóstico complementario.

Se propone realizar una secuencia diagnóstica y comprobar la efectividad de la misma, así como algoritmos diagnósticos en la secuencia de solicitud de los estudios dada la media encontrada en el tiempo de evolución de la enfermedad.

Además se sugiere realizar estudios de concordancia diagnóstica en todo el personal que realiza los estudios electrofisiológicos para asegurar la certeza diagnóstica.

CEDULA DE RECOLECCION DE DATOS:
HOJA DE REPORTE ELECTROFISIOLOGICO:

ISSSTE

HOSPITAL REGIONAL 1º DE OCTUBRE

MEDICINA DE REHABILITACION

Nombre: _____ Edad _____ Sexo _____

Exp diente: _____ Servicio de envío: _____ Fecha: _____

Diagnóstico de envío: _____

NEUROCONDUCCION SENSORIAL

Nervio	Distancia	Latencia	Amplitud
--------	-----------	----------	----------

NEUROCONDUCCION MOTORA

Nervio	Segmento	Latencia	Amplitud	Velocidad
--------	----------	----------	----------	-----------

REFLEJO H

Nervio	Músculo captador	Predicción	Latencia
--------	------------------	------------	----------

ESTUDIO CON ELECTRODO DE AGUJA

Músculos estudiados

Inserción

Reposo

Actividad

CONCLUSION

BIBLIOGRAFÍA.

1. Stevens JC. The electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome. *Muscle and Nerve* 1987; 10:99-113.
2. Mixter W, Barr J. Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *N Eng J Med* 1934;211: 210-214.
3. Seemans RE, Murphy F. The syndrome of unilateral rupture of sixth cervical vertebral disc with compression of the seventh cervical nerve root: a report of four cases with symptoms simulating coronary disease. *JAMA* 1943;121:1209-1214.
4. Marinacci A. A correlation between operative findings in cervical herniated disc with the electromyograms and opaque myelograms. *Electromyography* 1966;6:5-20.
5. Aminoff MJ, Goodin DS, Parry GJ, Barbaro NM, Weinstein PR, Rosenblum ML. Electrophysiological evaluation of lumbosacral radiculopathies: electromyography, late responses and somatosensory evoked potentials. *Neurology* 1985;35:1514-1518.
6. Scarff TB, Dallman DE, Toleikis JR, Bunch WH. Dermatomal somatosensory evoked potentials in the diagnosis of lumbar root entrapment. *Surg Forum* 1981;32:489-491.
7. Brazier MA, Watkins AL, Michelsen JJ. Electromyography in differential diagnosis of ruptured cervical disc. *Arch Neurol Psychiatry* 1946;56:651-658
8. Shea PA, Woods WW, Werden DR. Electromyography in diagnosis of nerve root compression syndrome. *Arch Neurol Psychiatry* 1950;64:93-114.
9. Wilbourn AJ, Aminoff MJ. The electrophysiological examination in patients with radiculopathies *Muscle and Nerve* 1988;11:1099-1114.
10. Granger CV, Flanagan S. Nerve root conduction studies during lumbar disc surgery. *J Neurosurg* 1968;28:439-444.

11. Beneke R, Conrad B. The distal sensory nerve action potential as diagnostic tool for the differentiation of lesions in dorsal roots and peripheral nerves. *J Neurol* 1980;223:231-239.
12. Brandstater ME, Fullerton M. Sensory nerve conduction studies in cervical root lesions. *Can J Neurol Sci* 1983;10:152.
13. Leyshon A, Kirwan EG, Wynn Parry CB. Electrical studies in the diagnosis of compression of the lumbar root. *J Bone Joint Surg Br* 1981;63:71-75.
14. Eisen A. Electrodiagnosis of radiculopathies. *Neurol Clin* 1985;3:495-510
15. White JC. The ubiquity of contraction enhanced H-reflexes: normative data and use in the diagnosis of radiculopathies. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991;81:433-442.
16. Jabre JF. Surface recording of the H reflex of the flexor carpi ulnaris. *Muscle Nerve* 1981;4:435-438.
17. Sabbani MA, Kahel M: Segmental H-reflex studies in upper and lower limbs of patients with radiculopathies. *Arch Phys Med Rehabil* 1990;71:223-227.
18. Schimsheimer RJ, Ongerboer de Visser BW, Bour LJ, Kropveld D, Van Ammers VCPJ: Digital nerve somatosensory evoked potentials and flexor carpi radialis H-reflexes in cervical disc protrusion and involvement of sixth or seventh cervical roots. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988;70:313-324.
19. MacLean IC: Spinal nerve stimulation. *Phys Med Rehabil Clin North AM* 1994;4:509-529.
20. Schuchmann J. H-reflex latency in radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil* 1978;59:185-187.
21. Jankus WR, Robinson LR, Little JW. Normal limits of side-to-side H-reflex amplitude variability. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:3-7.

22. Scarberry S, Al-Hakim M, Katirji B. H-reflex amplitude in the healthy elderly. *Muscle Nerve* 1994;17:1350.
23. Weintraub JR, Madalin K, Wong M, Wilbourn AJ, Mahdad M. Achilles tendon reflex and the H-response: their correlation in 400 limbs. *Muscle Nerve* 1988;11:972.
24. Tans RJJ, Vredeveld JW. Somatosensory evoked potentials and electromyography in lumbosacral radiculopathy. *Clin Neurol Neurosurg* 1992;94:15-17.
25. Eisen A, Schoomer D, Melmed C. An electrophysiological method for examining lumbosacral root compression. *Can J Neur Sci* 1977;4:117-123
26. Fisher MA. H reflexes and F waves. Physiology and clinical indications. *Muscle Nerve* 1992;15:1223-1233.
27. Fisher MA, Shidve AJ, Teixeira C, Grainer LS. The F response: A clinically useful physiological parameter for the evaluation of radicular injury. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1979;19:65-75.
28. Tonzola RF, Ackil AA, Shahani BT, Young RR. Usefulness of electrophysiological studies in the diagnosis of lumbosacral root disease. *Ann Neurol* 1981;9:305-308.
29. Aminoff, Goodin DS, Barbaro NM, Westein PR, Rosenblum ML. Dermatomal somatosensory evoked potentials in unilateral lumbosacral radiculopathy. *Ann Neurol* 1985;17:171-176.
30. Ellenber MR, Honet JC, Treanor WJ. Cervical radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:342-352.
31. Scelsa S, Herskovits S, Berger AR. The diagnosis utility of F-waves in L5/S1 radiculopathies. *Muscle Nerve* 1995;18:1496.
32. Deschuytere J, Roselle N. Electromyographic and neurophysiological investigation in root compression syndromes in man. *Electromyography* 1970;10:339-340.

33. Eisen A, Hoirsch M, Moll A. Evaluation of radiculopathies by segmental stimulation and somatosensory evoked potentials. *Can J Neurol Sci* 1983;10:178-182
34. Kuruoglu R, Oh SJ, Thompson B. Clinical and electromyographic correlations of lumbosacral radiculopathy. *Muscle Nerve* 1994;17:250-251.
35. Lauder TD, Dillingham TR. The cervical radiculopathy screen: optimizing the number of muscles studied. *Muscle Nerve* 1996;19:662-665.
36. Lauder TD, Dillingham TR, Huston CW, Chang AS, Belandres PV. Lumbosacral root screen: optimizing the number of muscles studied. *Am J Phys Med Rehabil* 1994;73:394-402.
37. Brendler SJ. The human cervical myotomes: Functional anatomy studied at operation. *J Neurosurg* 1968;28:105-111.
38. Krarup C, Trojaborg W. Segmental innervation of lumbosacral nerves. *Muscle Nerve* 1994;17:956-957.
39. Liguori R, Krarup C, Trojaborg W. Determination of segmental sensory and motor innervation of the lumbosacral spinal nerves. *Brain* 1992;115:915-934.
40. Phillips LH, Park TS. Electrophysiologic mapping of the segmental anatomy of the muscles of the lower extremity. *Muscle Nerve* 1991;14:1213-1228.
41. Thage O. The myotomes L2-S2 in man. *Acta Neurol Scand* 1965;13:241-243.
42. Stewart JC. The electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1987;10:99-113.
43. Date ES, Mar EY, Bugola MR, Teraoka JK. The prevalence of lumbar paraspinal muscle activity in asymptomatic subjects. *Muscle Nerve* 1996;19:350-354.
44. Haig AJ, LeBreck DB, Powley SG. Paraspinal mapping. *Spine* 1995;20:715-721.

45. Woods WW, Shea PA. The value of the electromyogram in neurology and neurosurgery. *J Neurosurg* 1951;8:8:595-607.
46. Grana EA, Kraft GH. Lumbosacral radiculopathies: Distribution of electromyographic findings. *Muscle Nerve* 1995;15:1204.
47. Jhonson EW, Melvin JL. Value of electromyography in lumbar radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil* 1971;52:239-243.
48. Albeck MJ, Hilden J, Kjaer L, Holtas S, Praestholm J, Henriksen O, Gjerris F. A controlled comparison of myelography, computed tomography, and magnetic resonance imaging in clinically suspect lumbar disc herniation. *Spine* 1995;20:443-448.
49. Boden S, Davis D, Dina T. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects: a prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72:403-408.
50. Fardon D, Pinkerton S, Balderston R. Terms used for diagnosis by English speaking spine surgeons. *Spine* 1993;18:274-277
51. Kapandji IA. *Cuadernos de Fisiología Articular*. 2ª ed. Barcelona (Esp): Masson:1996
52. Yu S, Haughton V, Sether I. Anulus fibrosus in bulging intervertebral disks. *Radiol* 1988;169:761-763.
53. Mink J, Deutsh A, Goldstein T, Bray R, Pashman R, Armstrong I, et al. Spinal imaging and intervention. *Phys Med Rehabil Clin North Am* 1998;9:343-80.
54. McCarron R, Wimpee M, Hudkins P, et al. The inflammatory effect of nucleus pulposus: A possible element in the pathogenesis of the low back pain. *Spine* 1987;12:760-764.
55. Jensen M, Brant-Zawadzki M, Obuchowski N, et al. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. *N Engl J Med* 1995;331:69-73.

56. Masaryk T, Ross J, Modic M. High-resolution:MR imaging of sequestered lumbar spine intervertebral disks. *AJR* 1988;150:1155-1162.
57. Modic M, Masaryk T, Boymphrey F. Lumbar herniated disk disease and canal stenosis: Prospective evaluation by surface coil MR, CT, and myelography. *AJNR* 1986;7;709-717.
58. Boden S, Davis D, Dina T. Contrast enhanced MR imaging performed after successful lumbar disk surgery. *Radiology* 1992;182:59-64.
59. Breber A, Marions O. Biomechanics of lumbosacral nerve roots. *Acta Radiol* 1963;1:1141-1160.
60. Kambin P, Schaffer J. Percutaneous posterolateral discectomy: Anatomy and mechanism. *Clin Orthop* 1987;223:145-154.
61. Yoss RE, Corbin KB, MacCarthy CS, Love JG. Significance of signs and symptoms in localization of involved roots in cervical disc protrusion. *Neurology* 1957;7:673-683.
62. Wiesel SW, Tsourmas N, Feffer HL, Citrin CM, Patronas N. A study of computer-assisted tomography. *Spine* 1984;9:549-551.
63. Breig A, Marions O. Biomechanics of lumbosacral nerve roots. *Acta Radiol* 1963;1:111141-1160.
64. Jinkins J. MR of enhancing nerve roots in the non-operated lumbosacral spine. *AJNR* 1993;14:193-202.
65. Brock M, Patt S, Mayer H. The form and structure of the extruded disk. *Spine* 1992;17:1457-1461.
66. Nardin RA, Patel MR, Gudas TF, Rutkove SB, Raynor EM. EMG and RMI in the evaluation of radiculopathy. *Muscle Nerve* 1999;22:151-155.