



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

SECRETARIA DE SALUD

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

Luis Guillermo Ibarra Ibarra

ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN

**CAMBIOS EN LA ONDA F ASOCIADO A MANIOBRA DE EXTENSIÓN
SOSTENIDA EN SUJETOS CON CLAUDICACIÓN NEUROGÉNICA
SECUNDARIA A CONDUCTO LUMBAR ESTRECHO DEGENERATIVO**

T E S I S

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN

PRESENTA:

DRA. MARÍA FERNANDA HERNÁNDEZ UGARTE

PROFESOR TITULAR:

DR. DAVID D. CHÁVEZ ARIAS

ASESOR DE TESIS:

DRA. ANDREA OLASCOAGA GÓMEZ DE LEÓN



CIUDAD DE MÉXICO

FEBRERO 2019



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.

DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE EDUCACION EN SALUD

DR. DAVID CHAVEZ ARIAS
PROFESOR TITULAR

DRA. XOCHIQUETZAL HERNANDEZ LOPEZ
SUBDIRECTORA DE EDUCACION MEDICA

DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACION MEDICA

DR. ROBERTO CORONADO ZARCO
ASESOR METODOLÓGICO

DRA. ANDREA OLASCOAGA GÓMEZ DE LEÓN
DIRECTOR DE TESIS

PARTICIPANTES

DRA. PAULA CAMPOS GONZÁLEZ

DRA. BLANCA ISABEL LARA VÁZQUEZ

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	PÁGINA
ABREVIATURAS	5
RESUMEN	6
1. MARCO TEÓRICO	7
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
4. HIPÓTESIS	14
5. OBJETIVO GENERAL	14
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
7. MATERIAL Y MÉTODOS	15
7.1 Tipo de estudio	
7.2 Descripción del universo de trabajo	
7.3 Criterios de inclusión	
7.4 Criterios de eliminación	
7.5 Criterios de exclusión	
7.6 Tamaño de muestra	
7.7 Variables de estudio	
7.8 Análisis estadístico	
8. DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS	19
9. ASPECTOS ÉTICOS	21
10. RESULTADOS	22
11. DISCUSIÓN	31
12. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	35
13. CONCLUSIÓN	36
14. REFERENCIAS	34

ABREVIATURAS

CLE	Conducto lumbar estrecho
CN	Claudicación neurogénica
Cs	Cronodispersión
D.E	Desviación estándar
DIS	Diferencia interlado significativa
IRM	Resonancia magnética
Lat	Latencia
MES	Maniobra de extensión sostenida
Pts	Puntos
Pers	Persistencia

RESUMEN

El conducto lumbar estrecho degenerativo es una estenosis del conducto raquídeo que cuando es sintomática integra un síndrome que puede manifestarse como claudicación neurogénica. Este último es el síntoma más característico y específico y está presente hasta en el 80% de los sujetos con conducto lumbar estrecho.

No existe un estándar de oro para el diagnóstico del síndrome de conducto lumbar estrecho. Se ha reportado que el estudio de la onda F mediante electrodiagnóstico detecta diferencias significativas en pacientes con síndrome de CLE. Sin embargo, la evidencia aún es débil y los escasos estudios reportados no facilitan su reproducibilidad.

OBJETIVO: Determinar los cambios que se presentan al realizar onda F asociado a maniobra de extensión sostenida en sujetos con claudicación neurogénica secundaria a CLE y comparar los cambios obtenidos con un grupo de referencia.

METODOLOGÍA: Se realizó un estudio descriptivo, longitudinal, comparativo en pacientes con diagnóstico de conducto lumbar estrecho, divididos en dos grupos con base en la presencia o ausencia de claudicación neurogénica tras prueba de caminata en banda sin fin. Se realizó estudio de onda F antes y después de realizar la maniobra de extensión sostenida de tronco, para identificar los parámetros de persistencia, latencia, cronodispersión y latencia significativa interlado.

RESULTADOS: Se evaluaron 24 pacientes, 12 en el grupo experimental y 12 en el grupo control. De los 12 pacientes del grupo experimental, 11 tuvieron positiva la maniobra de extensión de tronco sostenida. Se encontró diferencia estadística significativa en la amplitud de la onda M y F para el nervio tibial izquierdo posterior a la MES.

CONCLUSIONES: Se encontró diferencia estadística significativa en la amplitud de la onda M y F en el grupo experimental de manera bilateral y diferencia estadísticamente significativa en la persistencia del tibial izquierdo, del mismo grupo.

1. MARCO TEÓRICO

Desde el punto de vista anatómico, el conducto lumbar estrecho degenerativo (CLE) es una estenosis del conducto raquídeo resultante de las alteraciones estructurales condicionadas por la hipertrofia de la cápsula articular facetaria, degeneración del disco intervertebral, formación de osteofitos y engrosamiento del ligamento amarillo. Cuando estas alteraciones de la anatomía y biomecánica son sintomáticas, integran un síndrome (Kishner S, 2010) (Takahashi N, 2014) que puede manifestarse como dolor bajo de espalda, síndrome radicular, síndrome de cauda equina o claudicación neurogénica. (Thomas S, 2003)

El CLE puede ser de un solo segmento ó multisegmental, así como unilateral o bilateral. Anatómicamente, la estenosis puede ser clasificada como central, lateral o foraminal. El segmento más comúnmente afectado es L4-L5, seguido por L3-L4, L5-S1 y por último L1-L2 (Siebert, 2009). El CLE también se puede subdividir en relativo y absoluto, según el diámetro anterior-posterior del canal espinal. El canal espinal fisiológico mide 22-25 mm y suele ser asintomático; se considera estenosis relativa entre 10–12 mm de diámetro, y absoluta cuando mide <10 mm de diámetro, el cual es frecuentemente sintomático. (Siebert, 2009).

El método más específico para el diagnóstico del síndrome de CLE es un constructo clínico, de imagen y electrodiagnóstico, ya que no existe un estándar de oro.

La claudicación neurogénica (CN) es el síntoma más característico y específico (Comer CM, 2009) (Takahashi N, 2014) (Yuichiro M, 2009), y está presente hasta en el 80% de los sujetos con CLE. Se manifiesta por la presencia de dolor y/o parestesias en miembros pélvicos durante la marcha, limitando su continuidad en trayectos prolongados. Los síntomas típicamente se exacerban al realizar extensión de tronco (como al descender por un plano inclinado), y disminuyen al realizar flexión de tronco (como en posición de sedestación) (Comer CM, 2009) (Yuichiro M, 2009). Se sugiere que los síntomas se deben a un estrechamiento del conducto raquídeo sobre todo a nivel central, y son exacerbados por el estrés mecánico (postura), originando isquemia de la raíz nerviosa o la cauda equina (Takahashi N, 2014)(Comer CM, 2009)(Bal S, 2006).

Con el objetivo de determinar el mecanismo fisiopatológico de la claudicación neurogénica, Yuichiro y colaboradores realizaron un estudio en el que se correlacionó la presión del foramen intervertebral (analizado intraoperatoriamente con modificación pasiva de la movilidad de la columna lumbar) con los hallazgos clínicos prequirúrgicos. Encontró que la presión local del orificio intervertebral aumentaba significativamente durante la extensión de la columna lumbar (Yuichiro M 2009). Asimismo, se ha reportado que la estenosis del canal vertebral puede estar mayormente afectada por estrés mecánico dinámico que por estrés estático, por lo que adquieren relevancia las pruebas dinámicas que reproducen la sintomatología (Takahashi N, 2014).

Aunque no es todavía clara la fisiopatología para presentar el síndrome de claudicación neurogénica, existen dos teorías para poder explicarla. La primera es la teoría de la compresión neurológica, que habla sobre la compresión prolongada de un nervio periférico, seguido por una estimulación mecánica, lo que produce dolor. Además, el deterioro de suministro nutricional genera cambios microvasculares, causando deterioro y fibrosis. Goh y colaboradores plantean que la combinación de estos cambios puede explicar la disfunción neurológica, sin embargo no exponen de forma concluyente el aspecto funcional de la claudicación (Goh, 2004).

La otra teoría es la de la compresión vascular, que sugiere el efecto patológico por el deficiente suministro de sangre a nivel de la cauda equina, y plantea que la congestión venosa entre los niveles de la estenosis compromete la nutrición de la raíz y resulta en los síntomas clínicos. Lo anterior explicaría la presencia de dolor durante la marcha, mientras que al reposo el aporte vascular nutricional es suficiente y se mantiene asintomático. De la misma forma, se puede comprender que la extensión de tronco produzca isquemia y dolor, mismos que disminuyen con la flexión (Adamova, 2005).

La evaluación clínica integral incluye un análisis “estático” mediante interrogatorio, evaluación de sensibilidad por dermatomas, fuerza por miotomas y reflejos osteotendinosos, así como un análisis “dinámico” a través de maniobras de provocación. Entre estas últimas se encuentran la maniobra de extensión sostenida

y la prueba de marcha en banda sin fin, las cuales ocasionan compromiso microcirculatorio, isquemia y congestión venosa, con lo cual se reproducen los síntomas subjetivos, así como los cambios neurológicos objetivos característicos de la claudicación neurogénica (Takahashi N, 2014).

Debido a que la evidencia existente es insuficiente (grado de recomendación: I) las guías de práctica clínica no han realizado una recomendación a favor o en contra de los hallazgos en la exploración física (NASS, 2011).

Estudios de imagen como resonancia magnética (IRM), tomografía computarizada y mielografía son útiles para diagnóstico de CLE. La IRM se considera el estándar de referencia por ser el estudio no invasivo más apropiado para confirmar la presencia anatómica del CLE (grado de recomendación B) (NASS, 2011). Sin embargo, en investigaciones cuyo objetivo ha sido determinar la relevancia clínica de dichos estudios, los resultados son variables y el grado de estenosis no siempre se correlaciona con la sintomatología (Comer CM, 2009).

En estudios realizados, donde se compara el grado de estrechez del conducto lumbar con la escala visual análoga (EVA) y la escala de incapacidad por dolor lumbar de Oswestry (ODI), no muestran ninguna correlación significativa (Soo Eun, 2012) (Yuan 2016).

Las pruebas electrofisiológicas como la electromiografía de aguja y estudios de neuroconducción son auxiliares diagnósticos en esta patología (Plastaras, 2003) (Bal S, 2006). Las respuestas tardías (onda F y reflejo H) forman parte de los estudios de conducción nerviosa. La onda F es una respuesta de baja amplitud originada por la activación antidrómica de las neuronas motoras (células del asta anterior) después de la estimulación de los nervios periféricos lo que provoca un impulso ortodrómico a pasar de nuevo a lo largo de los axones motores involucrados. Se puede evocar en muchos músculos de las extremidades superiores e inferiores. La latencia y la amplitud de una onda F es variable por lo que deben realizarse varios estímulos para determinar la latencia más corta y la persistencia (porcentaje de evocación de la respuesta) de la misma (Fisher, 2007) (Weiss L, 2004).

La evidencia en relación al uso de la onda F, reflejo H, potenciales evocados, neuroconduccion y electromiografía de extremidades inferiores es insuficiente, por lo que las guías clínicas no dan una recomendación a favor o en contra de su uso en el diagnóstico de CLE (NASS, 2011).

Para los valores utilizados para la evaluación de los parámetros de la onda F, nos basamos en los utilizados por Kimura (1983), ya que han sido los más reproducibles y se muestran en la siguiente tabla:

	Latencia	Persistencia	Cronodispersión	Diferencia interlado significativa
Nervio tibial	53.3 ± 8.3 ms	77.4 ± 25.6 %	>7 ms	>3 ms
Nervio peroneo	48.1 ± 7.4 ms	37.2 ± 25.3 %	>9.5 ms	>4 ms

Kimura J: Electrodiagnosis Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice. Philadelphia, FA Davis, 1983.

Chiodo y colaboradores analizaron la relación entre cambios encontrados mediante IRM y alteraciones en estudios neurofisiológicos (electromiografía de aguja en miembros pélvicos, neuroconducción, onda F y reflejo H) en sujetos con CLE sintomáticos y asintomáticos. Reportó que las mediciones de resonancia magnética no difirieron significativamente con respecto a los hallazgos de electromiografía de aguja de la extremidad, sin embargo el reflejo H y la onda F correlacionaron con las ubicaciones correspondientes de la estenosis (Chiodo A, 2008).

Desde 1988, Tang y colaboradores estudiaron la relación entre cambios de posición y onda F. Ellos reportaron variaciones en la cronodispersión y latencia. Otros investigadores realizaron mediciones de onda F posterior a terapia física (Wallbom AS, 2008) y caminata reportando variación en la latencia, cronodispersión (London S, 1991) (Adamova B, 2003) (Adamova B, 2005) y persistencia (Wallbom AS, 2008).

A pesar de la información disponible sobre las pruebas diagnósticas, no se ha estudiado la relación entre la maniobra de extensión sostenida en pacientes con claudicación neurogénica secundaria a conducto lumbar estrecho y los estudios de electrodiagnóstico. Estos cambios pueden manifestarse por las alteraciones en las características electrofisiológicas de la onda F. Si esta situación se corrobora, podría favorecer el uso de esta prueba diagnóstica en paciente con CLE.

2. JUSTIFICACIÓN

En la quinta década de la vida se pueden encontrar cambios degenerativos en la columna en el 95% de los sujetos, de los cuales el 6% desarrolla síndrome de conducto lumbar estrecho; dicha condición puede condicionar discapacidad, afectando de esta manera la calidad de vida en general (INR LGII, 2012).

Aunque la resonancia magnética es frecuentemente utilizada para la evaluación de los pacientes con síntomas lumbares, no existe una correlación entre los cambios estructurales y las manifestaciones clínicas (Chiodo A, 2008).

Se ha sugerido que los estudios de electrodiagnóstico pueden ser útiles en la evaluación de dichos pacientes aunque también en este caso se pueden encontrar resultados no concluyentes (Chiodo A, 2008) (Plastaras, 2003), pero la evidencia aun es débil ya que la literatura al respecto es escasa y poco reproducible (NASS, 2011).

El presente estudio pretende asociar los cambios electrofisiológicos de la onda F con la maniobra clínica dinámica de extensión sostenida en pacientes con claudicación neurogénica secundaria a CLE.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El diagnóstico del CLE es un constructo clínico, de estudios de imagen y electrodiagnóstico.

Los hallazgos en los estudios de imagen informan sobre modificaciones anatómicas, principalmente estáticas que no correlacionan directamente con la presencia de síntomas. Los estudios de neuroconducción y electromiografía están justificados en la valoración de sujetos con conducto lumbar ya que proporcionan información sobre los cambios en la función de estructuras nerviosas. (Chiodo A 2008)

La onda F es capaz de detectar variaciones en los parámetros de cronodispersión y latencia asociados al conducto lumbar estrecho. (Adamova B, 2003) (Adamova B, 2005) (London S, 1991) (Wallbom AS, 2008)

La maniobra de extensión sostenida durante 30 segundos esta descrita como una prueba de evocación útil para el diagnóstico. Sin embargo no se han documentado los cambios neurofisiológicos en la onda F al realizar maniobras de evocación dinámicas como esta prueba.

Con la información disponible es posible establecer la pregunta:

¿Existen cambios en los parámetros cuantificables de la onda F posterior a la maniobra de extensión sostenida en sujetos con CLED y claudicación neurogenica?

4. HIPÓTESIS

Existe una prolongación de las latencias, así como disminución de la persistencia de la onda F, posterior a la maniobra de extensión sostenida en pacientes con conducto lumbar estrecho y maniobra de extensión sostenida positiva.

5. OBJETIVO GENERAL

Determinar los cambios que se presentaron al realizar onda F asociado a maniobra de extensión sostenida en sujetos con claudicación neurogénica secundaria a CLED y comparar los cambios obtenidos con un grupo caso control.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar valores de la onda F pre y posterior a maniobra de extensión sostenida: Persistencia, latencia y cronodispersión en sujetos con CLED.
- Determinar valores de la onda F pre y posterior a maniobra de extensión sostenida: Persistencia, latencia y cronodispersión en casos control.
- Comparar los valores obtenidos entre ambos grupos.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1.- Diseño del estudio: descriptivo, transversal, comparativo

7.2.- Descripción del universo de trabajo.

- Sujetos de estudio: Pacientes con diagnóstico confirmado de CLE con estudio de resonancia magnética y clínica de claudicación neurogénica, que acudan a la consulta del servicio de Rehabilitación de Columna del Instituto Nacional de Rehabilitación LGII (INR LGII).
- Grupo control: Pacientes con diagnóstico confirmado de CLE con estudio de resonancia magnética sin claudicación neurogénica (asintomáticos o que cursen con alguna de las otras manifestaciones clínicas del síndrome de CLE) que acudan a la consulta del servicio de Rehabilitación de Columna del Instituto Nacional de Rehabilitación LGII (INR LGII).

7.3.- Criterios de inclusión

- Sujetos de cualquier género
- Diagnóstico de CLE por estudio de resonancia magnética, con estenosis central o lateral, uni o multinivel
- Ingresados al INR LGII
- Sin impedimento cognitivo para completar todas las evaluaciones
- Aceptaran participar en el estudio y firmaran consentimiento informado

7.4.- Criterios de eliminación

- Sujetos que no cumplieran con alguna de las valoraciones, clínica o electrofisiológica.

7.5.-Criterios de exclusión

- Sujetos con diagnóstico por imagen de CLE que sean asintomáticos.
- Cualquier situación que imposibilitara realizar la técnica de onda F, como lesiones en piel, edema, etc.
- Sujetos que no lograran realizar maniobra de extensión sostenida o prueba de marcha en banda.

- Pacientes con diabetes mellitus tipo 2
- Paciente postoperados de columna lumbar

** La presencia o no de claudicación neurogénica se determinó mediante la prueba de marcha en banda

7.6.- Tamaño de muestra

Debido a la falta de estudios similares al propuesto, se decidió realizar un estudio piloto incluyendo a 12 pacientes por grupo para calcular el tamaño de muestra requerido para el estudio.

7.7 Variables del estudio

VARIABLE	DE	Conceptualización	Operacionalización
CLASIFICACIÓN			
Conducto lumbar estrecho degenerativo		Disminución del diámetro del conducto espinal, canales laterales y/o foramen acompañado de signos y síntomas neurológicos	Síndrome clínico caracterizado por disminución del diámetro del conducto espinal acompañado de dolor, déficit neurológico en las extremidades inferiores, claudicación neurogénica
VARIABLE INDEPENDIENTE			
Maniobra de extensión sostenida		Maniobra de evocación que consiste en realizar extensión de tronco de 20-30 °, durante 30 segundos	Extensión de tronco de 20-30° durante 30 segundos, sin realizar flexión de rodillas. Se considera positiva si reproduce la sintomatología
Claudicación neurogénica		Los síntomas que se manifiestan como incomodidad y/o dolor en caderas, piernas o pies durante la marcha, y obligan al paciente a detenerse y flexionar el tronco, con lo que se limita la sintomatología.	Marcha a velocidad constante en banda sin fin con 0 grados de inclinación por 30 min o cuando se presenten los síntomas.

VARIABLE DEPENDIENTE.	Conceptualización	Operacionalización	Unidad de medida	Tipo de variable	Estadística
Onda F	PAMC evocado antidrómicamente estimulando un nervio motor de un músculo mediante estímulo eléctrico supramáximo. Representa el tiempo requerido de un estímulo para viajar antidrómicamente a la médula espinal y volver ortodrómicamente al músculo a lo largo de un porcentaje de las fibras.				
Persistencia	Porcentaje de evocación de la onda F	Porcentaje en el que la onda aparece en una serie de estímulos	Porcentaje, %	Cuantitativa. Continua	Prueba de Wilcoxon en grupo de estudio y el grupo de referencia
Latencia	Tiempo transcurrido desde el estímulo hasta que se registra respuesta motora	Tiempo transcurrido desde el estímulo hasta que se registra respuesta motora	Milisegundos, ms	Cuantitativa Continua De intervalo	U de Mann-Whitney para
Dispersión	Tiempo trascurrido desde el registro de inicio de la respuesta más rápida hasta la más lenta	Resta entre la latencia máxima y la mínima	Milisegundos, ms	Cuantitativa Continua De intervalo	comparar los valores pre y post maniobra entre grupos
Amplitud onda F	Se relaciona con el número de motoneuronas activadas	Se puede expresar en relación con la amplitud máxima de la onda M, siendo un 5% de esta.	Microvoltios μV	Cuantitativa Continua De intervalo	
Diferencia interlado de latencia	Diferencia que existe entre la latencia comparada con el lado contralateral	Tiempo transcurrido desde el estímulo hasta que se registra respuesta motora	Milisegundos, ms	Cuantitativa Continua De intervalo	

7.8.- Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva para resumir los datos. Para la comparación de los cambios en los parámetros de la onda F pre y post maniobra se realizó prueba de Wilcoxon en grupo control y grupo experimental. Para comparar los valores pre y post maniobra entre grupos, U de Mann-Whitney.

8. DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS

Con los pacientes que acudieron a consulta externa del servicio de Rehabilitación de Columna, que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, se realizó una entrevista con duración aproximada de 30 min, donde se realizó un interrogatorio dirigido sobre los síntomas que presentaba, asociados al canal lumbar, así como una revisión clínica que incluyó: sensibilidad al tacto ligero y discriminación dolor tacto-romo por dermatomas, fuerza valorada por miotomas y reflejos osteotendinosos patelar y aquileo, maniobra de extensión sostenida.

Después de firmar una carta de consentimiento informado, los individuos fueron evaluados para realizar la prueba de caminata en banda sin fin para confirmar la presencia/ausencia de claudicación neurogénica. Finalmente, se programó una cita para realizar el estudio de electrodiagnóstico.

- Técnica de prueba de caminata en banda sin fin

El sujeto de estudio realizó una marcha a velocidad constante en banda sin fin con 0 grados de inclinación por 30 min o hasta que se presentaron los síntomas.

Se mantuvo una postura erguida del tronco y durante la prueba se interrogó sobre los síntomas subjetivos, en cuanto aparecieron o al finalizar la prueba según el caso. Al finalizar la prueba se registró el tiempo y la distancia recorrida. (Takahashi N, 2014)

- Técnica de maniobra de extensión sostenida

Se realizó una extensión de tronco de 20-30° sostenida, hasta presentar los síntomas (tiempo mínimo 30 segundos y máximo 60 segundos). Se interrogó al sujeto sobre los síntomas subjetivos al finalizar la maniobra y se registró si esta prueba fue positiva o negativa.

- Técnica de onda F

Se registró usando electrodos de superficie. El electrodo activo se colocó sobre el vientre de muscular (en el punto motor) del músculo a estudiar, el electrodo de referencia se colocó sobre el tendón del mismo músculo (lejos del electrodo activo), y tierra se colocó entre el estímulo y el electrodo de registro. Se estimuló el nervio peroneo en el músculo extensor común de los dedos para analizar los niveles L4-L5

y el nervio tibial en el músculo abductor del hallux para analizar los niveles L5-S1. Debido a la variabilidad inherente de la onda F se realizaron 16 estímulos; Posterior a esto se realizó un registro basal y después se realizó maniobra de extensión sostenida. Finalmente se hizo el control con 16 estímulos.

Los estímulos fueron de una duración de 0.2 ms. La frecuencia de disparo fue la determinada por el equipo. La intensidad del estímulo fue supramáxima, 25% mayor a lo necesario para obtener una respuesta motora, se colocó el estimulador con el cátodo hacia dirección proximal para obtener la respuesta antidrómica.

9. ASPECTOS ÉTICOS

De acuerdo a la declaración de Helsinki, (Asociación Médica Mundial- AMM) en su última versión por la 64^a asamblea general de la AMM reunida en Brasil 2013 (<http://www.wma.net>), se obtuvo el consentimiento informado del paciente especificando las características y objetivos del proyecto.

De acuerdo a las Definiciones de Riesgo de la Investigación de Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en México, en su artículo 17 esta investigación se consideró de riesgo mínimo ya que involucra procedimientos comunes de evaluación durante la consulta de Rehabilitación de Columna.

De acuerdo a los lineamientos de este INR LGII, fue aprobado por el comité de Investigación y cuenta con el número de registro definitivo 60/15.

10. RESULTADOS

Se evaluaron un total de 24 pacientes, de los cuales 12 se asignaron al grupo control al no presentar datos de claudicación neurogénica en prueba de banda sin fin y 12 pacientes asignados al grupo experimental por presentar claudicación neurogénica en la misma prueba.

La edad promedio de los pacientes del grupo experimental fue de 60.5 (± 4.4 D.E) años y para el grupo control de 65.7 (± 12.1 D.E) años. Para el grupo experimental fueron 8 mujeres (66%) y 4 hombres (34%), mientras para el grupo control 9 mujeres (75%) y 3 hombres (25%).

Dentro de las comorbilidades presentes en los sujetos, 2 pacientes del grupo control contaban con diagnóstico de hipertensión arterial sistémica, mientras que en el grupo experimental, 2 pacientes tenían diagnóstico de hipertensión arterial sistémica y 2 de hipotiroidismo.

El promedio de niveles afectados con conducto lumbar estrecho, corroborados por el estudio de resonancia magnética fue de 2.5 niveles para el grupo control y 2.25 para el grupo experimental. El nivel más afectado en el grupo experimental se observó en un 59% para L4-L5, y 33% para L5-S1 y 8% de L3-L4. Mientras que para el grupo control el 50% el nivel más afectado fue L4-L5 y el otro 50% L5-S1.

De los 12 pacientes en el grupo experimental, 11 tuvieron positiva la maniobra de extensión de tronco sostenida, mientras que en el grupo control ningún paciente tuvo positiva esta maniobra.

El tiempo promedio de la prueba de caminata en banda sin fin fue de 26.08 minutos para el grupo control, se tuvo que suspender antes de los 30 minutos en tres pacientes por presentar dolor en otra articulación (rodilla y cadera). El tiempo promedio para el grupo experimental fue de 9.3 minutos; Existiendo una diferencia estadísticamente significativa ($p=0.001$) entre ambos grupos.

Durante el estudio de las ondas F se realizó electromiografía de músculos paravertebrales, encontrando datos de inestabilidad de membrana, compatibles con los hallazgos característicos en radiculopatías en 18 pacientes, 11 del grupo experimental y en 7 sujetos del grupo control. Cuatro sujetos del grupo control no presentaron datos de inestabilidad de membrana.

Resultados para los valores de nervio tibial:

En la siguiente tabla se presentan los valores promedio de persistencia, latencia, cronodispersión, y amplitud para la onda M y F para el nervio tibial obtenidos previo y posterior a la realización de la MES, de ambos grupos, en donde se observó diferencia estadísticamente significativa para el grupo experimental en las amplitudes de la onda M y F de ambos lados y diferencia estadísticamente significativa en la persistencia del tibial izquierdo, del mismo grupo. (**Tabla 1**).

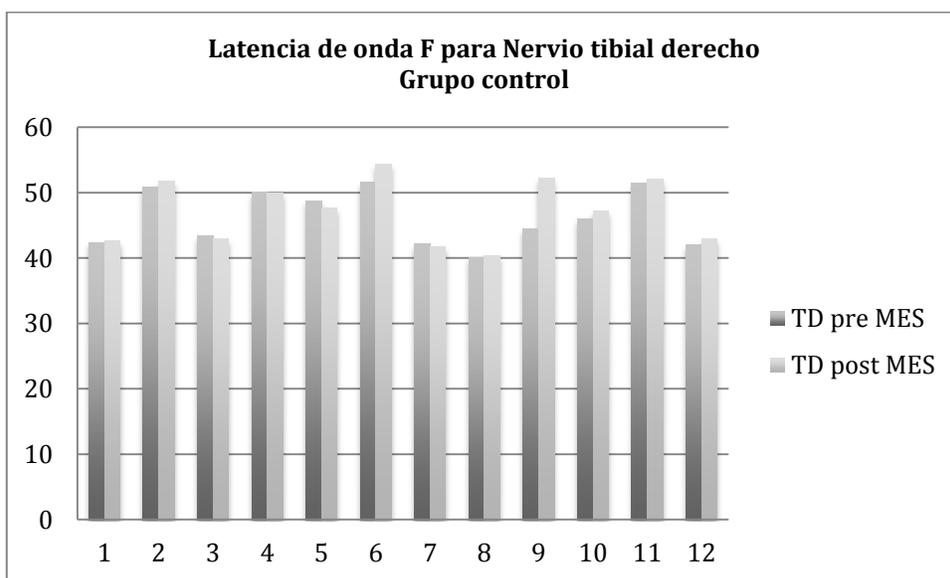
G. Control	Persistencia		Latencia		CS		Amp M		Amp F	
	Pre MES	Post MES	Pre MES	Post MES	Pre MES	Post MES	Pre MES	Post MES	Pre MES	Post MES
Lado derecho	95.7%	89.5%	46.1ms	42.8ms	5.4ms	5.2ms	6.6mV	6.6mV	331µv	330µv
	p 0.684		p 0.099		p 0.783		p0.894		p0.894	
Lado izquierdo	95.9%	93.3%	45.8ms	46.8ms	4.9ms	4.7ms	5.6mV	6.7mV	281µv	337µv
	p 0.285		p 0.155		p 0.755		p0.410		p0.410	
G. Experimental										
Lado derecho	85.7%	94.5%	42.3ms	47.0ms	3.8ms	4.2ms	5.9mV	6.1mV	307µv	290µv
	p 0.686		p 0.686		p 0.238		p0.041		p0.041	
Lado izquierdo	97.4%	90.1%	47.6ms	48.0ms	4.5ms	4.3ms	7.4mV	5.4mV	371µv	266µv
	p 0.041		p 0.307		p 0.476		p0.003		p0.003	

Tabla 1. Promedio de valores de Onda F de nervio tibial de grupo control y experimental

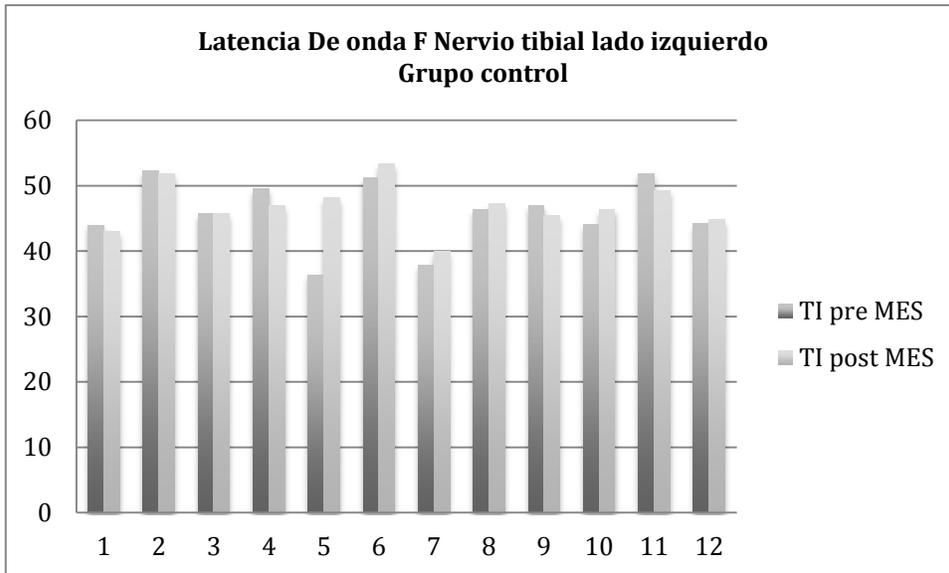
En el grupo control la latencia pre y posterior a la MES, se encontró dentro de rangos normales, aunque se observó diferencia significativa interlado en dos pacientes previo a la maniobra de extensión, la cual continuó posterior a la MES en un solo paciente, y en otro paciente se prolongó posterior a la maniobra. La cronodispersión se observó prolongada en tres pacientes previo a la MES; la cual se mantuvo prolongada posterior a la MES en dos de los pacientes y en otros dos pacientes, que previo a la maniobra, se encontraba en rangos normales.

En el grupo experimental se observó una diferencia estadísticamente significativa en la persistencia de las ondas F; En las latencias y cronodispersión pre y posterior a la MES, se encontraron valores con significancia estadística. Se observó diferencia interlado en cuatro pacientes previo a la maniobra de extensión, la cual continuó únicamente en dos pacientes posterior a la MES.

A continuación se muestra una gráfica comparativa de las latencias de la onda F del nervio tibial en ambas extremidades antes y después de la MES para el grupo control. (**Gráfica 1 y 2**)

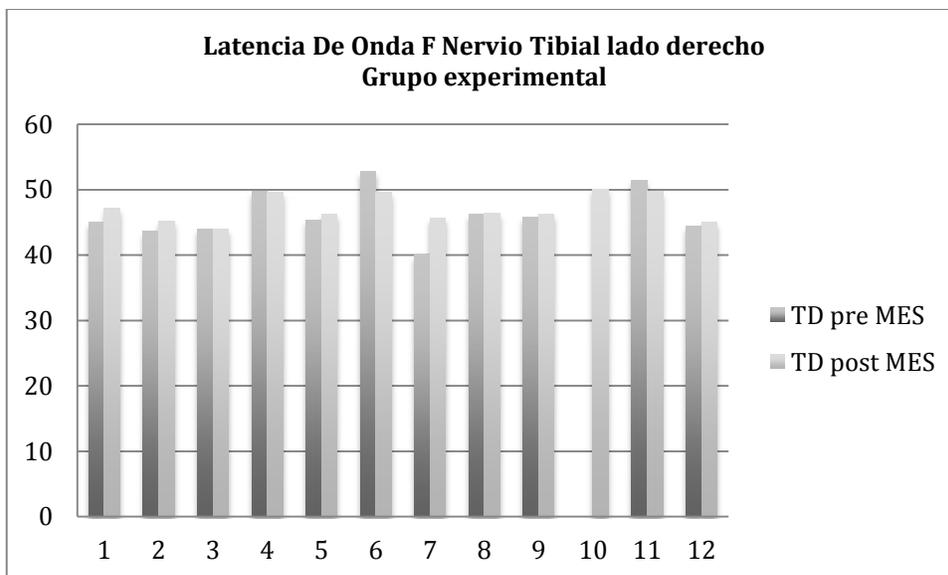


Gráfica 1. Latencias de onda F de nervio tibial en grupo control lado derecho

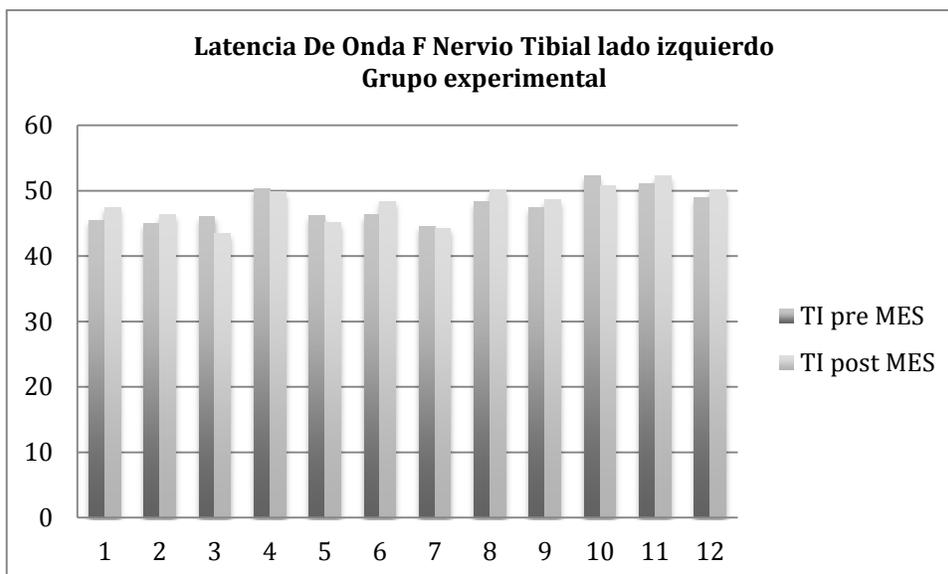


Gráfica 2. Latencias de onda F de nervio tibial en grupo control lado izquierdo

En la siguientes gráficas, se describen las latencias de la onda F del nervio tibial de manera comparativa de ambos lados, antes y después de la MES en el grupo experimental. (**Gráfica 3 y 4**)



Gráfica 3. Latencias de onda F de nervio tibial en grupo experimental lado derecho



Gráfica 4. Latencias de onda F de nervio tibial en grupo experimental lado izquierdo

Resultados para los valores de nervio peroneo:

Debido a la baja persistencia que presenta la onda F del nervio peroneo, y que la amplitud de la onda M y F no se ha evaluado con tanta frecuencia, se decidió evaluar únicamente la latencia, persistencia y cronodispersión del nervio peroneo.

En el grupo experimental y control, no se encontró significancia estadística en los valores de la onda F, para el nervio peroneo, antes y después de la MES, se muestran los promedios en la **tabla 2**.

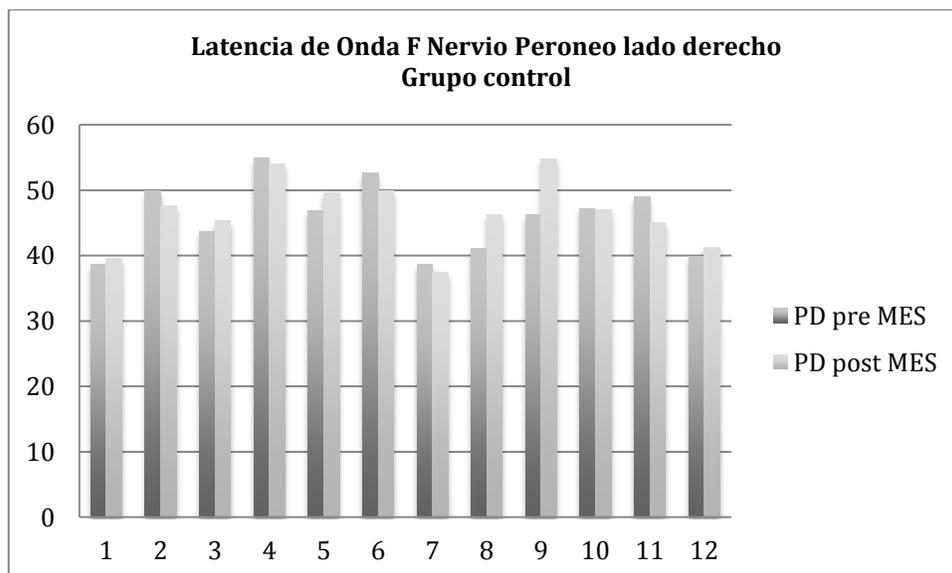
G. Control	Persistencia		Latencia		CS	
	Pre MES	Post MES	Pre MES	Post MES	Pre MES	Post MES
Lado derecho	62.3%	50.7%	45.7ms	46.8ms	4.6ms	4.8ms
	p 0.080		p 0.799		p 0.0.496	
Lado izquierdo	51.9%	48.5%	47.4ms	47.6ms	6.5ms	4.7ms
	p 0.672		p 0.161		p 0.674	
G. experimental						
Lado derecho	55.4%	57 %	45.3ms	43.9ms	4.1ms	4.3ms
	p0.779		p0.672		p0.866	
Lado izquierdo	61.4%	55.5%	47.0ms	46.5ms	5.8ms	5.5ms
	p0.012		p0.779		p0.777	

Tabla 2. Promedio de valores de onda F de nervio peroneo de grupo control y experimental

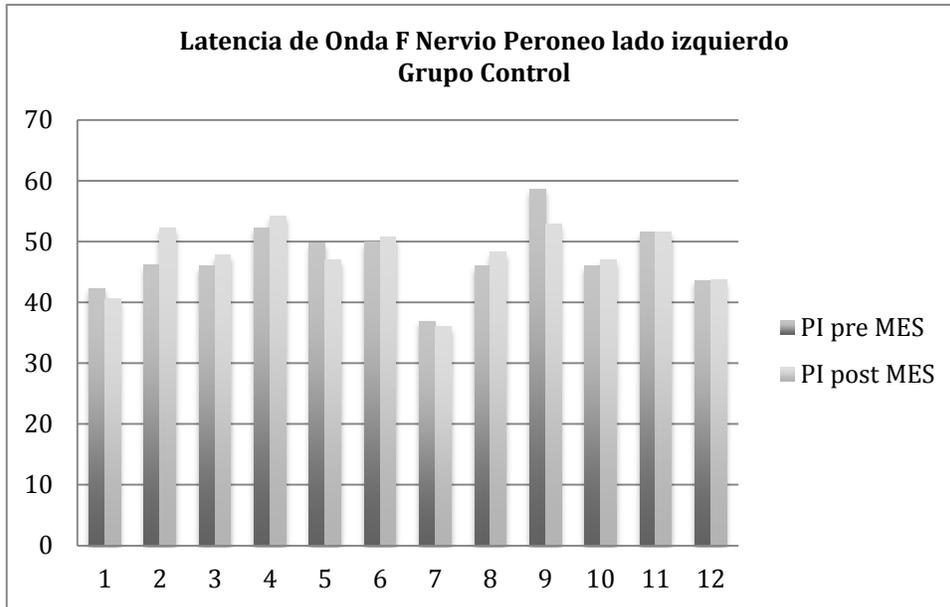
En el grupo control previo a la maniobra de extensión no se obtuvo respuesta en dos pacientes, la cual se mantuvo sin respuesta en uno de ellos posterior a la MES, y en otro presentó facilitación obteniendo hasta un 81% de ondas F, mientras que en dos pacientes que presentaron valores normales previo a la MES, se vio disminuida en un 56% y 31% posterior a la maniobra de extensión sostenida. La latencia únicamente se vio afectada en dos pacientes previo a la MES, en aquellos donde no se obtuvo respuesta, el resto de pacientes se encontró con latencias dentro de rangos normales, con diferencia interlado significativa únicamente en un paciente posterior a la MES. La cronodispersión se mantuvo dentro de parámetros normales en todos los pacientes, a excepción de los dos donde no se obtuvo ninguna respuesta.

En el grupo experimental la latencia no se observó prolongada en ningún paciente, pre y post a la MES,, aunque con diferencia interlado significativa en 4 pacientes posterior a la maniobra de extensión sin encontrarse prolongadas. La cronodispersión se mantuvo dentro de rangos normales pre y posterior a la maniobra de extensión sostenida en todos los sujetos estudiados.

Como se muestra en las siguientes gráficas, las latencias de la onda F del nervio peroneo, no mostraron ninguna diferencia significativa para el grupo control. **(Gráfica 5 y 6)**

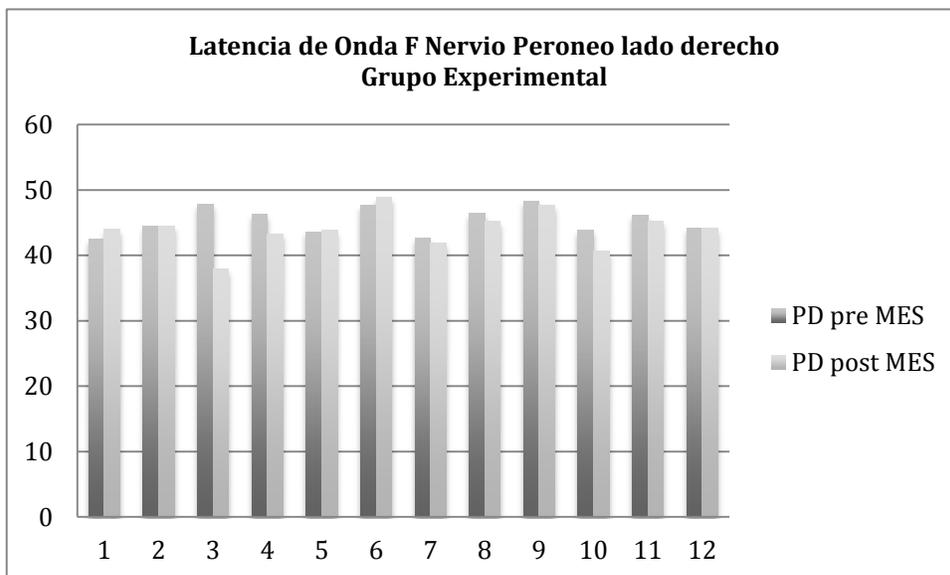


Gráfica 5. Latencias de onda F de nervio peroneo en grupo control lado derecho

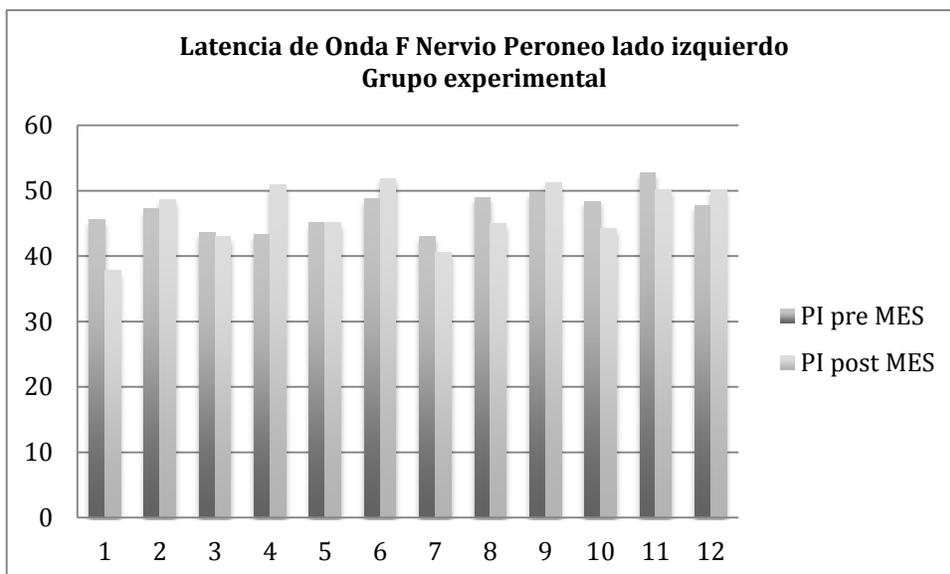


Gráfica 6. Latencias de onda F de nervio peroneo en grupo control lado izquierdo

En la siguientes gráficas, se muestra una comparación de las latencias de la onda F del nervio peroneo antes y después de la MES. (**Gráfica 7 y 8**)



Gráfica 7. Latencias de onda F de nervio peroneo en grupo experimental lado derecho



Gráfica 8. Latencias de onda F de nervio peroneo en grupo experimental lado izquierdo

En la siguiente tabla se muestran los valores de las desviaciones y de las varianzas de las variables de tolerancia de la marcha, persistencia, latencia, cronodispersión, amplitud de la onda M y de la onda F de los pacientes de ambos grupos antes de la MES. **(Tabla 3)**

Pseudoclaudicación		Desv. típ.	Varianza	Pseudoclaudicación	Desv. típ.	Varianza
Negativo	Tiempo de tolerancia de marcha	3.01008	9.061	Positiva	4.45856	19.879
	Tibial derecho persistencia	7.65299	58.568		33.85027	1145.841
	Tibial derecho latencia	4.23234	17.913		13.79072	190.184
	Tibial derecho cronodispersión	2.37461	5.639		2.44148	5.961
	Tibial derecho amplitud M	1.82065	3.315		1.89641	3.596
	Tibial derecho amplitud F	91.03259	8286.932		94.82040	8990.909
	Tibial derecho razón F/M	.00000	.000		.00000	.000
	Tibial izquierdo persistencia	10.92502	119.356		4.10007	16.811
	Tibial izquierdo latencia	5.07388	25.744		2.52130	6.357
	Tibial izquierdo cronodispersión	2.38721	5.699		2.32646	5.412
	Tibial izquierdo amplitud M	2.32666	5.413		1.98097	3.924
	Tibial izquierdo amplitud F	116.33286	13533.333		99.04850	9810.606

Tabla 3.

En la **(tabla 4)** se muestran los valores de las desviaciones y de las varianzas de las variables de tolerancia de la marcha, persistencia, latencia, cronodispersión, amplitud de la onda M y de la onda F de los pacientes de ambos grupos después de la MES.

Pseudoclaudicación		Desv. típ.	Varianza	Pseudoclaudicación	Desv. típ.	Varianza
Negativo	Tibial derecho persistencia postmaniobra	26.79368	717.902	Positiva	10.96689	120.273
	Tibial derecho Latencia postmaniobra	4.87038	23.721		2.15849	4.659
	Tibial derecho cronodispersión postmaniobra	3.04017	9.243		1.88461	3.552
	Tibial derecho amplitud M postmaniobra	2.14476	4.600		2.03267	4.132
	Tibial derecho amplitud F postmaniobra	107.23805	11500.000		101.63344	10329.356
	Tibial derecho razón F/M postmaniobra	.00000	.000		.00000	.000
	Tibial izquierdo persistencia postmaniobra	14.97473	224.242		13.07206	170.879
	Tibial izquierdo latencia postmaniobra	3.64578	13.292		2.78921	7.780
	Tibial izquierdo cronodispersión postmaniobra	1.88527	3.554		2.16746	4.698
	Tibial izquierdo amplitud M postmaniobra	2.42841	5.897		2.44173	5.962
	Tibial izquierdo amplitud F postmaniobra	121.42072	14742.992		122.08650	14905.114

11. DISCUSIÓN

En el presente estudio, se observó que no existe una diferencia significativa en los valores normales de la latencia, y cronodispersión de la onda F posterior a la maniobra de extensión sostenida en pacientes con conducto lumbar estrecho y claudicación neurogénica.

Se encontró únicamente significancia estadística en los pacientes del grupo experimental para la persistencia del nervio tibial izquierdo y diferencia significativa en la amplitud de la onda M y F posterior a la MES en el grupo experimental; Encontrando una disminución de la amplitud, aunque los rangos no llegaron a ser menores de 40 μ v, aún encontrándose en rangos de normalidad. No existen suficientes estudios en los cuales se hable de la importancia de la amplitud en enfermedades radicales de la columna lumbar y/o en pacientes con CLE. Los estudios que existen se centran en el aumento de las ondas M y F en pacientes que tengan alguna alteración probable del SNC o presencia de espasticidad (Mesrati,2004). Por lo que sería importante continuar este trabajo, para poder valorar si existe algún cambio en cuanto a la amplitud de la onda M y F , en pacientes que presenten conducto lumbar estrecho y MES.

En la literatura se reporta que la amplitud de las ondas puede ser variable debido al nivel de excitabilidad que tiene la motoneurona, por lo que un aumento de la excitabilidad de la reserva de neuronas motoras puede dar como resultado una disminución de la amplitud de las ondas F, así como el resultado de la contracción agonista y antagonista de los músculos, la cual esta presente en los pacientes, ya que al ser un estímulo supramáximo puede ocasionar dolor y con esto a una contracción muscular , la cual provoque cambios en el tamaño de la amplitud (Fisher , 2002).

Existen pocos estudios que evalúen la utilidad de la onda F en pacientes con conducto lumbar estrecho, la mayoría se enfocan en el estudio para radiculopatías u otras enfermedades neurológicas.

En un estudio en el cual se evaluaron los componentes electrofisiológicos posterior a una prueba de ejercicio en pacientes con conducto lumbar estrecho (Admova, 2005), se encontró una diferencia mínima pero significativa en la prolongación de la latencia de la onda F de nervio tibial y del reflejo H a nivel de soleo, tanto en pacientes con CN como en aquellos sin CN.

En estudios realizados en los que se evaluaron pacientes con CLE , y se realizaron mediciones de onfa F antes y después de realizar caminata, se observó una prolongación significativa de las latencias de las Onda F posterior a la caminata, únicamente en los pacientes con CLE y no controles. (Bal, 2006). En el presente estudio se esperaba encontrar los mismos resultados, sin embargo sólo se observó una disminución de la persistencia para el nervio tibial izquierdo, sin encontrar cambios con significancia estadística en cuanto a la latencia y la cronodispersión, en las cuales la mayoría de los estudios se enfocan; Esto puede ser probable ya que el tamaño de la muestra sea insuficiente para demostrar estos cambios. Asimismo, cabe mencionar que en este estudio se compararon dos grupos con presencia de CLE, por lo que en un siguiente estudio, se podría incluir un grupo con sujetos sin CLE.

La cronodispersión de las ondas F, la cual se obtiene calculando la diferencia entre la latencia máxima y la latencia mínima, determina el grado de dispersión entre las ondas F de manera consecutiva y nos da una estimación del rango de conducción que tienen las fibras motoras activadas (Mersati, 2004). La literatura menciona que para una medición precisa se necesitan de 40-50 estímulos, los cuales son difíciles de dar debido a la molestia que generan en los pacientes; además, los equipos cuentan con pantallas pre-determinadas para poder dar hasta 16 estímulos por seguridad al paciente. La cronodispersión no se ve correlacionada con la edad, sexo o altura y no da una información útil, por lo que no siempre es tomada en cuenta en los estudios. En este estudio, no se observó un cambio significativo en la cronodispersión en ninguno de los grupos. Se ha reportado que la cronodispersión se ve mayormente afectada en pacientes con patologías desmielinizantes que por daño axonal, lo que puede explicar que en este caso no exista una diferencia significativa (Spinola, 2008).

En un estudio realizado por Takahashi en el 2014, en el cual se incluyeron 116 pacientes con CLE, se valoraron los cambios neurológicos motores, sensoriales y reflejos antes y después de la maniobra de extensión sostenida y la prueba de caminata en banda sin fin. No se encontraron diferencias significativas entre estas dos pruebas en cuanto a cambios neurológicos; Por lo que aunque en este estudio no se haya demostrado que existe un cambio en las ondas F posterior a esta maniobra, continua siendo un elemento clave en nuestra exploración diaria, para poder determinar si un paciente presenta claudicación neurogénica o no.

Se ha demostrado que las latencias de la onda F pueden prolongarse ya sea en el nervio proximal o en lesión a nivel de raíz, sin embargo para detectar lesiones proximales focales, como las radiculopatías ha sido controvertido; aunque en la metodología de los estudios se ha observado deficiencias como la valoración únicamente de la latencia y no de otros parámetros como la cronodispersión, así como la falta de estudios de electromiografía que puedan ayudar a confirmar este diagnóstico (Fisher, 2002). En el presente estudio se pudo demostrar la presencia de radiculopatía en 18 pacientes, de los cuales únicamente en un paciente se presentó radiculopatía exclusiva derecha, en el resto se encontró radiculopatía de manera bilateral; Diferentes autores refieren una sensibilidad diagnóstica baja de las ondas F, entre un 10 y 20%, ya que desde el punto de vista histológico la mayoría de las radiculopatías causan daño axonal y de manera muy rara llega a existir desmielinización focal (Fisher, 2007). Lo cual podría explicar porque si existió diferencia significativa en la amplitud pero no en las latencias de la onda F.

A pesar de que no pudimos demostrar que existen cambios en la onda F posterior a la MES, sería interesante estudiar el Reflejo H antes y después de la MES. El reflejo H es un reflejo espinal monosináptico equivalente al reflejo aquileo, el cual al valorar la latencia es de utilidad para la evaluación de la raíz de S1 (David B, 2016). En el grupo control el 62.5% tenían CLE a nivel L5-S1, y en el grupo experimental el 37.5% tenían CLE en el mismo nivel, por lo que su exploración podría ser de utilidad para ver si existen diferencias significativas en la latencia antes y después de la MES, probablemente apoyando la hipótesis del presente estudio.

En estudios realizados, se reporta el nivel L4-L5 como el más comúnmente afectado por CLE (Siebert, 2009. Sang, 2012) y en el presente estudio se corrobora esta información. Existen pocos estudios en la literatura que hablen de la utilidad de la onda F en pacientes con conducto lumbar estrecho y la mayoría de los que existen se refieren a los cambios posterior a realizar ejercicio. Aumentar el tamaño de muestra podría permitir la obtención de resultados significativos sobre la utilidad de la maniobra de extensión sostenida en pacientes con claudicación neurogénica, y evitar la realización de la prueba de caminata en banda sin fin, la cual requiere de mayor tiempo y de un recurso de difícil acceso en la consulta clínica común

Otro factor importante que influye en los valores de las ondas F es que la latencia está directamente relacionada con la altura y longitud de la extremidad (Mesrati, 2004), que en este estudio no se tomaron en cuenta, por lo que sería importante para estudios futuros considerar la talla del paciente y ver si ésta está relacionada con la amplitud o la latencia de la onda F.

12. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En el presente estudio se demostraron diferencias significativas para la persistencia de la onda F y de la amplitud de las ondas M entre la evaluación inicial y posterior a la maniobra experimental. Existen múltiples factores que pueden influir en dichos desenlaces que están influenciados por el tamaño de la muestra, considerando que el presente estudio fue un piloto para realizar un cálculo de muestra óptimo para evidenciar dichas diferencias.

No se tomó en cuenta el tiempo de evolución de los síntomas, o el tiempo de evolución desde el diagnóstico de CLE, la talla del paciente y la intensidad del estímulo. Esto podría también influir tanto en los cambios morfológicos como amplitud de la onda M y la persistencia y duración de la onda F, como en los parámetros de electrodiagnóstico estudiados. Por lo que en futuros estudios sería importante considerar estas variables, así como la inclusión de un tercer grupo con pacientes sin CLE.

13. CONCLUSION

En los pacientes con CLE estudiados, se encontró diferencia estadística significativa en la amplitud de la onda M y F en el grupo experimental de manera bilateral y diferencia estadísticamente significativa en la persistencia del tibial izquierdo, del mismo grupo. No se encontraron cambios estadísticamente significativos en los valores de latencia y cronodispersión en las ondas F, posterior a una maniobra de extensión de tronco sostenida.

14. REFERENCIAS

- Adamova B, Vohanka S, and Dusek L: Dynamic electrophysiological examination in patients with lumbar spinal stenosis: it is useful in clinical practice: Eur Spine J 2005; 14: pp. 269.
- Adamova B, Vohanka S, Dusek L. «Differential diagnostics in patients with mild lumbar spinal stenosis: the contributions and limits of various tests.» Eur Spine J 12 (2003): 190-196.
- Adamova B, Vohanka S, Dusek L. «Dynamic electrophysiological examination in patients with lumbar spinal stenosis: Is it useful in clinical practice?» Eur Spine J 14 (2005): 269-276.
- Bal S, Celiker R, Palaoglu S, Cila A. «F Wave Studies of Neurogenic Intermittent Claudication in Lumbar Spinal Stenosis.» Am J Phys Med Rehabil 85 (2006): 135-140.
- Chiodo A, Haig A, Yamakawa K, Quint D, Tong H, Choksi V. «Magnetic Resonance Imaging vs. Electrodiagnostic Root Compromise in Lumbar Spinal Stenosis A Masked Controlled Study.» Am J Phys Med Rehabil 87 (2008): 789-797.
- Comer CM, Redmond AC, Bird HA, Conaghan PG. «Assessment and management of neurogenic claudication associated with lumbar spinal stenosis in a UK primary care musculoskeletal service: a survey of current practice among physiotherapists.» BMC Musculoskeletal Disorders 10, nº 121 (2009): 1-8.
- David B. Clinical uses of H reflexes of upper and lower limb muscles. Clinical Neurophysiology Practice 1 (2016) 9–17
- Eun SS, Lee Hy. Et al. MRI versus CT for the diagnosis of lumbar spinal stenosis. J Neuroradiol. 2012 May;39(2):104-9.
- F. Mesrati , M.F. Vecchierini , et al. F-waves: neurophysiology and clinical value. Neurophysiologie clinique 34 (2004) 217–243
- Fisher, M. «F-Waves – Physiology and Clinical Uses.» the scientific world journal 7 (2007): 144-160.
- Genevay S, et al. Clinical classification criteria for neurogenic claudication caused by lumbar spinal stenosis. The N-CLASS criteria. Spine J. 2018 Jun;18(6):941-947.
- Goh KJ, Khalifa W, Anslow P, et al: The clinical syndrome associated with lumbar spinal stenosis. Eur Neurol 2004; 52: pp.242.

- INR. «Rehabilitación en conducto lumbar estrecho.» Guía clínica, Instituto nacional de rehabilitación, Distrito Federal, 2012.
- Kimura J: *Electrodiagnosis of Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice*. Philadelphia, FA Davis, 1983.
- Kishner S, Gunduz O H, Munshi Satvik, Gupta S, Goyeneche Nicholas. «Electrodiagnosis in lumbar spinal stenosis: a review.» *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 06 2010: 1-12.
- London S, England J. «Dynamic F waves in neurogenic claudication.» *Muscle Nerve* 14, nº 5 (1991): 457-461.
- North American Spine Society. *Clinical Guidelines for Multidisciplinary Spine Care Diagnosis and Treatment of Degenerative Lumbar Spinal Stenosis*. clinical guideline, North American Spine Society, 2011.
- Plastaras. «Electrodiagnostic challenges in the evaluation of lumbar spinal stenosis.» *Phys Med Rehabil Clin N Am* 14 (2003): 57-69.
- Serpil Bal, reyhan et al. F Wave Studies of Neurogenic Intermittent Claudication in Lumbar Spinal Stenosis . *Am J Phys Med Rehabil*. 2006 Feb;85(2):135-40.
- Siebert, e. *et al*. Lumbar spinal stenosis: syndrome, diagnostics and treatment. *Nat. Rev. Neurol.* 5, 392–403 (2009).
- Spinoia P, Gilberto M, et al. Reproducibility in nerve conduction studies and F-wave analysis. *Clinical Neurophysiology* 119 (2008) 2070–2073
- Takahashi N, Kikuchi S, Yabuki S, Otani K, Konno S. «Diagnostic value of the lumbar extension-loading test in patients with lumbar spinal stenosis: a cross-sectional study.» *BMC Musculoskeletal Disorders* 15, nº 259 (2014): 1-6.
- Thomas S. «Spinal stenosis: history and physical examination.» *Phys Med Rehabil Clin N Am* 12 (2003): 29-30.
- Wallbom AS, Geisser ME, Haig AJ, Koch J, Guido C. «Alterations of F Wave Parameters After Exercise in Symptomatic Lumbar Spinal Stenosis.» *Am J Phys Med Rehabil* 87 (2008): 270-274.
- Weiss L, Silver JK, Weiss J. *Easy EMG*. Illinois: Elsevier, 2004.
- Yuichiro M, Shinichi H, Masatoshi N, Jun A, Yoshihiro T. «Neurogenic Intermittent Claudication in Lumbar Spinal Canal Stenosis The Clinical Relationship Between the Local Pressure of the Intervertebral Foramen and the Clinical Findings in Lumbar Spinal Canal Stenosis.» *J Spinal Disord Tech* 22 (2009): 130-134.

- Frank M. The diagnostic sensitivity of different F wave parameters. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998;65:535–540.
- Antonio J, et al. Various aspects of F-wave values in a healthy population. *Clinical Neurophysiology* 115 (2004) 2336–2342.