

**DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA EN LOS ESTUDIOS
DE LAS ONDAS F DE MIEMBRO SUPERIOR E INFERIOR EN ADULTOS EN
LA IPS RANGEL**

**Dra. Carol Tatiana Rincón Díaz
Residente de Medicina Física y Rehabilitación**

**Universidad El Bosque
Posgrado de Medicina Física y Rehabilitación
Bogotá, 2020**

DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA EN LOS ESTUDIOS DE LAS ONDAS F DE MIEMBRO SUPERIOR E INFERIOR EN ADULTOS EN LA IPS RANGEL

Trabajo presentado para optar por el Título de Especialista en Medicina Física y Rehabilitación

Autora: Dra. Carol Tatiana Rincón Díaz
Residente de III año de Medicina Física y Rehabilitación
Universidad El Bosque
Celular: 3132276528
Email: crincond@unbosque.edu.co

Asesor Temático: Dr. Carlos Rangel Galvis
Médico especialista en Medicina Física y Rehabilitación
Director postgrado Medicina Física y Rehabilitación Universidad El Bosque
Celular: 3138912937.
Email: crangel@rangelrehabilitacion.com.co

Asesor Metodológico: Dr. Fernando Yaacov Peña
Investigación de postgrados Universidad El Bosque
Celular: 3133948606.
Email: fpenam@unbosque.edu.co

Aprobación

Por medio de la presente se hace constar que se ha revisado y aprobado el trabajo de grado para optar al título de especialista en Medicina Física y Rehabilitación.

Firma Director de investigaciones

Firma Director de la División de Postgrados

Firma Director del Postgrado de Medicina y Rehabilitación

Firma Jurado

Universidad El Bosque
División de Investigaciones
Bogotá, 2019

Nota de salvedad de responsabilidad institucional

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

Artículo 23, Resolución N° 13 de julio de 1946

Agradecimientos

A Dios toda la gloria e infinitas gracias por su amparo, protección y guía en mi vida.
A mis padres, que con su inmenso amor han sentado en mi las bases de la perseverancia y el deseo de superación sobre las cuales he construido este gran logro.
A mi esposo por su paciencia, apoyo y amor incondicional, siendo mi soporte, motivación e impulso para perseguir y cumplir todos mis anhelos y sueños.
A todos mis docentes, que con sus enseñanzas y acompañamiento día a día han afianzado mi formación profesional y hecho posible la culminación de esta etapa.

Agradezco especialmente al Doctor Guido Massaza; para él toda mi gratitud y cariño, por su infinita comprensión, por su entrega en mi aprendizaje y compartir todos sus conocimientos durante estos años de formación, además de su noble dedicación y especial acompañamiento en la elaboración de mi trabajo de investigación.

Siempre le estaré agradecida.

Tabla de contenido

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT | 12 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 14 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 16 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 21 |
| 4.1 HISTORIA DEL ESTUDIO DE ONDAS F..... | 21 |
| 4.2 TÉCNICAS DE GRABACIÓN | 27 |
| 4.2.1 Superficie..... | 28 |
| 4.2.2 Estímulo de las Ondas F | 31 |
| 4.2.3 Estimulación distal vs la proximal | 33 |
| 4.2.4 Número de estímulos de las Ondas F..... | 34 |
| 4.2.5 Intensidad de las Ondas F | 34 |
| 4.2.6 Duración de las Ondas F..... | 35 |
| 4.2.7 Amplitud de las Ondas F | 35 |
| 4.2.8 Persistencia o frecuencia de las Ondas F..... | 36 |
| 4.3 TASA | 37 |
| 4.4 PARÁMETROS | 38 |
| 4.5 MEDICIÓN..... | 38 |
| 4.5.1 Onda F de latencia más corta o mínima | 40 |
| 4.5.2 Latencia media de las Ondas F..... | 41 |
| 4.5.3 Cronodispersión | 42 |
| 4.5.4 Amplitudes | 43 |
| 4.5.5 Persistencia | 43 |
| 4.5.6 Tacheodispersión | 43 |
| 4.6 HALLAZGOS CLÍNICOS DE LA ONDA F | 44 |
| 5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 48 |
| 6. OBJETIVOS | 49 |
| 6.1 OBJETIVO GENERAL..... | 49 |
| 6.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS..... | 49 |
| 7. ASPECTOS METODOLÓGICOS | 50 |
| 7.1 TIPO DE ESTUDIO..... | 50 |
| 7.2 POBLACIÓN DE REFERENCIA Y MUESTRA | 50 |
| 7.3 TAMAÑO Y OBTENCIÓN DE LA MUESTRA..... | 50 |
| 7.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN | 50 |
| 7.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN..... | 50 |
| 8. MATERIALES Y MÉTODOS | 57 |
| 9. PLAN DE ANÁLISIS | 62 |
| 10. ASPECTOS ÉTICOS | 63 |

| | |
|--|-----------|
| 11. CRONOGRAMA | 65 |
| 12. PRESUPUESTO | 66 |
| 13. RESULTADOS | 67 |
| 13.1. HALLAZGOS DEL ESTUDIO DE ONDAS F DE LOS NERVIOS MOTORES ENCONTRADOS EN LOS VOLUNTARIOS DEL ESTUDIO | 68 |
| 13.1.1 Hallazgos de las características de las ondas F encontrados en los participantes | 68 |
| 13.1.2 Comparación de mediciones según la lateralidad..... | 70 |
| 13.1.3 Comparación de mediciones según sexo..... | 73 |
| 13.1.4 Comparación de mediciones según los grupos etarios..... | 79 |
| 13.1.5 Comparación de mediciones según la talla..... | 82 |
| 13.1.6 Comparación de mediciones según el índice de masa corporal..... | 86 |
| 14. DISCUSIÓN | 90 |
| 15. CONCLUSIONES | 93 |
| 16. REFERENCIAS | 94 |
| 17. ANEXOS | 99 |
| 17.1 ANEXO 1. CARTA DE ASIGNACIÓN DE ASESOR..... | 99 |
| 17.2 ANEXO 2. AUTORIZACIÓN POR PARTE DE LA IPS RANGEL..... | 100 |
| 17.3 ANEXO 3. CONSENTIMIENTO INFORMADO..... | 101 |
| 17.4 ANEXO 4. FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 105 |
| 17.5 ANEXO 5. CERTIFICADO DE HABILITACIÓN IPS CARLOS RANGEL GALVIS S.A.S..... | 107 |
| 17.6 ANEXO 6. CERTIFICADO DE CURSO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL. | 108 |
| 17.7 ANEXO 7. AUTORIZACIÓN COMITÉ DE ÉTICA..... | 110 |

Lista de Tablas

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Valores normales del estudio de Ondas F en adultos según la talla.....</i> | <i>40</i> |
| <i>Tabla 2. Operacionalización de las variables</i> | <i>52</i> |
| <i>Tabla 3. Características sociodemográficas de la población a estudio</i> | <i>68</i> |
| <i>Tabla 4. Resumen de valores de referencia en sujetos sanos del estudio de Ondas F.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Tabla 5. Resumen de correlación de latencias y sexo en sujetos sanos en el estudio de Ondas F.....</i> | <i>77</i> |
| <i>Tabla 6. Resumen de valores de referencia por sexo del estudio de Ondas F en sujetos sanos.....</i> | <i>77</i> |
| <i>Tabla 7. Resumen de correlación de latencias y talla en sujetos sanos en el estudio de Ondas F.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Tabla 8. Resumen de valores de referencia en sujetos sanos según la talla del estudio de Ondas F.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Tabla 9. Resumen de valores de referencia en sujetos sanos según el IMC del estudio de Ondas F.....</i> | <i>89</i> |

Lista de figuras

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 1: Dibujo esquemático de la ruta de las ondas F y un registro de la onda F.....</i> | <i>25</i> |
| <i>Figura 2: Potencial de acción motor compuesto del estudio de Ondas F.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Figura 3: Potencial de acción motor compuesto, ondas M y ondas F.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Figura 4: Ondas F evocadas por 60 estímulos en sujetos normales.....</i> | <i>28</i> |
| <i>Figura 5: Esquema de la colocación del electrodo en nervio mediano y cubital de las ondas F medianas y cubitales.....</i> | <i>30</i> |
| <i>Figura 6: Grabación de ondas F realizadas en reposo y con contracción muscular.....</i> | <i>32</i> |
| <i>Figura 7: Ondas F y ondas M registradas de los nervios cubital y peroneo con ocho estimulaciones consecutivas.....</i> | <i>38</i> |
| <i>Figura 8: Diferencia de latencia de la onda F y la respuesta M.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Figura 9: Latencias de onda F mínima, máxima y cronodispersión por sexo para cada uno de los nervios</i> | <i>78</i> |
| <i>Figura 9.1: Latencias mínimas de onda F por sexo para los nervios mediano, ulnar, tibial y peroneo.....</i> | <i>78</i> |
| <i>Figura 9.2: Latencias máximas de onda F por sexo para los nervios mediano, ulnar, tibial y peroneo.....</i> | <i>78</i> |
| <i>Figura 9.3: Cronodispersión de onda F por sexo para los nervios mediano, ulnar, tibial y peroneo... </i> | <i>79</i> |
| <i>Figura 10: Nomograma de latencias mínima y máxima de Ondas F en correlación con la estatura... </i> | <i>84</i> |

Resumen

La onda F es un estudio para evaluar la fisiología normal y anormal de los sistemas nervioso central y periférico. Es Utilizada para la detección de neuropatía periférica, así como para el diagnóstico de lesiones nerviosas motoras en los segmentos proximales, que no pueden evaluarse mediante estudios de conducción nerviosa convencional. Los valores de referencia de la onda F se obtienen según la edad y la estatura de poblaciones europeas y estadounidenses. La razón relevante es que las personas más altas normalmente tienen latencias de Ondas F más largas, y el uso de datos de referencia basados solo en la latencia de la Onda F podría dar como resultado en un paciente sano de baja estatura con un informe falso como anormal. Ningún estudio analiza sistemáticamente los valores normales de las Ondas F en todos sus parámetros en la población Colombiana en efecto de la edad, la estatura y el género. El estudio de determinación de los valores de referencia de las Ondas F permitirá estandarizar los rangos de normalidad para incrementar la calidad de detección de lesiones proximales de los nervios motores, aumentando su sensibilidad y el rendimiento diagnóstico de la neuropatía periférica en la población adulta de la IPS Rangel.

OBJETIVO: Determinar los valores de las Ondas F de los miembros superiores e inferiores en una población adulta sana de la IPS Rangel definiendo sus rangos de normalidad.

MATERIALES Y MÉTODOS: Es un estudio transversal, descriptivo, que se llevará a cabo durante un período de 2 años, establecido desde enero de 2019 a diciembre de 2020, en el Departamento de posgrado de Medicina Física y Rehabilitación de la Universidad El Bosque, en hombres y mujeres entre 18 a 60 años de edad. Las personas que acepten la participación en el estudio, firmaran un consentimiento informado. Se realizará una historia clínica detallada mediante un cuestionario estructurado. Serán seleccionados los participantes que cumplan con los criterios clínicos. Los parámetros de la onda F se registrarán directamente utilizando una máquina de conducción nerviosa/electromiografía. Se le explicará al participante previa realización del estudio, que recibirá estímulos eléctricos en número de 10 de moderada intensidad en dos nervios de cada extremidad. Se registrarán las variables con los parámetros de Onda F de latencia mínima, latencia máxima, la cronodispersión y el número de Ondas F obtenidas sobre 10 estímulos (persistencia). Al final, los datos recolectados se registran en una base de datos para tabulación y se analizarán.

RESULTADOS: Se analizaron los diferentes nervios de las extremidades superiores e inferiores de los participantes de la investigación que cumplieron con los criterios de inclusión encontrando que el límite superior en el adulto normal en nuestra población en estudio, para la latencia mínima de la Onda F fue de 24 ms para los miembros superiores. En las extremidades inferiores los valores reportados son 42 ms. Las latencias medias mínimas de la onda F tienden a ser de 22 a 26 ms en las extremidades superiores y de 36 a 46 ms en las extremidades inferiores, dependiendo de la altura. Los hallazgos actuales confirman una disminución de las latencias de la Onda F dependiente de la longitud entre las extremidades superiores e inferiores, además observándose una diferencia notable entre los valores de referencia de mano y pie al compararlos con la literatura internacional. Según la lateralidad en las mediciones realizadas, no se encontraron diferencias significativas de la onda F de las extremidades superiores e inferiores al comparar lado a lado entre las latencias de los mismos nervios ($P > 0,05$), en ninguna de las medidas para cada uno de los nervios evaluados igualmente para los grupos etarios no se encontraron diferencias. Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F valorando los nervios mediano, ulnar, peroneo y tibial y adicionalmente la persistencia para el nervio peroneo, según el sexo dentro de los sujetos de estudio, utilizando la prueba t student en las mediciones realizadas. Posteriormente se dividió la talla en 3 categorías: menores de 159 cm, de 160 a 179 cm y mayores de 180 cm, utilizando el método estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar las medianas de los grupos. Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F según los grupos por talla dentro de los sujetos de estudio. Por lo tanto se evidenció que las latencias de onda F mínima y máxima mostraron una correlación con la altura ($p < 0,05$), pero no con la edad ($p > 0,05$) en todos los nervios evaluados. Para el análisis de Índice de masa corporal (kg/m^2) se categorizó en 3 grupos según la clasificación de la OMS de la siguiente forma: menores de 25 kg/m^2 , de 25 a 29,9 kg/m^2 y mayores de 30 kg/m^2 . Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas de los grupos. Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas y en la persistencia del estudio de ondas F.

CONCLUSIÓN: Los resultados del estudio de Ondas F en la población de estudio mostraron una correlación con la literatura y referencia internacional, los autores no encontraron estudios similares que hayan sido realizados en Colombia. Motivo por el cual se propone esta investigación como estudio piloto para desarrollar en el futuro análisis avanzados, dada la necesidad de crear valores de referencia extrapolados a nivel nacional y adicionalmente realizar comparaciones con bibliografía extranjera para evaluar la diferencias significativas según los datos antropométricos de cada población. Como hallazgo relevante del estudio, los parámetros de las ondas F de latencia más corta, latencia máxima, cronodispersión y persistencia en

las extremidades superiores e inferiores valorando los nervios mediano, ulnar, peroneo y tibial, en los participantes se encontró una diferencia estadísticamente significativa para la talla y según el sexo, pero no para la lateralidad, los grupos etarios y el índice de masa corporal. Los resultados de este análisis de datos se pueden aproximar al grupo de población de estudio y pacientes de la IPS Rangel con el fin de lograr un aumento de precisión diagnóstica para la población colombiana, y a su vez podría brindar un mejor pronóstico y tratamiento oportuno de las patologías neuromusculares.

PALABRAS CLAVE: Ondas F, latencia máxima, latencia media, latencia mínima, dispersión, nervios, motor, Mediano, Ulnar, Tibial, Peroneo.

Abstract

The F wave is a study to evaluate the normal and abnormal physiology of the central and peripheral nervous systems. It is used for the detection of peripheral neuropathy, as well as for the diagnosis of motor nerve lesions in the proximal segments, which cannot be evaluated by conventional nerve conduction studies. The reference values of the F wave are obtained according to the age and height of European and American populations. The relevant reason is that taller people typically have longer F Wave latencies and using baseline data based only on F Wave latency could result in a healthy short stature patient with a false report like abnormal. No study systematically analyzes the normal values of the F Waves in all their parameters in the Colombian population in association with age, height and gender. The study to determine the reference values of the F waves will allow standardizing the normality ranges to increase the quality of detection of proximal motor nerve lesions, increasing their sensitivity and the diagnostic performance of peripheral neuropathy in the adult population of the IPS Rangel.

OBJECTIVE: To determine the values of the F waves of the upper and lower limbs in a healthy adult population of the IPS Rangel, defining their ranges of normality.

MATERIALS AND METHODS: It is a cross-sectional, descriptive study that will be carried out over a period of 2 years, established from January 2019 to December 2020, in the Postgraduate Department of Physical Medicine and Rehabilitation of El Bosque University, in men and women between 18 to 60 years of age. People who accept participation in the study will sign an informed consent. A detailed medical history will be made using a structured questionnaire. Participants who meet the clinical criteria will be selected. The F wave parameters will be recorded directly using a nerve conduction / electromyography machine. After conducting the study, the participant will be explained that they will receive 10 electrical stimuli of moderate intensity in two nerves of each limb. The variables with the F-wave parameters of minimum latency, maximum latency, chronodispersion and the number of F-waves obtained on 10 stimuli (persistence) will be recorded. In the end, the data collected is recorded in a database for tabulation and will be analyzed.

RESULTS: The different nerves of the upper and lower extremities of the research participants who met the inclusion criteria were analyzed, finding that the upper limit in the normal adult in our study population, for the minimum latency of Wave F was 24 ms for the upper limbs. In the lower extremities, the reported values are 42 ms. Minimum mean F wave latencies tend to be 22 to 26 ms in the upper extremities and 36 to 46 ms in the lower extremities, depending on height. The current findings confirm a length-dependent decrease in F wave latencies between the upper and lower extremities, in addition to observing a notable difference between the hand and foot reference values when compared with the international literature. According to the laterality in the measurements carried out, no significant differences were found in the F wave of the upper and lower extremities when comparing side by side between the latencies of the same nerves ($P > 0.05$), in any of the measurements for each one of the nerves evaluated equally for the age groups, no differences were found. Significant differences were found between the minimum and maximum distal latencies of the F-wave study evaluating the median, ulnar, peroneal and tibial nerves and additionally the persistence for the peroneal nerve, according to sex within the study subjects, using the t-student test. in the measurements made. Subsequently, the height was divided into 3 categories: less than 159 cm, 160 to 179 cm and greater than 180 cm, using the Kruskal-Wallis non-parametric statistical method to compare the medians of the groups. Significant differences were found between the minimum and maximum distal latencies of the F-wave study according to the groups by height within the study subjects. Therefore, it was evidenced that the minimum and maximum F wave latencies showed a correlation with height ($p < 0.05$), but not with age ($p > 0.05$) in all evaluated nerves. For the analysis of Body Mass Index (kg / m^2), it was categorized into 3 groups according to the WHO classification as follows: less than $25 \text{ kg} / \text{m}^2$, 25 to $29.9 \text{ kg} / \text{m}^2$ and greater than $30 \text{ kg} / \text{m}^2$. The Kruskal-Wallis test was used to compare the group medians. Significant differences were found between the minimum, maximum and persistence distal latencies of the F wave study.

CONCLUSION: The results of the F-waves study in the study population showed a correlation with the literature and international reference, the authors did not find similar studies that had been carried out in Colombia. Reason why this research is proposed as a pilot study to develop advanced analyzes in the future, given the need to create extrapolated reference values at the national level and additionally make comparisons with foreign bibliography to evaluate the significant differences according to the anthropometric data of each population. As a relevant finding of the study, the parameters of the shorter latency F waves, maximum latency, chronodispersion and persistence in the upper and lower extremities, evaluating the median, ulnar, peroneal and tibial nerves, in the participants a statistically significant difference was found for height and by sex, but not for laterality, age groups and body mass index. The results of this data analysis can be approximated to the group of the study population and patients of the IPS Rangel in order to achieve an increase in diagnostic precision for the Colombian population, and in turn could provide a better prognosis and timely treatment of the neuromuscular pathologies.

KEY WORDS: F waves, maximum latency, medium latency, minimum latency, dispersion, nerves, motor, Median, Ulnar, Tibial, Peroneal.

1. Introducción

La onda F es el estudio para evaluar la fisiología normal y anormal del sistema nervioso central y periférico. Es una de las técnicas simples y no invasivas más utilizadas para la detección de neuropatía periférica, principalmente útiles para el diagnóstico de lesiones nerviosas motoras en los segmentos proximales, que no puede evaluarse mediante estudios de conducción nerviosa convencional.(1) Las latencias de las ondas F se prolongan de forma característica en las neuropatías motoras y pueden ser anormales incluso cuando los estudios de conducción nerviosa motora periférica son normales.(2)(3)(4)(5)(6) Las ondas F también pueden ser más sensibles que los estudios de conducción motora convencionales en neuropatías axonales.(7)

El estudio de determinación de los valores de referencia de las Ondas F permitirá estandarizar los rangos de normalidad para la detección de lesiones de los nervios motores, aumentando su sensibilidad y el rendimiento diagnóstico de la neuropatía periférica en la población adulta de la IPS Rangel. Los modelos de los valores de referencia de la onda F de los adultos se obtienen según la edad y la estatura de poblaciones europeas y estadounidenses. Ninguno de los estudios analiza sistemáticamente los valores normales de las Ondas F en todos sus parámetros en la población latinoamericana en efecto de la edad, la estatura y el género.

La razón relevante es que las personas más altas normalmente tienen latencias de Ondas F más largas, siendo esta dependiente de la estatura del individuo y en base a la distancia medida. Se ha establecido que la medición de la Onda F de los miembros superiores, es la distancia medida desde el punto de estimulación hasta la apófisis espinosa de C7 con el miembro extendido y abducido a 90° y para la extremidad inferior se mide la distancia entre los puntos de estimulación del tobillo y la rodilla hasta la apófisis espinosa de T12 ó L1. La latencia de la onda F refleja el tiempo de conducción entre el sitio de estimulación del nervio periférico y la médula espinal (o tronco encefálico en el caso de los nervios

craneales), para la reactivación de las motoneuronas y el uso de datos de referencia basados solo en la latencia de la Onda F podría dar como resultado en un paciente sano un informe falso como anormal. De manera similar, una persona de talla baja con polineuropatía podría caer en el rango de normalidad de las Ondas F y ser reportada erróneamente como normal.(8) Sugiriendo así, que cualquier medida de Onda F debe modificarse para la estatura, por consiguiente esta se debería determinar según la antropometría poblacional.

La hipótesis de la construcción de un índice de valores normales de referencia de las Ondas F en población sana, teniendo en cuenta todos los parámetros de la onda F, resultaría en un diagnóstico más preciso de casos de pacientes con neuropatía periférica y, por lo tanto, minimizaría las posibilidades de perder el diagnóstico.

En Colombia no existen parámetros de normalidad de las Ondas F, por lo tanto se realiza este estudio observacional descriptivo en la IPS Rangel de Bogotá, para determinar y crear una guía de parámetros de normalidad de Ondas F en población adulta sana con el objetivo de mejorar el análisis diagnóstico de las enfermedades neurológicas centrales y periféricas.

2. Planteamiento del problema

Las ondas F son una técnica significativa y esencial en la evaluación electrodiagnóstica para la disfunción de las fibras motoras del nervio periférico. Es una medida diagnóstica sensible para la polineuropatía axonal, polineuropatía diabética, el síndrome de Guillain-Barré, en la radiculopatía y en la esclerosis lateral amiotrófica.(9)

En Colombia los valores de referencia en estos estudios F se calculan y registran basados en poblaciones con características fenotípicas y genotípicas diferentes, por lo cual actualmente se desconoce si estos parámetros son los apropiados, ya que estos valores de referencia son obtenidos de investigaciones en poblaciones de Norte América y Europa. A pesar de que son amplias las variables de parametrización en el registro de las ondas F, éstas deben ser calculadas según edad, género y principalmente la talla del paciente, para definir su valor.(10)

Las personas más altas en estos 100 años son los hombres nacidos en los Países Bajos en el último cuarto del siglo XX, cuyas estaturas promedio superaron los 182.5 cm, y las más bajas fueron mujeres nacidas en Guatemala en 1896.(11) Se conoce que los países anglosajones, como Canadá y Estados Unidos se encuentran las personas de mayor estatura en promedio. Luego le siguen los países sudamericanos como Argentina, Brasil, Uruguay, Paraguay y Chile y algunos países del caribe. Los países montañosos como Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, así como los países de Centroamérica, poseen los habitantes con menor estatura en promedio de la región, por debajo del metro setenta.(12)

Por lo anteriormente descrito se puede concluir que la población anglosajona ha incrementado su estatura para ser, hoy en día, los más altos del mundo con más de 180 cm de estatura. La diferencia entre los latinoamericanos más bajos y los europeos más altos es de unos 20 cm, (11)(12) y esta es una diferencia significativa para los estudios electrodiagnósticos. Adicionalmente se define que las características

antropométricas de las poblaciones son determinantes importantes en el estudio de las ondas F. Estas características poblacionales son fundamentales para establecer bases de datos normativas que permitan la toma de decisiones adecuadas en relación con los parámetros.

3. Justificación

Los estudios electrodiagnósticos principalmente las conducciones nerviosas motoras y sensitivas, la electromiografía, los estudios de Ondas F y reflejo H, en las enfermedades neuromusculares permiten obtener un diagnóstico, la clasificación entre las distintas variantes, el seguimiento y definir pronóstico para predecir la evolución. El estudio de Ondas F es una herramienta que complementa los exámenes neurofisiológicos para lograr hallazgos precoces de las enfermedades y obtener diagnósticos diferenciales en busca de orientar el tratamiento y evaluar los resultados de las medidas terapéuticas aplicadas.

Las ondas F fueron descritas inicialmente por Magladery y McDougal, quienes las denominaron con este término, porque fueron registradas en los músculos intrínsecos del pie (foot e inglés). La onda F es un potencial motor que aparece tardíamente en relación con el potencial de la onda M. Su origen obedece a la despolarización directa de las motoneuronas del asta anterior de la médula espinal, a consecuencia del impulso que alcanza el cono axónico a partir del sitio de estimulación, en la periferia de un nervio con fibras motoras, lo que generará un potencial de acción que viajará en forma ortodrómica y producirá una respuesta tardía de latencia, amplitud y morfología variables, con respecto a la onda M, de acuerdo con el nivel de excitabilidad del soma de la motoneurona alfa que a su vez está influenciado por interacciones locales y suprasegmentarias, las cuales pueden ser excitatorias o inhibitorias.(14) La onda F es anormal en las neuropatías motoras hereditarias, neuropatías desmielinizantes agudas o crónicas, radiculopatías, neuropatía diabética, urémica, alcohólica y otras variedades de neuropatías.(15)(16)

En especial circunstancia encontramos las anormalidades de la conducción en el Síndrome de Guillain Barré la cual puede involucrar cualquier segmento del nervio motor periférico. La enfermedad normalmente afecta la porción más proximal, posiblemente el nervio raquídeo, y la porción más distal o

segmento terminal del tronco del nervio principal en fases tempranas. Algunos estudios han buscado determinar los patrones electrodiagnósticos en Guillain Barré temprano, y han observado que, durante el período crítico, el 5-10% de los enfermos tiene exámenes normales, a pesar de la afectación clínica grave, y un 5-10% tiene anomalías inespecíficas en la neuroconducción. Los hallazgos más comunes en estudios tempranos de menos de 2 semanas desde el inicio de los síntomas son: alteraciones en respuestas tardías, dispersión temporal distal y bloqueo de conducción. Se consideran como los hallazgos más confiables: las anomalías en las latencias de la onda F y el reflejo H además del aumento de las latencias motoras distales.(17)

Por otra parte, las anomalías de las ondas F se correlacionan con las encontradas en la electromiografía, por ello no tendría sentido en radiculopatías que estén claramente definidas por electromiografía de aguja hacer ondas F. Sin embargo, cuando no existan alteraciones en la electromiografía o, por ejemplo, en pacientes con arreflexia aquiliana bilateral y reflejos H ausentes, las ondas F pudieran ser la única forma de evidenciar lesión de las ramas anteriores de la raíz en pacientes que tienen compresión de la raíz lumbar o cervical.(18)

La principal ventaja de la metodología de la onda F ha sido la detección de neuropatías periféricas en las que las ondas F pueden mostrar cambios clínicamente significativos y medibles incluso antes de que los estudios convencionales de conducción nerviosa sean informativos. Esto se debe a que la ralentización de la conducción nerviosa se maximiza por las ondas F que viajan largas distancias a lo largo de todo el nervio. Se han demostrado diferentes patrones de anomalía de la onda F en pacientes con diversos trastornos nerviosos periféricos.(19)

La variabilidad de la latencia y configuración hace el uso de la onda F menos preciso que la medición directa del potencial de acción del músculo o la determinación de la respuesta M. No obstante, la técnica

suplementa exitosamente los estudios de conducción nerviosa convencionales, sobre todo caracterizando polineuropatías desmielinizantes en que el retraso de la onda F excede a menudo claramente el rango normal. Además de la determinación de latencias de la onda F, el cálculo de velocidades de conducción y la proporción de F permite la comparación de la conducción en el segmento proximal contra los segmentos distales del nervio. Adicionalmente para estudiar la longitud entera de un nervio sensorial, además de la longitud del nervio, se incluye el segmento medular y cerebral talámico, se puede registrar los potenciales evocados somatosensoriales cerebrales. En contraste, medidas de la onda F auxilian para una evaluación de la conducción motora a lo largo de la mayoría de los segmentos más proximales, porque es el resultado de la activación antidrómica de las células del cuerno anterior.(20)

Estas son enfermedades agudas o crónicas, progresivas y debilitantes, lo que condiciona una importante discapacidad y dependencia para el paciente, ya que provocan disminución de la movilidad, dificultad para la realización de las actividades de la vida diaria, aumento de la fatiga y mala adaptación psicosocial. Las consecuencias de esta discapacidad son menores oportunidades educativas y laborales, mayor dependencia y menor calidad de vida. Esto repercute directamente en los costes sanitarios y sociales. Cuanto mayor sea la discapacidad/dependencia los gastos serán mayores y los índices de calidad de vida relacionados con la salud más bajos.(21)

En los últimos años la discapacidad y la dependencia son dos conceptos que han adquirido una gran relevancia política y sanitaria, por tal razón se crea la necesidad de ampliar los estudios de investigación en las herramientas diagnósticas, haciendo énfasis en el estudio electrofisiológico, identificando y describiendo los posibles errores, considerando los factores que resultan trascendentales como también destacando la importancia de la adaptación antropométrica y demográfica, que permitirán optimizar la precisión diagnóstica en el análisis de los resultados de las pruebas.

4. Marco teórico

4.1. Historia del estudio de Ondas F

Las ondas F fueron descritas por primera vez por Magladery y McDougal hace más de medio siglo y fue nombrada la onda F porque fue registrada por primera vez en los músculos del pie(foot).(13) Grabaron de ocho adultos jóvenes con electrodos de superficie, o agujas unipolares de la eminencia hipotenar, músculos flexores cortos del pie, o de los músculos anterolaterales o de las pantorrillas. Estimularon con choques catódicos monopolares de aproximadamente 0,5 ms de duración, a no menos de 1 Hz, de seis a veinte veces. Al estimular el nervio cubital, descubrieron que, además de la onda M, encontraron un cambio potencial más pequeño más tarde, con una latencia de aproximadamente 30 ms. Este potencial tendió a aumentar en amplitud con la fuerza creciente del estímulo hasta intensidades de estímulo supramáximas para la onda M.(40) Esto lo distinguió de la onda H, descrita por Hoffman, que disminuyó en amplitud a medida que aumentaba la fuerza de estimulación.(41)

Magladery y McDougal comentaron que la onda F variaba en importancia en diferentes sujetos, que en cualquier sujeto eran notablemente constantes en sus relaciones temporales y que, a diferencia de la respuesta muscular directa, su latencia aumentaba a medida que el punto de estimulación se acercaba se registra el músculo, lo que indica que fue una respuesta indirecta con un brazo aferente y otro eferente.(13)

Renshaw 1941,(42) había demostrado en el gato que una respuesta centrífuga en el nervio al semimembranoso podía ser provocada por la estimulación antidrómica, cuando las raíces dorsales habían sido cortadas y se había cortado el cordón caudal. Mostró que la respuesta centrífuga fue casi abolida por

un choque previo aplicado a las columnas dorsales, probablemente la primera demostración de inhibición de esta respuesta tardía por un cambio en la excitabilidad de las neuronas motoras. Además, Renshaw calculó que la descarga eferente retrasada ocupaba solo del 2 al 3% del número de fibras involucradas en la descarga antidrómica que la evocaba.(42)

Gassel y Wiesendanger 1965,(43) demostraron en el gato que el componente temprano de la respuesta F tardía fue inducido por antidromos, ya que no fue abolido por la desaferenciación, mientras que el componente tardío fue un reflejo polisináptico. A bajas intensidades de estimulación, o después de una estimulación repetitiva, un reflejo monosináptico podría reemplazar o superponerse a la descarga recurrente inducida por antidrómico.(43)

Thorne, usó grabaciones de unidades motoras únicas con electrodos bipolares en humanos y mostró que las respuestas de unidades individuales M y F eran idénticas, lo que indica que los impulsos centrífugos generados ocuparon centralmente solo los axones que fueron estimulados antidrómicamente. Sin embargo, en pacientes espásticos, la respuesta F mostró un componente polifásico tardío variable con características de una respuesta refleja superpuesta a la recurrente.(4) Magladery y McDougal calificaron estas respuestas como respuestas tardías variables de Magladery y se pensó por primera vez que eran de origen reflejo.

Desde 1950, las investigaciones han demostrado que la onda F persiste después de la afectación aguda y crónica en el hombre y los babuinos. Adicionalmente, McLeod y Mayer, mostraron que las ondas F estaban presentes después de la rizotomía dorsal en babuinos y hombres, respectivamente.(44)(45)(46)(47) Miglietta, mostró la desaparición de las ondas H y la persistencia de las ondas F en el pie en cuatro pacientes sometidos a mielotomía dorsolateral, un procedimiento que

transecta la zona inmediatamente debajo de la materia gris dorsal evitando las entradas a las neuronas motoras procedentes de los cuernos dorsales.(48) Las ondas F son una de las respuestas tardías generadas después de la respuesta M por estimulación eléctrica supramaximal de los nervios motores periféricos. Se puede evocar en la mayoría de los músculos de las extremidades y los músculos faciales. Las ondas F en la práctica clínica se utilizan para evaluar las características conductoras del nervio motor proximal y la excitabilidad del nervio motor. Algunos de estos reflejan las propiedades conductoras proximales de los nervios motores, mientras que otros proporcionan información sobre la excitabilidad del conjunto de neuronas motoras.(49)

Las ondas F son pequeñas potenciales de acción motor compuesto (CMAP), registradas desde las fibras musculares de un número único o pequeño de unidades motoras que se activan mediante potenciales de acción antidrómica que viajan centralmente a lo largo de los axones motores hacia las células del asta anterior. Por lo tanto, los criterios para identificar las ondas F son respuestas que varían en latencia, amplitud y configuración, pero ocurren agrupadas dentro de un rango consistente de latencias. Sin embargo, en trastornos en los que hay una pérdida de un número significativo de unidades motoras y solo queda un pequeño número de unidades motoras, las ondas F provocadas pueden tener la misma morfología y confundirse con las ondas A.(50) Aunque se desconoce el mecanismo exacto responsable de la onda F, algunos autores proponen que el impulso antidrómico provoca la despolarización de la membrana soma-dendrítica de la motoneurona alfa y el posterior propagación del impulso recurrente (ortodrómico) después de un breve retraso central en el cuerpo celular. Otra hipótesis sugiere que el impulso antidrómico atraviesa las interconexiones sinápticas entre las motoneuronas por colaterales axonales recurrentes. Se ha informado que la onda F es útil en la evaluación de afecciones como la enfermedad de Charcot-Marie-Tooth, síndrome de Guillain-Barré, insuficiencia renal crónica,

neuropatías por atrapamiento, lesiones radicales, enfermedades de las neuronas motoras, diabetes y hemiplejia.(47)

Las ondas F se registran rutinariamente en la práctica clínica neurofisiológica. La mayoría de los electrodiagnósticos están de acuerdo en que las latencias de las ondas F son marcadores valiosos de las propiedades de conducción de los axones motores que incluso pueden ser superiores a los estudios de conducción motora distal para detectar anomalías generalizadas leves o tempranas. Las ondas F también reflejan cambios en la excitabilidad de las neuronas motoras, aunque esto se ha notado con menos frecuencia. Una expresión electrofisiológica del estado excitador de las neuronas motoras podría ser, en teoría, su tendencia a producir repeticiones repetidas.(51) La capacidad de las neuronas motoras para activarse depende de su estado funcional, que a su vez se basa en el equilibrio entre las influencias excitadoras e inhibitoras de las entradas supraespinales y segmentarias. La acumulación de datos sobre los cambios de la onda F en enfermedades del sistema nervioso periférico y central ha llevado a la conclusión generalmente aceptada es que la onda F es una herramienta valiosa para evaluar la excitabilidad de las motoneuronas. Sin embargo, no está claro si todas las neuronas en un grupo motor pueden contribuir igualmente a la generación de la onda F. Algunos investigadores han sugerido que las ondas F son generadas preferentemente por neuronas más grandes con axones conductores más rápidos. Otros propusieron que las ondas F pueden ser provocadas por cualquier motoneurona, independientemente de su tamaño o propiedades.(52)

La onda F es útil para evaluar la conducción del nervio motor proximal y para evaluar la integridad de la raíz ventral. La onda F normalmente varía en latencia y forma de onda de una respuesta, pero no es inusual ver respuestas repetidas. Es muy probable que tales respuestas repetidas ocurran sobre la misma base que las observadas en estudios de fibra única. Las anomalías en la onda F como resultado de la enfermedad incluyen la ausencia de la respuesta, la prolongación de la latencia y reducción en el número

de respuestas en relación con el número de estímulos. A medida que las neuronas motoras se reducen en número por enfermedad, la probabilidad de respuesta F disminuye.(32)

Las respuestas F generalmente son evocadas por una estimulación supramaximal del nervio durante los estudios de conducción del nervio motor con registro de electrodos de superficie. La estimulación viaja ortodrómicamente para evocar la respuesta M. Sin embargo, también hay una excitación antidrómica que viaja a la médula espinal y reactiva un pequeño número de células del asta anterior. La excitación viaja de regreso al músculo y puede recodificarse como una onda F (53) (Fig. 1).

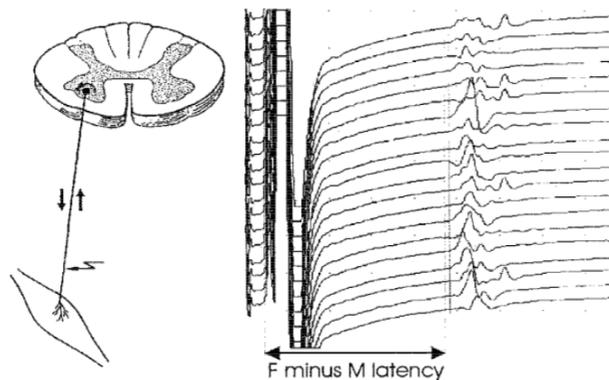


Figura 1. Dibujo esquemático de la ruta de las ondas F y un registro de la onda F de un pequeño músculo del pie después de la estimulación supramaximal del nervio tibial en el tobillo. Adaptado de Bischoff C. Neurography: Late responses. Muscle Nerve. 2002;999(S11): S59–65.

Debido a que el número de axones reactivados y el nivel de activación del axón cambian de estímulo a estímulo, la latencia de inicio de la onda F, la amplitud y la configuración varían de un estímulo a otro. La amplitud de la onda F suele ser inferior al 5% de la amplitud máxima de CMAP porque solo unas pocas unidades motoras contribuyen a la respuesta.(54) Debido a que las ondas F viajan sobre segmentos largos del nervio, se encuentran entre las medidas más sensibles de la enfermedad del nervio difuso, así como una medida de la conducción proximal.(55) En la mayoría de los músculos, solo una pequeña

proporción de las unidades motoras son activadas antidrómicamente por cualquier estímulo supramaximal. Por lo tanto, las ondas F tienen una amplitud mucho menor que la CMAP evocada directamente. (Fig. 2).

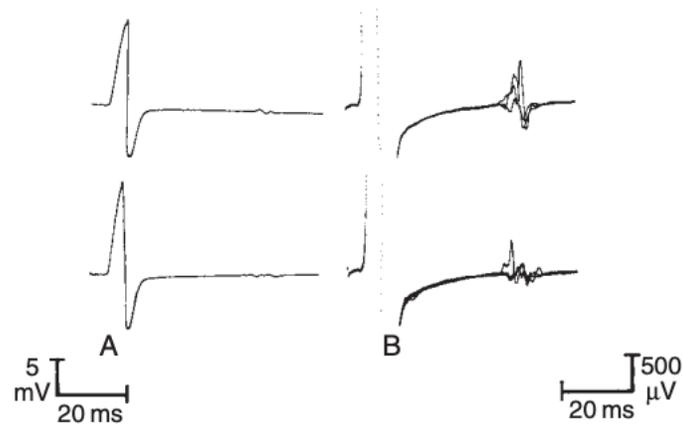


Figura 2. Potencial de acción motor compuesto (CMAP), registrado del músculo abductor hallucis con estimulación del nervio tibial en, A, baja y, B, alta amplificación. Las ondas F se representan mucho mejor para la medición con una amplificación más alta. Tomado de Jasper R. Daube M, Devon I. Rubin M. Clinical neurophysiology. Third Edit. Sid Gilman, MD F, Michigan WJHDUP of NU of, editors. Vol. 53, Journal of Chemical Information and Modeling. 2019. 1689–1699 p.

Además, las unidades motoras que se activan varían de un estímulo a otro, por lo que cada onda F puede tener una morfología diferente (que representa la respuesta sumada de las miofibras activadas por las unidades motoras activadas). Las latencias de onda varían con cada estímulo, porque los axones con diferentes velocidades de conducción se activan de un estímulo a otro. A medida que el sitio de estimulación se mueve proximalmente en una extremidad, la latencia de la onda F disminuye (porque la distancia que viaja el potencial de acción disminuye) y la latencia de la onda M aumenta hasta que los dos potenciales se fusionan, generalmente con estimulación en el codo o simplemente proximal a él.(50) (Fig.3).

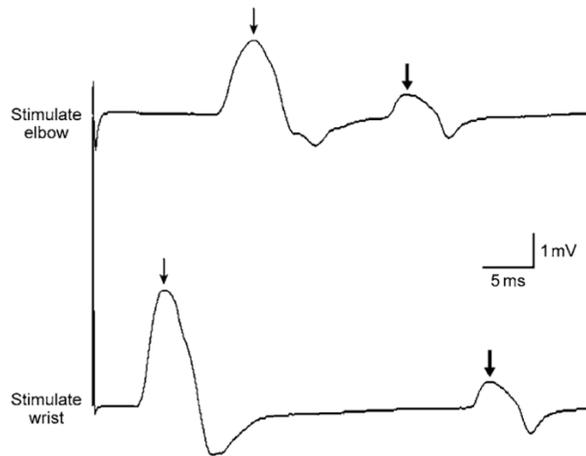


Figura 3. Potencial de acción motor compuesto (CMAP) (ondas M) (flechas delgadas) y ondas F (flechas gruesas) registradas de los músculos hipotenarios con estimulación del nervio cubital en el codo y la muñeca. Con la estimulación proximal (en el codo), la latencia de la onda M aumenta, mientras que la latencia de la onda F disminuye. Adaptado de Jasper R. Daube M, Devon I. Rubin M. Clinical neurophysiology. Third Edit. Sid Gilman, MD F, Michigan WJHDUP of NU of, editors. Vol. 53, Journal of Chemical Information and Modeling. 2019. 1689–1699 p.

Por lo tanto, las ondas F se provocan de manera rutinaria en el sitio de estimulación distal para que puedan distinguirse claramente de la onda M. La disminución de la latencia de las ondas F con una estimulación más proximal es una prueba importante para garantizar que las respuestas sean en realidad respuestas tardías, si hay una pregunta. La latencia de la onda F varía con la distancia desde la médula espinal hasta el sitio de estimulación, con la distancia al músculo y con la velocidad de conducción de las fibras motoras.(50)

4.2. Técnica de grabación

Teóricamente, las ondas F pueden registrarse desde cualquier músculo, pero pueden ocultarse en la onda M cuando la distancia entre el sitio de estimulación y la médula espinal es corta. Este es el caso cuando

se estimulan los segmentos nerviosos proximales o cuando se investigan los músculos proximales. Debido a la variabilidad de las ondas F de estímulo a estímulo, se debe evaluar un número mínimo de respuestas. Los estudios indican que se deben administrar al menos 10-20 estímulos. La frecuencia de estimulación debe ser inferior a 1 Hz, es decir, un estímulo cada segundo, para evitar las influencias del estímulo anterior.(57)

4.2.1. Superficie

Hay acuerdo en que el cátodo de grabación debe colocarse sobre el punto motor, ó el vientre del músculo y el ánodo de grabación sobre el tendón. El electrodo de tierra generalmente se coloca entre el electrodo estimulante y el electrodo de grabación. La pantalla debe configurarse con una ganancia de 0.2 mV por división. Por lo general, las ondas F se identifican positivamente si son mayores de 10–20 μ V en amplitud pico a pico. Las ondas F de menos de 40 μ V de amplitud se demuestran mejor con ganancias de 0.1 o 0.05 mV/división.(56) (Fig.4).

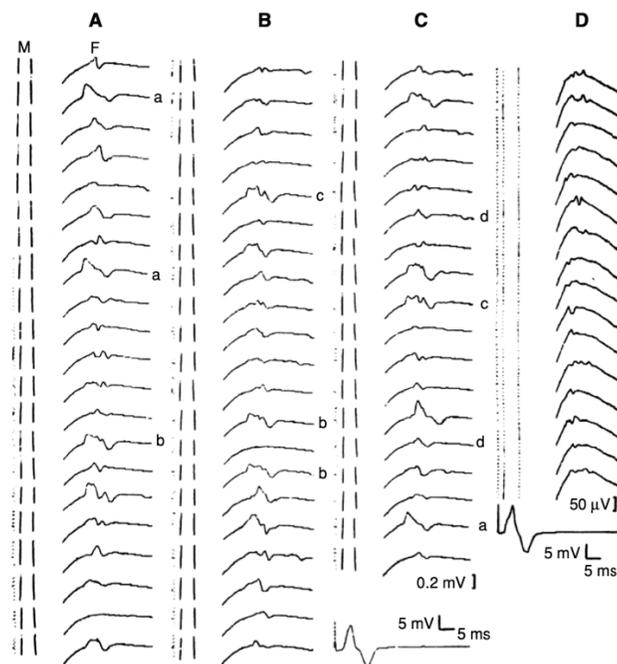


Figura 4. Ondas F evocadas por 60 estímulos en sujetos normales. (A–C), las ondas F registradas sobre el abductor digital se minimizan luego de 60 estímulos consecutivos a 1 Hz en la muñeca en un sujeto masculino sano de 46 años. Se muestran cuatro formas de ondas F repetidoras (a, b, c, d) Se observa un total de 10 ondas F repetidoras. En este ejemplo: ondas F medibles = 58; Frecuencia de onda F = 96.6%; formas de onda F totales = 52; porcentaje de formas de onda F del repetidor = 7.7%; Repetidor porcentual de ondas F = 17.2%. (D) Se muestran todas las ondas F con una amplitud <40 μ V, evocadas por 60 estímulos en un sujeto masculino de 31 años. No se muestran ondas F más grandes. Tomado de Guiloff RJ, Modarres-sadeghi H. Preferential generation of recurrent responses by groups of motor neurons in man: Conventional and single unit F wave studies. *Brain*. 1991;114(4):1771–801.

Las ondas F se registran de la misma manera que los potenciales de acción motor compuesto (CMAP), durante los estudios de rutina de conducción nerviosa motora. El electrodo activo (G1) se coloca sobre el vientre muscular y la referencia (G2) sobre el tendón. Se basa un electrodo de tierra colocado entre los electrodos de grabación y estimulación. Los músculos pequeños de las manos (Abductor Pollicis Brevis en región tenar y Abductor Digiti Minimi en región hipotenar) y los pies (Extensor Digitorum Brevis y Abductor Hallucis) se usan con mayor frecuencia.(58) (Fig 5). La onda F puede estar oculta por la onda M o ser parte de ella cuando se registra desde músculos proximales como bíceps y deltoides o con estimulación muy proximal, es decir, en el punto de Erb.(40) Resultando en una dificultad técnica al usar un estímulo distal que desencadena una descarga antidrómica que bloquea la descarga M descendente producida por estimulación proximal, pero no su onda F.(59)

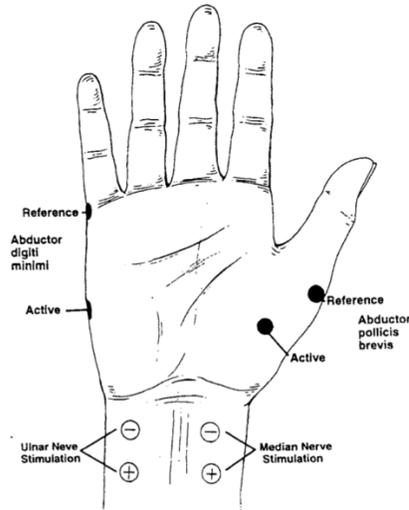


Figura 5. Esquema de la colocación del electrodo para evocar los potenciales de acción muscular compuesto en el nervio mediano-tenar y cubital-hipotenar de las ondas F medianas y cubitales. Adaptado de Mohamed Kazamel MD, Andrea Boon M. AANEM 2018 Workshop Handout E-Bundle. Amaz Annu Report, 2018. 2018.

El filtro de paso alto (baja frecuencia) se establece en 2 ± 20 Hz, pero al restringir el filtro de baja frecuencia a 100 Hz, proporciona una línea base mucho más limpia y facilita la medición de inicio latencias de ondas F individuales. La sensibilidad se establece en 100 ± 200 mV por división; La amplitud mínima para una onda F interpretable es de aproximadamente 40 mV (20 a 50 mV entre diferentes laboratorios). Un barrido de 5 ms/división para las extremidades superiores y 10 ms/división para las extremidades inferiores es óptimo. Para los músculos de la mano, la latencia de las ondas F es de aproximadamente 28 ms, por lo que el barrido total debe ser de aproximadamente 50 ms. Para los músculos del pie, la latencia de la onda F es de aproximadamente 50 ms, por lo que el barrido total debe ser de aproximadamente 100 ms. Sin embargo, si se evocan pocas o ninguna onda F, el barrido se debe aumentar a 10 ms para las extremidades superiores y 20 ms para las extremidades inferiores, antes de concluir que no hay onda F.(58)

Cuando la cronodispersión aumenta considerablemente, o las ondas F aparentemente no se ven con las velocidades de barrido estándar, como en las neuropatías periféricas desmielinizantes, 10 ms/división o más, y 20 ms/división o más, es importante darse cuenta de que para medir la verdadera extensión de la cronodispersión en condiciones patológicas, puede ser necesario aumentar la velocidad de barrido de 5 ms/división en el miembro superior, de 10 ms/división en el miembro inferior y 200 ms/división, respectivamente, o más. Se requieren controles frecuentes de barridos sin estimulación durante la grabación para asegurarse de que las respuestas tardías no son el resultado de una relajación deficiente con activación voluntaria de unidades no relacionadas con los estímulos, que pueden tomarse erróneamente como ondas F.(40)

4.2.2 Estímulo de las Ondas F

La estimulación aplicada al nervio mediano, cubital, tibial o peroneo en la muñeca o el tobillo evoca una onda F que se separa claramente de la onda M. El cátodo debe ser proximal al ánodo, y el estímulo debe ser supramáximo para garantizar la activación antidrómica de todos los axones.(61) Esto se logra más fácilmente después de obtener la respuesta CMAP supramáximo en el sitio de estimulación distal para el NCS motor de rutina y luego rotar inmediatamente el ánodo perpendicular al nervio para que no haya bloqueo anódico de la descarga antidrómica necesaria para provocar las ondas F.(50) Muy pocas ondas F darán como resultado una muestra inadecuada para una medición confiable de las variables. En algunos nervios, particularmente el peroneo, las ondas F pueden ser demasiado infrecuentes para obtener un número adecuado para mediciones confiables. Por lo tanto, para el nervio peroneo, ninguna onda F inducible puede ser una variante normal.(50) La estimulación de la superficie bipolar estándar utilizada para los estudios de conducción nerviosa motora de rutina es satisfactoria, pero el polo catódico está orientado proximal al ánodo. El cátodo en general se coloca exactamente en el mismo sitio utilizado para

la estimulación distal en la muñeca o el tobillo. El ánodo se gira 180 grados desde esta posición para obtener la latencia motora distal. La intensidad del estímulo se ajusta para ser supramaximal (aproximadamente $20 \pm 30\%$ supramaximal). Los estímulos se entregan a una frecuencia de 0.5 Hz (cada 2 s) o menos.(58) La estimulación aplicada al nervio mediano, cubital, tibial o fibular en la muñeca o el tobillo provoca una onda F con una latencia mucho más larga que la onda M. El cátodo colocado distal al ánodo con los dos polos separados por 2–3 cm puede inducir una activación antidrómica supramaximal efectiva.(50)

Las ondas F deben registrarse con estimulación supramaximal. La tasa de estimulación no afecta las ondas F, pero la contracción muscular mínima puede mejorarlas. Sin embargo, dicha contracción puede dificultar el reconocimiento de las ondas F.(50) (Fig.6).

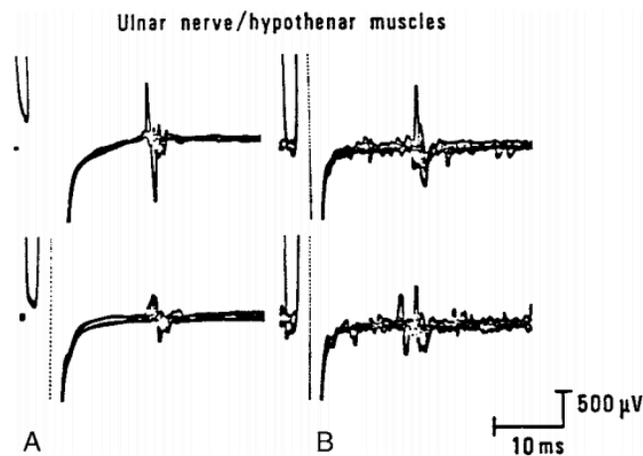


Figura 6. Grabación de ondas F realizadas, (A), con el músculo en reposo y, (B), con contracción muscular. No es posible realizar mediciones confiables con poca relajación. Tomado de Jasper R. Daube M, Devon I. Rubin M. Clinical neurophysiology. Third Edit. Sid Gilman, MD F, Michigan WJHDUP of NU of, editors. Vol. 53, Journal of Chemical Information and Modeling. 2019. 1689–1699.

La maniobra de Jendrassik u otras maniobras de distracción como la contracción y relajación de los músculos en otra extremidad o en la mandíbula pueden mejorar las ondas F sin ocultarlas. Se aplica una serie de estímulos hasta que se hayan obtenido un mínimo de ocho a diez ondas F.(62) Muy pocas ondas F darán como resultado una muestra inadecuada para una medición confiable de las variables. En algunos nervios, particularmente el peroneo, las ondas F pueden ser demasiado infrecuentes para obtener un número adecuado para mediciones confiables.(50) Después de una respuesta M máxima, la estimulación distal para un NCS motor de rutina también provoca ondas F registradas con una mayor amplificación y una velocidad de barrido más lenta. Utilizamos ganancias de 200 o 500 mV/cm y un barrido de 5 o 10 ms/cm, dependiendo de la longitud del nervio y la ubicación del estímulo. Una amplificación alta y un barrido lento permiten que la respuesta M aparezca en la parte inicial del trazado. La contracción muscular puede hacer que las ondas F sean más difíciles de reconocer, lo que requiere la inmovilización de la extremidad y maniobras de relajación, lo que puede ayudar a provocarlas. Una serie de estímulos aplicados consecutivamente debería inducir un número suficiente de ondas F para una medición confiable de latencias mínimas, medias y máximas a pesar de la variabilidad inherente.(63)

4.2.3 Estimulación distal vs proximal

La onda F provocada por la estimulación distal en la muñeca o el tobillo sirve como una medida del tiempo de conducción motora de toda la longitud del nervio, lo que puede mostrar un aumento de la latencia de una lesión en cualquier lugar a lo largo del nervio. La comparación de las latencias de la onda F y la onda M al estimular en el codo y la rodilla podría diferenciar entre la desaceleración distal y proximal. Medimos la latencia mínima de la onda F, la latencia media de la onda F y la latencia máxima de la onda F. Otro método compara las latencias reales de la onda F con una latencia estimada de onda

F, estimación F, basada en la distancia y la velocidad de conducción en el segmento distal utilizando la siguiente fórmula(63):

$$F_{est} = [(2 \times \text{distancia}) / \text{velocidad de conducción} / \text{latencia distal}]$$

4.2.4 Número de estímulos de las Ondas F

El número de estímulos utilizados varía ampliamente entre los diferentes trabajadores, de 5 o 10 a 100. En términos de fiabilidad, es decir, reproducibilidad test se necesitaron tan solo 10 respuestas para obtener coeficientes de correlación intraclase para la onda F media. Sin embargo, el problema principal es que el número óptimo de estímulos depende del tamaño de muestra requerido para obtener valores para los parámetros de la onda F que sean precisos y representativos del conjunto de neuronas motoras que suministra un músculo en particular. El número de estímulos utilizados también depende de la tolerancia del paciente, que puede variar en diferentes poblaciones y grupos étnicos o culturales.(40)

4.2.5. Intensidad de las Ondas F

La mayoría de los autores usan intensidades de estímulo 25% superiores a las supramáximas. El uso de un 50% por encima de la supra-máxima no cambió la latencia media, la amplitud o la persistencia media de las ondas F obtenidas con dieciséis estímulos en 25 voluntarios sanos.(64) Recientemente, la estimulación de baja corriente (10-15 mA) con una duración de 0.2 ms y la estimulación supra-máxima se compararon en los nervios medianos de los mismos 30 sujetos. Las latencias de onda F, la cronodispersión y la persistencia no fueron significativamente diferentes con ambas técnicas, pero la amplitud de la onda F fue significativamente mayor con la estimulación supramaximal.(65)

4.2.6. Duración de las Ondas F

La duración del estímulo generalmente se establece en 0.2 ms. El uso de 0.05, 0.1 o 0.2 ms no cambió significativamente la latencia media de la onda F, la amplitud o la persistencia medias. En la actualidad, hay pocos o ningún dato sólido sobre este parámetro para garantizar su uso en un entorno clínico. Teóricamente, su principal determinante en las normales es la dispersión temporal de las 2 a 3 unidades motoras medias de cada onda F. En una situación patológica, no solo las anormalidades de las motoneuronas en el cordón sino también las anormalidades en la conducción en los nervios periféricos contribuirán a este parámetro.(40)

4.2.7 Amplitud de las Ondas F

La amplitud de onda F es muy variable; sin embargo, puede ser útil relacionar la amplitud media de la onda F con el CMAP máximo. Los valores de 0.5% son comunes en las enfermedades de la neurona motora superior. Se pueden usar amplitudes medias o medianas. La amplitud media pico a pico de las ondas F se mide en valores absolutos o como una proporción de la amplitud de la onda M (relación F/M).(66) Las respuestas F ausentes deben considerarse como 0 para calcular la amplitud media o mediana y la proporción del conjunto de neuronas motoras que genera ondas F (relación F/M).(57)(67)(68) No siempre se puede suponer que un aumento en la amplitud media o mediana refleje un aumento en la excitabilidad de las neuronas motoras. Puede resultar de al menos tres mecanismos. Primero, un aumento en el número de neuronas motoras que disparan con cada estímulo; segundo, un aumento en la frecuencia con la cual las neuronas motoras son contraproducentes, lo que lleva a un aumento de la persistencia, y tercero, una patología como un aumento en el tamaño de las unidades motoras que producen ondas F. Se dice que un aumento en la relación F/M a más del 5% es común en

los trastornos de la neurona motora superior. Se puede hacer una estimación razonable de la amplitud media o mediana de una muestra obtenida con 20 estímulos o menos.(58) Por lo general, las ondas F se identifican positivamente si son mayores de 10-20 μV en amplitud pico a pico. Las ondas F de menos de 40 μV de amplitud se demuestran mejor con ganancias de 0.1 o 0.05 mV/división. La mayoría de los autores aceptan amplitudes mínimas de 20 a 40 μV y ganancias de 200 $\mu\text{V}/\text{división}$. Sin embargo, aumentar la ganancia a 100 o 50 $\mu\text{V}/\text{división}$ puede aumentar drásticamente la persistencia si la línea de base es adecuadamente plana.(40)

4.2.8 Persistencia o frecuencia de las Ondas F

Se define como la proporción de estímulos seguidos de ondas F detectables.(69) Dado que las formas de onda F son generalmente de baja amplitud, este parámetro depende de manera crítica de la amplificación utilizada y de lo ruidoso o no ruidoso del fondo. La mayoría de los autores aceptan amplitudes mínimas de 20–40 μV y ganancias de 200 $\mu\text{V} / \text{división}$. Sin embargo, aumentar la ganancia a 100 o 50 $\mu\text{V} / \text{división}$ puede aumentar dramáticamente la persistencia si la línea base es adecuadamente plana. En consecuencia, los valores normativos deben especificar claramente la amplitud mínima y la amplificación utilizadas en la recopilación de datos, y los registros en los pacientes deben realizarse exactamente de la misma manera para sacar conclusiones válidas. La persistencia se puede establecer con un número relativamente pequeño de estímulos (10-20). Los cambios en la persistencia pueden reflejar una variedad de mecanismos, como cambios en la excitabilidad, en el número de neuronas motoras, función o territorio, o cambios en la conducción motora periférica, en particular la desmielinización o el bloqueo de la conducción focal.(56) Los valores de persistencia varían ampliamente en sujetos normales y, en el nervio peroneo, por ejemplo, pueden ser tan bajos como 30% en una población, o 0% en un individuo.(40)

La persistencia es el porcentaje de estímulos que producen ondas F. El límite inferior de persistencia es del 5% para el nervio peroneo en algunas series normales, por lo que incluso la ausencia de ondas F peroneales debe interpretarse con cautela. Sin embargo, la persistencia para el nervio mediano, cubital y tibial es normalmente del 40% o superior. Se produce una alta persistencia ($80 \pm 100\%$) en las lesiones de la neurona motora superior, especialmente cuando hay espasticidad, interpretándose esta como resultado de la facilitación. La persistencia de la onda F también aumenta cuando se graba desde un músculo no relajado. Incluso una contracción muy leve aumentará significativamente la facilidad con la que se producen las ondas F.(58)

4.3. Tasa

Hay acuerdo en que la velocidad no debe ser más rápida que 0.5 Hz para evitar los efectos de un estímulo anterior en una respuesta posterior. Con estímulos apareados en el nervio mediano en nueve sujetos normales, hubo una disminución en la persistencia y amplitud de las ondas F durante los primeros 5 ms de separación entre estímulos. Esto fue seguido por un período de aumento en estos parámetros entre 5 y 10 ms, una depresión adicional de hasta 60–80 ms en hombres y 30 ms en mujeres, y una facilitación posterior de hasta 400 ms de separación entre estímulos.(70) Estos autores concluyeron que la curva de recuperación de las ondas F era similar a la de las ondas H. El aumento de la tasa de estimulación de 0,5 a 3 Hz dió como resultado una disminución de la latencia media y un aumento de la amplitud media y la persistencia media de las ondas F en abductor pollicis brevis en un grupo de 25 controles sanos. Se ha planteado la hipótesis de que aumentar la frecuencia de la estimulación puede aumentar la "facilitación central" y dar lugar a que se activen más y más rápidamente las neuronas motoras antidrómicamente.(64)

4.4. Parámetros

Las ondas F registradas consecutivamente varían en latencia y amplitud. Los parámetros generalmente considerados en los estudios de ondas F son latencias mínimas, máximas y medias, cronodispersión y persistencia. En muchos laboratorios, la latencia mínima es el parámetro más utilizado para la aplicación clínica.(7)(33)(71) Algunos autores han demostrado que lo más preciso para la aplicación clínica debe ser la cronodispersión o la latencia media.(57)(72) La ventaja de la media en relación con la latencia máxima según es que, para registrarla, se necesita un pequeño número de estímulos (5 estímulos en lugar de 16 para latencias mínimas y máximas).(73)

4.5. Medición

La latencia de la onda F, medida desde el artefacto de estímulo hasta el comienzo del potencial de evocación, varía ligeramente en unos pocos milisegundos de un estímulo al siguiente.(74) (Fig.7).

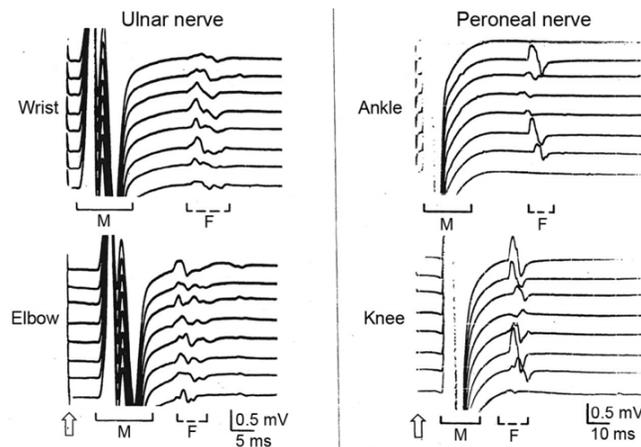


Figura.7. Ondas F y ondas M registradas de los nervios cubital y peroneo después de ocho estimulaciones consecutivas. Adaptado de Jun Kimura M. *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle, Principles and Practice*. Oxford Univ Press is a Dep Univ Oxford. 2013;74–80.

Los valores normales de cada onda F se relacionan con las mediciones de brazos y piernas corregidas por distancia.(74) Se utiliza un nomograma de latencia de estatura, datos normativos de latencias de onda F basados en la estatura del paciente, que refleja la longitud de la extremidad.(63)(75) La generación de una onda F es muy impredecible; a veces ocurre en una fibra conductora relativamente rápida, a veces más lenta y a veces en absoluto. Por lo tanto, es necesario muestrear varias respuestas, y observar la proporción de impulsos que provocan una onda F y el rango de latencias producidas. La medida más importante, y la más comúnmente anotada en un informe, es la latencia mínima, ya que esto representa la conducción en las fibras conductoras más rápidas.(76) Debido a que toman muestras de casi todo el nervio en ambas direcciones, son muy útiles para detectar cambios sutiles que podrían no ser evidentes en el estudio estándar de conducción motora. Además, debido a las razones descritas anteriormente, son la única forma de ver el segmento más proximal del nervio. Por ejemplo, un aumento de la latencia de la onda F puede ser la única anomalía detectable en las primeras etapas del síndrome de Guillain-Barré. De manera similar, una diferencia en la latencia cubital de la onda F entre los dos brazos puede revelar una lesión desmielinizante leve en el lado más lento, que nuevamente puede no ser evidente en los estudios de conducción motora. Sin embargo, precisamente porque prueban todo el nervio a la vez, su valor de localización es limitado.(76)

Se miden varios parámetros para describir las ondas F y para determinar la patología. Las mediciones de latencia se usan con mayor frecuencia para evaluar la conducción nerviosa. La latencia de inicio de cada onda F incluye el tiempo requerido para que la excitación antidrómica viaje a la médula espinal; el tiempo de respuesta central, que comúnmente se dice que es de aproximadamente 1 ms; el tiempo requerido para que el potencial de acción ortodrómica alcance el músculo; y el retraso debido a la transmisión neuromuscular y la excitación de las fibras musculares. Para cada nervio, la latencia se puede determinar como la latencia de inicio más corta entre todas las respuestas o como el valor medio de 20 estímulos.

Cuando hay una disminución de la conducción en la parte distal del nervio (Ej., Síndrome del túnel carpiano), es preferible calcular la latencia F menos-M, es decir, la latencia motora distal restada de la F más corta (o media) de latencia de onda. Por lo tanto, la conducción entre el sitio de estimulación y la médula espinal se puede evaluar con mayor precisión. Los valores deben ajustarse por edad, temperatura y altura. Cuando los síntomas son unilaterales, es útil hacer una comparación de lado a lado.(53)

4.5.1 Onda F de latencia más corta o mínima

La medición de la onda F más útil es la latencia mínima. Esta es la latencia más corta al inicio de la deflexión inicial (ya sea negativa o positiva) de todas las ondas F registradas. La mayoría de los laboratorios definen el límite superior de la normalidad para una latencia mínima de onda F para diferentes rangos de estatura.(58)

| NORMAL F-WAVE LATENCIES (MS) | | | | | |
|------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Height (cm) | | | | |
| | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 |
| Median | 25.0 | 26.5 | 28.0–28.5 | 29.6–30.0 | 31.1–32.0 |
| Ulnar | 25.0 | 26.8–27.0 | 28.5–29.0 | 30.2–31.0 | 32.0–33.0 |
| Peroneal | 43.0–43.5 | 46.0–47.8 | 49.0–52.0 | 51.0–56.2 | 54.0–60.5 |
| Tibial | 41.2–44.0 | 45.4–48.0 | 49.6–53.0 | 53.8–57.0 | 58.0–62.0 |

Tabla 1. Muestra los límites superiores típicos (media estimada más 2 errores estándar) para la regresión de estatura, que contiene aproximadamente el 97.5% de la población normal. Los límites superiores para la latencia mínima normal pueden ajustarse aún más por edad. Los valores de la Tabla 1 son verdaderos para adultos de hasta 40 años. Estos límites aumentan en aproximadamente 0.5 ms por década sobre los 40 años de edad. Tomado de Eisena A, Fisher M. The F waves. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl.* 1999; 52:255–7.

La latencia depende en gran medida de la distancia.(77) A su vez es directamente proporcional a la altura. Por lo tanto, los autores que no usan velocidades de conducción de onda F pueden usar la estatura para establecer el rango de normalidad.(26)(78)(79)

La siguiente fórmula descrita por Kimura (1974, 1978b) se puede utilizar para calcular la velocidad de conducción de la onda F con la latencia más corta (FwCVmax), así como la velocidad de conducción de cualquier onda F en las extremidades (FwCV).(80)

$$FwCV = \frac{\text{Distancia de C7 o T1} \times 2(\text{mm})}{F \text{ latencia} - M \text{ latencia} - 1(\text{ms})}$$

Relación de latencia F/M.(80)

Esta relación se describió originalmente como útil en la evaluación de síndromes de atrapamiento proximal.(58) Tiene la ventaja de que no se requieren mediciones de distancia. En esencia, la latencia más corta de la onda F al punto de estimulación menos el tiempo de respuesta se divide por la latencia de la respuesta M y luego se divide por 2 para expresar la relación solo para una longitud de la vía (ya que las respuestas F tienen un brazo antidrómico y ortodrómico). Por lo tanto, la siguiente fórmula se puede utilizar para esta relación.(80)

$$F/M \text{ latency ratio} = \frac{(F \text{ latencia más corta} - M \text{ latencia}) - 1(\text{ms})}{M \text{ latencia} \times 2(\text{ms})}$$

El método proporciona una comparación de la conducción proximal al sitio de estimulación con la distal al sitio de estimulación, incluida la conducción en la unión neuromuscular.(40)

4.5.2. Latencia media de las Ondas F

La mayoría de los autores están de acuerdo en que las latencias de onda F y las velocidades de conducción no se distribuyen normalmente, por lo que la latencia media no es un parámetro representativo de la

población de ondas F en un sujeto individual ni en un grupo de sujetos. En todo caso, la latencia media sería más representativa. Necesita pocos estímulos y es reproducible.(32) La latencia media no se puede comparar con las latencias convencionales o los parámetros de conducción motora en los nervios periféricos que miden la latencia para las fibras motoras más rápidas o la velocidad máxima de conducción motora. La latencia media no se puede comparar con otras técnicas que analizan el espectro de las velocidades de conducción motora, sin embargo, estos pueden compararse con la distribución de las latencias de las ondas F o las velocidades de conducción de las ondas F (cronodispersión y taqueodispersión).(40)

4.5.3. Cronodispersión

Este parámetro se describió como la dispersión de las latencias relativas de un número estadísticamente significativo de ondas F registradas consecutivamente.(72) La cronodispersión es la diferencia entre las latencias de inicio de onda F más cortas y las más largas y, por lo tanto, mide el rango de tiempos de conducción entre una población de ondas F. La duración de las ondas F individuales varía considerablemente, por lo que generalmente no se tiene en cuenta. El cálculo de la velocidad de conducción de la onda F es menos útil porque se agregan fuentes adicionales de errores de medición y se desconoce el tiempo de respuesta real. Es necesario aumentar los datos normativos para la cronodispersión. No hay datos suficientes en los grupos de pacientes, quizás debido a la necesidad de administrar una gran cantidad de estímulos supramáximos para obtener un valor representativo de la cronodispersión. Es importante darse cuenta de que, para medir el verdadero alcance de la cronodispersión en condiciones patológicas, puede ser necesario aumentar la velocidad de barrido de 5 ms/división en la extremidad superior y 10 ms/división en la extremidad inferior, a 10 ms/división y 200 ms/división, respectivamente, o más. Se requieren verificaciones frecuentes de barridos sin estimulación durante la grabación para determinar que las "respuestas tardías" no son el resultado de una relajación

deficiente con la activación voluntaria de unidades no relacionadas con los estímulos, que pueden tomarse erróneamente como ondas F.(40)

4.5.4. Amplitudes

Las amplitudes y formas de la onda F son muy variables. La relación entre la amplitud media de la onda F y la amplitud máxima de CMAP puede ser útil. Por lo general, es menos del 5%; valores más altos y configuraciones más complejas son comunes en las enfermedades de la neurona motora superior.

4.5.5 Persistencia

La persistencia, es decir, el número de respuestas F medibles, dividido por el número de estímulos, indica la excitabilidad antidrómica del conjunto de neuronas motoras. También está influenciado por la integridad de la vaina del nervio y puede verse reducido por un bloqueo de conducción a lo largo del nervio. Desde el punto de vista patológico, aumenta en pacientes con lesiones de la motoneurona superior. Se observa una persistencia reducida durante la relajación y el sueño.(53)

4.5.6 Tacheodispersión

Este es un parámetro similar a la cronodispersión, pero normaliza los datos de distancia (altura del paciente y extensión de la extremidad). Por lo tanto, las críticas y contra críticas dirigidas a estimar la velocidad de conducción con ondas F también se aplican. Se demostró que la distribución de las velocidades de conducción de la onda F muestra adecuadamente el espectro de velocidades de conducción de los axones motores de un nervio periférico.(56)

El parámetro es la distribución de las velocidades de conducción de una muestra estadísticamente válida de ondas F consecutivas como una descripción del espectro de velocidades de conducción de axones

dentro de un nervio periférico en condiciones normales y patológicas.(33) La distancia entre el proceso espinoso de C7, y de L1, y el punto de estimulación, para la extremidad superior e inferior, respectivamente, se utilizaron para calcular la distancia. La velocidad de la onda F más rápida se calcula mediante la fórmula de Kimura:

$$FCV_{max} = \frac{\text{Distance}}{[(F \text{ Latencia mínima} - \text{latencia máxima} - 1) / 2]}$$

Cada velocidad de onda F (FCV_x) se calcula multiplicando el FCV_{max} por la relación de latencias de la onda más corta y de cada x F (menos 1 ms de tiempo de respuesta para cada latencia) de la siguiente manera:

$$FCV_x = FCV_{max} \times (FLAT_{min} - 1 / FLAT_x - 1)$$

La distribución de las velocidades de conducción de la onda F de la muestra se puede trazar. Para normalizar para diferentes FCV_{máx} en diferentes sujetos, los CV individuales de la onda F pueden trazarse como una diferencia del FCV más rápido en cada sujeto.(56)

4.6 Hallazgos clínicos de la onda F

Las ondas F, que viajan una gran distancia sobre los segmentos completos del nervio, proporcionan medidas muy sensibles de la enfermedad del nervio difuso. Los neuroconducciones sensitivas o motoras no permiten la evaluación de los segmentos proximales largos de un nervio.(81) De hecho, las latencias de la onda F superan claramente el rango normal en pacientes con una anomalía de la conducción como el mejor predictor de una polineuropatía con componente motor.(63) Además, el cálculo de las velocidades de las ondas F y las relaciones F permite la comparación de la conducción en los segmentos nerviosos proximales versus distales.(74) (Fig.8).

$$F \text{ ratio} = \frac{(F-M-1)/2}{M} = \frac{F-M-1 \text{ (ms)}}{M \times 2 \text{ (ms)}}$$

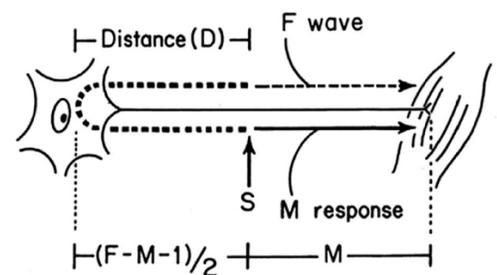
$$FWCV = \frac{D}{(F-M-1)/2} = \frac{D \times 2 \text{ (mm)}}{F-M-1 \text{ (ms)}}$$


Figura 8. La diferencia de latencia de la onda F y la respuesta M refleja el impulso motor hacia y desde la médula espinal y el segmento proximal. Con un retraso mínimo estimado de 1.0 ms en el grupo de neuronas motoras, la latencia proximal desde el sitio de estímulo al cordón es igual a $(F-M-1) / 2$, donde F y M son latencias de la onda F y la respuesta M. La velocidad de conducción de la onda F, $FWCV = (D \times 2) / (F-M-1)$, donde D es la distancia desde el sitio de estímulo al cordón, y $(F-M-1) / 2$ es el tiempo requerido para cubrir la longitud D. Dividir la conducción tiempo en el segmento proximal al cordón por el del segmento distal restante al músculo, la relación $F = (F-M-1) / 2M$, donde $(F-M-1)/2$ y M son latencias proximales y distales. Adaptado de Jun Kimura M. *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle, Principles and Practice*. Oxford Univ Press is a Dep Univ Oxford. 2013;74–80.

Las aplicaciones clínicas de las latencias mínimas de la onda F incluyen la detección de anomalías en pacientes con neuropatías hereditarias, neuropatías desmielinizantes, neuropatías diabéticas,(82) neuropatías urémicas y neuropatías alcohólicas, así como otras neuropatías.(63) Las ondas F también proporcionan un factor pronóstico importante en el síndrome de Guillain-Barré en niños.(83) Especialmente en pacientes con una polineuropatía desmielinizante inflamatoria aguda [síndrome de Guillain-Barré (GBS)], se puede encontrar una disminución o pérdida importante de la conducción de la onda F.(53) En la atrofia muscular espinal juvenil, a diferencia de la ELA y los sujetos sanos, las ondas

F dinámicas durante la flexión del cuello mostraron una incidencia significativamente mayor de ondas F repetidoras de los nervios cubital y mediano en el lado sintomático.(84) En un estudio que analizó las amplitudes de las ondas F, las ondas F gigantes ocurrieron con mucha más frecuencia en aquellos con atrofia muscular espinobulbar que en aquellos con ELA o controles normales.(85) Además, las ondas F se pueden usar en algunos casos para el pronóstico del accidente cerebrovascular; La reaparición de las ondas F después de un infarto de cono medular puede servir como un buen signo de pronóstico para la deambulación.(86) La relajación muscular sostenida disminuye la amplitud y la persistencia de las ondas F, que las imágenes motoras pueden contrarrestar en sujetos sanos y sobrevivientes de accidente cerebrovascular; esto y otros estudios sugieren que las imágenes motoras pueden ayudar a restaurar la excitabilidad de las neuronas motoras.(87)(88) Las latencias prolongadas de onda F son una medida sensible en las polineuropatías desmielinizantes.(55) Pueden prolongarse incluso cuando las velocidades de conducción de los segmentos distales están dentro del rango de referencia(89) y pueden usarse para estudios posteriores en el mismo sujeto.(90) En pacientes con neuropatías axonales, también puede ser una medida sensible.(7)

En las neuropatías desmielinizantes, la cronodispersión también puede ser anormal y, por lo tanto, puede usarse como un parámetro adicional. Una comparación de las latencias de la onda F con la velocidad de conducción del nervio motor distal puede dar evidencia de disfunción del nervio proximal.(53) El papel de los estudios de la onda F en la lesión o compresión de la raíz nerviosa es polémico. No existen estudios sobre la sensibilidad de esta técnica en tales pacientes. Debido a la larga vía de conducción, la patología muy focal en pacientes con radiculopatías puede estar oculta, ya que una Onda F puede entrar por varias raíces. Además, más de una raíz nerviosa contribuye al nervio periférico y, en algunos nervios, no se puede realizar ningún estudio de ondas F por razones técnicas. Por lo tanto, solo las investigaciones muy cuidadosas que utilizan una gran cantidad de estímulos y una comparación de lado a lado pueden mostrar

una persistencia reducida o un ligero aumento de la latencia de inicio.(53) En la plexopatía, el segmento nervioso dañado es más largo que los segmentos afectados por radiculopatías compresivas, por lo que los estudios de ondas F pueden ser más útiles. Sin embargo, tampoco hay estudios sistemáticos disponibles sobre este tema.(53)

En el síndrome de salida torácica neurogénica, se considera útil la diferencia entre la latencia prolongada de la onda F del nervio cubital y la latencia de inicio normal del nervio mediano. Se puede encontrar una disminución de la persistencia de la onda F cuando ha habido una pérdida de axones motores, pero con mayor frecuencia es un signo de desmielinización. La conducción normal en el nervio distal con altas amplitudes de CMAP y pérdida de respuestas F argumenta a favor de un bloqueo de conducción proximal, como síndrome de Guillain-Barré o neuropatía motora multifocal. Sin embargo, la interpretación debe ser cautelosa porque en algunos sujetos no hay respuestas F en los nervios peroneos sin ninguna patología del nervio.(22) Se puede ver un mayor número de respuestas idénticas en la atrofia neurogénica debido a una disminución del número de neuronas motoras que son capaces de responder al impulso antidrómico. Esto se puede encontrar en pacientes con enfermedades de las neuronas motoras, (32) mielopatía cervical, (91) y atrofia muscular espinal. Debido a la influencia del sistema nervioso central en la excitabilidad de la onda F, los hallazgos deben interpretarse en un contexto clínico. En pacientes con síndromes de la neurona motora superior, la latencia de inicio, así como la persistencia y la amplitud pueden aumentar.(66) Sin embargo, en pacientes con accidente cerebrovascular agudo, pueden disminuir temporalmente, lo que corresponde a la reducción inicial de los reflejos tendinosos en dichos pacientes.(53)

5. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los valores de referencia de los estudios de onda F en miembros superiores e inferiores de la población que no presenta enfermedad neuromuscular?

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

Determinar los valores de las Ondas F de los miembros superiores e inferiores en una población adulta sana de la IPS Rangel definiendo sus rangos de normalidad.

6.2. Objetivo específicos

- Determinar los valores de Ondas F de los nervios Mediano y Ulnar definiendo sus rangos de normalidad.
- Determinar los valores de Ondas F de los nervios Tibial y Peroneo definiendo sus rangos de normalidad.
- Establecer las medidas y describir los valores de Ondas F de los miembros superiores.
- Establecer las medidas y describir los valores de Ondas F de los miembros inferiores.
- Determinar las variaciones de los valores según rangos de edad, género y estatura.

7. Aspectos metodológicos

7.1 Tipo de estudio:

Transversal descriptivo con componente analítico

7.2. Población de referencia y muestra:

Los participantes fueron hombres y mujeres sanos, nacidos en Colombia, con ascendencia suramericana, que cumplan con los criterios de selección en cuanto a edad, antecedentes familiares, patológicos y medidas antropométricas. El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la IPS Carlos Rangel en el departamento de electrodiagnóstico.

7.3. Tamaño y obtención de la muestra:

El tamaño de la muestra se calculó basándonos en la fórmula $n = (z/b)^2 * P*(1-P)$, donde $Z = 1,96$ correspondiente al 95%, $b = 0,15$ de precisión, $P = 0.5$ proporción de valores de referencia en adultos sanos acompañantes o familiares de los pacientes con una edad entre 18 a 60 años, que asistieron a la sala de espera de consulta externa de la IPS Rangel de Bogotá hasta completar el número de participantes según la fórmula. La muestra mínima será de 42 participantes. Se aumentaron a 50 participantes calculadas en 20% más, por posibles pérdidas, distribuidos en 25 mujeres y 25 hombres.

7.4. Criterios de inclusión:

- Hombre o mujer
- Edad de 18 a 60 años
- Nacidos en Colombia sin ascendencia anglosajona/caucásica en una y dos generaciones
- Ausencia de síntomas neurológicos
- Ausencia de síntomas motores y sensitivos

7.5. Criterios de exclusión:

- Antecedente de Esclerosis lateral amiotrófica

- Antecedente de Guillain Barré
- Antecedente de Hipotiroidismo
- Antecedente de Diabetes, Neuropatía periférica diabética-Polineuropatía
- Antecedente de neuropatía por compresión o atrapamiento –Síndrome del túnel del carpo.
- Antecedente de lesión de nervio periférico
- Antecedente de lesión de plexo braquial ó lumbosacro
- Antecedente de Radiculopatía cervical ó lumbar
- Antecedente de aneurisma de arteria iliaca común o interna
- Antecedente ginecológico de Endometriosis
- Mujeres en estado de Embarazo
- Antecedente de cáncer
- Antecedente de tratamiento con quimioterapia ó radioterapia
- Antecedente de lesiones no estructurales –plexitis, infarto
- Sospecha de enfermedad neuromuscular
- Antecedente de neuropatía hereditaria / genética
- Antecedente cirugía de columna ó cadera
- Antecedente de Amputación de miembros inferiores ó superiores

Tabla 2. Operacionalización de las variables

| MATRIZ DE VARIABLES | | | |
|----------------------------|--|---|---|
| Nombre | Definición conceptual | Definición operacional | Escala de medición |
| Edad | Tiempo cronológico medido en años de una persona | Ultimo año cumplido al momento del procedimiento | Cuantitativa discreta: por años |
| Sexo | Condición orgánica que distingue a los machos de las hembras | Sexo con el que se identifica un individuo | Cualitativa nominal: Masculino Femenino |
| Talla | Estatura medida en metros de una persona. | Estatura en metros al momento del procedimiento. | Cuantitativa |
| Peso | Valor de peso medido Kilogramos de una persona. | Peso en kilogramos al momento del procedimiento. | Cuantitativa |
| Temperatura corporal | Magnitud escalar relacionada con la energía interna del individuo medida en grados centígrados. | Magnitud escalar relacionada con la energía interna del individuo medida en grados centígrados momento procedimiento. | Cuantitativa |
| Lateralidad | Preferencia que muestran la mayoría de los seres humanos por un lado de su propio cuerpo. | Lateralidad dominante de cada participante. | Cualitativa |
| Nacionalidad | País de nacimiento de una persona. | País de nacimiento de una persona que la identifica al momento del procedimiento. | Cualitativa |
| Ocupación | Tipo de trabajo o estudio que realiza la persona. | Tipo de trabajo o estudio que realiza la persona al momento del procedimiento. | Cualitativa |
| Indice de masa corporal | Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo medida en kilogramos/metros ² . | Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo medida en kilogramos/metros ² al | Cuantitativa |

| | | momento del procedimiento. | |
|--|---|--|--------------|
| Onda F Latencia motora mínima de nervio mediano | Es el valor del menor tiempo medido en milisegundos del potencial de acción motor entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor a las células del asta anterior de la medula espinal hasta el músculo. | Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el pico de la deflexión del potencial de acción. | Cuantitativa |
| Onda F Latencia motora máxima de nervio mediano | Es el valor del mayor tiempo medido en milisegundos del potencial de acción motor entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor a las células del asta anterior de la medula espinal hasta el músculo. | Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el pico de la deflexión del potencial de acción. | Cuantitativa |
| Cronodispersión de nervio mediano | Unidad física de correlación entre la mayor y menor distancia y tiempo medida en metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y su tiempo de registro del potencial eléctrico motor, en relación a una distancia obtenida durante el procedimiento para cada nervio en una persona. | Unidad física de correlación entre la mayor y menor distancia y tiempo medida en metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el tiempo de registro del potencial eléctrico motor en relación a una distancia y predeterminada para cada nervio al momento del procedimiento del estudio de Onda F en una persona. | Cuantitativa |
| Onda F Latencia motora mínima de nervio ulnar | Es el valor del menor tiempo medido en milisegundos del potencial de acción motor entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor a las células del asta anterior | Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el pico de la deflexión del potencial de acción. | Cuantitativa |

| | | | |
|---|---|--|--------------|
| | de la medula espinal hasta el músculo. | | |
| Onda F Latencia motora máxima de nervio ulnar | Es el valor del mayor tiempo medido en milisegundos del potencial de acción motor entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor a las células del asta anterior de la medula espinal hasta el músculo. | Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el pico de la deflexión del potencial de acción. | Cuantitativa |
| Cronodispersión de nervio ulnar | Unidad física de correlación entre la mayor y menor distancia y tiempo medida en metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y su tiempo de registro del potencial eléctrico motor, en relación a una distancia obtenida durante el procedimiento para cada nervio en una persona. | Unidad física de correlación entre la mayor y menor distancia y tiempo medida en metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el tiempo de registro del potencial eléctrico motor en relación a una distancia y predeterminada para cada nervio al momento del procedimiento del estudio de Onda F en una persona. | Cuantitativa |
| Onda F Latencia motora mínima de nervio tibial | Es el valor del menor tiempo medido en milisegundos del potencial de acción motor entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor a las células del asta anterior de la medula espinal hasta el músculo. | Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el pico de la deflexión del potencial de acción. | Cuantitativa |
| Onda F Latencia motora máxima de nervio tibial | Es el valor del mayor tiempo medido en milisegundos del potencial de acción motor entre el inicio del estímulo eléctrico sobre | Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el pico de la deflexión del potencial de acción. | Cuantitativa |

| | | | |
|---|---|--|--------------|
| | el nervio motor a las células del asta anterior de la medula espinal hasta el músculo. | | |
| Cronodispersión de nervio tibial | Unidad física de correlación entre la mayor y menor distancia y tiempo medida en metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y su tiempo de registro del potencial eléctrico motor, en relación a una distancia obtenida durante el procedimiento para cada nervio en una persona. | Unidad física de correlación entre la mayor y menor distancia y tiempo medida en metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el tiempo de registro del potencial eléctrico motor en relación a una distancia y predeterminada para cada nervio al momento del procedimiento del estudio de Onda F en una persona. | Cuantitativa |
| Onda F Latencia motora mínima de nervio peroneo | Es el valor del menor tiempo medido en milisegundos del potencial de acción motor entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor a las células del asta anterior de la medula espinal hasta el músculo. | Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el pico de la deflexión del potencial de acción. | Cuantitativa |
| Onda F Latencia motora máxima de nervio peroneo | Es el valor del mayor tiempo medido en milisegundos del potencial de acción motor entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor a las células del asta anterior de la medula espinal hasta el músculo. | Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y el pico de la deflexión del potencial de acción. | Cuantitativa |
| Cronodispersión de nervio peroneo | Unidad física de correlación entre la mayor y menor distancia y tiempo medida en metros/segundo, entre | Unidad física de correlación entre la mayor y menor distancia y tiempo medida en metros/segundo, entre el inicio del estímulo | Cuantitativa |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor y su tiempo de registro del potencial eléctrico motor, en relación a una distancia obtenida durante el procedimiento para cada nervio en una persona. | elétrico sobre el nervio motor y el tiempo de registro del potencial eléctrico motor en relación a una distancia y predeterminada para cada nervio al momento del procedimiento del estudio de Onda F en una persona. | |
|--|--|---|--|

8. Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo entre los años 2019 a diciembre de 2020, en el Departamento de posgrado de Medicina Física y Rehabilitación de la Universidad El Bosque de la ciudad de Bogotá, Colombia, previa autorización del jefe de posgrado (ver anexos N°1 y N°2).

Este estudio se realizará por la investigadora médica: Carol Tatiana Rincón Díaz, estudiante de posgrado de Medicina Física y Rehabilitación de la Universidad El Bosque, después de obtener la aprobación del Comité de Ética de la Universidad El Bosque. (ver anexo N°7).

Los participantes invitados serán hombres y mujeres de 18 a 60 años de edad, que asistirán a la sala de espera de consulta externa cómo acompañantes o familiares de los usuarios o pacientes de la IPS Rangel de Bogotá. La muestra mínima será de 42 participantes. Se aumentaran a 50 participantes calculadas en 20% más, por posibles pérdidas, por lo tanto la muestra total de participantes será de 50 participantes distribuidos en 25 mujeres y 25 hombres. Teniendo en cuenta que probablemente será insuficiente la población de personas acompañantes o familiares de los usuarios que asisten a la IPS para completar el número total de la muestra, se propone como población alterna el personal que labora en empresas vecinas a la sede principal de la IPS Rangel. Dado el momento de necesitarse se calculará el número preciso para completar la muestra y se seleccionará de manera pertinente a los nuevos participantes para garantizar la viabilidad del estudio.

Se realizará la convocatoria en las instalaciones del Edificio Altos del Bosque en la entrada principal, donde se esperará la entrada y salida de los posibles participantes, se abordará a cada persona individualmente, donde el investigador principal será el encuestador en el diligenciamiento del formulario de recolección de datos. El encuestador hará una introducción explicativa corta de los motivos

de la realización de la investigación, la importancia de la colaboración, así como del anonimato de las respuestas. Si deciden aceptar, las personas finalmente elegidas se les realizará una historia clínica física detallada mediante un cuestionario estructurado formulando las preguntas en base al formato, el encuestado las contesta y el encuestador las anotará. Como ejemplo de los datos personales solicitados serán los nombres, apellidos, número de cédula, edad, lateralidad, nacionalidad, procedencia y ocupación, además de cuestionario de antecedentes patológicos y preguntas de síntomas asociados. En ningún momento se realizarán preguntas de carácter muy personal ni se interrogará en busca de datos privados, íntimos o bancarios. Después se llevará la información a un formulario de recolección de datos en Word de office (Ver anexo N°4) por la investigadora del estudio.

La historia clínica física de cada participante será anexada en una carpeta que se guardará al final de la realización de cada estudio en un archivador bajo llave, el cual se encuentra en la IPS Rangel sede principal. Los formularios de recolección de datos completados en Word, se guardarán en una carpeta en documentos de un computador portátil que pertenece al único investigador del estudio garantizando la confidencialidad y privacidad de los participantes. Posteriormente se analizarán los datos recolectados y serán seleccionados los participantes que cumplan con los criterios clínicos, antecedentes patológico y antecedentes familiares, confirmándose como personas sanas. Quienes presenten antecedentes de neuropatías por compresión o atrapamiento como síndrome del túnel carpiano, Síndrome de Guillain Barré, Esclerosis lateral amiotrófica, Miopatía, Diabetes, Neuropatía periférica diabética, hipotiroidismo, lesión/trastornos neuromusculares, serán excluidos del estudio.

Las personas que acepten la participación en el estudio y cumplan con los criterios clínicos, firmarán un consentimiento informado previamente diligenciado (Ver anexo N°3).

El estudio se realizará en la IPS Rangel sede principal de la ciudad de Bogotá, en un consultorio de laboratorio de electrodiagnóstico donde se encuentra una camilla, el equipo de electrodiagnóstico y una zona de vestier, se mantendrá una temperatura estándar el laboratorio de electrodiagnóstico a 22 ° C. Se le solicitará a cada participante seguir a la zona de vestier para que se retire las prendas de vestir y demás objetos personales como anillos, pulseras y reloj. Posteriormente se solicitará la colocación de una bata desechable y seguir a la camilla.

Prevía realización de cada estudio, se encenderá y calibrará el equipo de electrodiagnóstico. El estudio se realizará a una hora fija del día (entre las 14:00 y las 18:00 horas). Los parámetros de la onda F se registrarán directamente utilizando una máquina de conducción nerviosa/electromiografía equipo Sierra® SummitCadwell Laboratories, Inc. 19027205AC027053 modelo 2017, Kennewick, EEUU.

Los electrodos de registro de disco que serán utilizados son marca Cadwell Laboratories, Inc. modelo 302694-200 del año 2017, el electrodo de tierra que será utilizado es marca Cadwell Laboratories, Inc. modelo 302150-200 del año 2017, se utilizará transpore marca CureBand Medical transparente para fijar los electrodos de disco a la piel durante el estudio de Ondas F. Se usará gel conductor como interface entre los electrodos de disco y la piel para la realización del electrodiagnóstico.

Se le solicitará a cada participante adoptar la posición de decúbito supino en la camilla, se colocarán electrodos con gel conductor en los puntos específicos según el nervio a estimular en las extremidades, se irán colocando los electrodos en cada nervio avanzando progresivamente por cada extremidad.

Se le explicará al participante durante la realización del estudio de Ondas F que sentirá estímulos eléctricos en número de 20 de leve a moderada intensidad en dos nervios de cada extremidad. Se utilizaron estímulos supramáximos a una frecuencia de 1 Hz. Las ondas F son más prominentes con estimulaciones supra máximas (es decir, un 25% por encima de la requerida para la onda M máxima), ya

que las amplitudes de las ondas F así como la frecuencia de la persistencia, aumentan a medida que aumenta la intensidad del estímulo. Si el participante presenta molestia, dolor ó malestar por la prueba y desea finalizarla, se retirarán los electrodos y se suspenderá el estudio.

La realización del estudio de Ondas F tendrá una duración aproximadamente de 10 minutos. A cada participante se le indicará el momento de finalización del estudio, y se retirará los electrodos, se realizará limpieza del gel conductor de las extremidades evaluadas, se le solicitará al participante vestirse, recoger sus objetos personales y salir del consultorio de electrofisiología.

Se registrará cada nervio utilizando un formato de Excel de office para registrar los parámetros de latencias mínima, latencias máxima y cronodispersión del estudio de las Ondas F de la siguiente forma:

ESTUDIO DE ONDA F DEL NERVIO MEDIANO

El sitio de grabación será el músculo Abductor pollicis corto (APB), localizado en la eminencia tenar, el electrodo de registro será colocado sobre el vientre muscular y el electrodo de referencia será colocado sobre la primera articulación metacarpiana-falangea. El sitio de estimulación será a nivel de la cara anterior de la muñeca entre los tendones y el flexor radial del carpo y el palmar largo.

ESTUDIO DE ONDA F DEL NERVIO ULNAR

El sitio de grabación será el músculo Abductor digiti minimi (ADM), localizado en la eminencia hipotenar, el electrodo de registro será colocado sobre el vientre muscular y el electrodo de referencia será colocado sobre la quinta articulación metacarpo-falángica. El sitio de estimulación será a nivel de la cara medial de la muñeca adyacente al tendón flexor cubital del carpo.

ESTUDIO DE ONDA F DEL NERVIO FIBULAR

El sitio de grabación será el músculo Extensor digitorum brevis (EDB), localizado en el pie en su cara dorso-lateral, el electrodo de registro será colocado sobre el vientre muscular y el electrodo de referencia será colocado distalmente sobre la articulación metatarso-falángica del quinto dedo del pie. El sitio de estimulación será en el tobillo en la cara anterior a nivel ligeramente lateral al tendón tibial anterior.

ESTUDIO DE ONDA F DEL NERVIO TIBIAL

El sitio de grabación será el músculo Abductor hallucis brevis (AHB), localizado en el borde medial del pie a 1 cm proximal y 1 cm inferior al prominencia navicular, el electrodo de registro será colocado sobre el vientre muscular y el electrodo de referencia será colocado sobre la articulación metatarso-falángica del grueso artejo. El sitio de estimulación será en el tobillo en la cara medial a nivel proximal y posterior al maléolo medial.

Finalmente se realizó un análisis descriptivo de variables cuantitativas usando el programa Excel de Office generando también tablas y graficas de las variables cualitativas; usando además el Software Estadístico IBM SPSS Versión 22 (Statistical Package for the Social Sciences), para posterior tabulación y se analizarán los datos con el profesor Carlos Eduardo Gomez.

9. Plan de análisis

Se diseñó un formulario de recolección de datos. (Ver anexo 4.) Se realizó una hoja de cálculo en Excel para digitar la información y realización del análisis de la información con resultado en tablas y gráficas.

Para variables cuantitativas se obtuvieron medidas de centralización como la media y la desviación estándar y para las variables cualitativas se obtuvieron porcentajes.

Para el análisis del estudio se utilizó el programa Excel de Office y Software estadístico IBM-SPSS versión 25 (Statistical Package for the Social Sciences), realizando un análisis descriptivo. Las variables cuantitativas se establecieron correlacionando las diferentes latencias de cada nervio examinado para cada subgrupo de variables cualitativas. Además se obtuvieron pruebas de asociación entre variables de interés; por medio del análisis de las variables cuantitativas a través de la prueba t student y el método estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar medianas de los grupos a estudio.

10. Aspectos éticos

Los investigadores declaran que el presente estudio cumple con las normas para investigación en seres humanos basados en el Código de Núremberg, el reporte Belmont y la Declaración de Helsinki.(92)

Este estudio se realizó dentro de las normas éticas que tienen su principio en la declaración de Helsinki revisión de 2013, además de ser aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de medicina, división de postgrados de la Universidad El Bosque: Acta No. 2019-101 del 16 de julio de 2020. (Ver anexo 7)

Según la Resolución 008430 de 1993 capitulo 1, artículo 11, para investigación en seres humanos en Colombia, se considera este estudio como una investigación de riesgo mínimo, por lo tanto requiere de un consentimiento informado donde se brinda la información necesaria, objetivo del estudio y beneficios esperados y se asegura la confidencialidad de los datos los cuales se utilizarán con fines académicos. Se obtuvo el consentimiento informado de forma escrita por parte del paciente o de su acudiente en caso necesario. (Ver anexo 3).

Esta investigación tiene como deber proteger la vida, salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la información personal de los voluntarios que van a participar en esta investigación.

Considerado los cuatro principios básicos que contemplan la ética dentro de la investigación con seres humanos:

BENEFICENCIA

El propósito inicial de la investigación médica en seres humanos, es el de mejorar los procedimientos ya sean preventivos, diagnósticos y terapéuticos. La investigación médica dentro de las normas éticas promueve el respeto a todos los seres humanos protegiendo su salud y sus derechos individuales. El fin

de este proyecto es crear una mejor aproximación diagnóstica de patologías neuromusculares y por ende un inicio precoz del tratamiento; lo que a su vez va a disminuir costos en el tratamiento, así como permitirle al paciente un reintegro a la sociedad laboral o tener una pronta y adecuada reorientación en su ocupación con el fin de lograr una pronta recuperación.(92)

NO MALEFICENCIA

Este proyecto no ocasionará daño alguno al paciente al que se le realicen las pruebas y cuestionarios propuestos, habitualmente aplicados, no representando riesgo alguno y el paciente decidirá en qué momento finalizar la prueba (Estudio de Ondas F de miembros superiores e inferiores).(92)

JUSTICIA

La investigación en seres humanos solo se debe realizar cuando la importancia de su objetivo sea mayor que el riesgo, por lo tanto se establecerá pautas diagnósticas que sean las más eficaces para el pronto diagnóstico y tratamiento de enfermedades de sistema nervioso periférico.(92)

AUTONOMÍA

La autonomía será evaluada por medio del consentimiento informado tanto verbal como escrito, por tanto en este trabajo de investigación con seres humanos, se informará a los pacientes acerca de los objetivos, métodos, ventajas previstas y los posibles riesgos inherentes al estudio, así como de las incomodidades que este pueda acarrear. Es necesario que el paciente este informado, y si lo desea podrá abstenerse de participar en el estudio y estará en plena libertad de retirar su consentimiento de participación en cualquier momento; por tanto quienes vayan a realizar el estudio clínico deberán tener verbal y por escrito el consentimiento libremente otorgado.(92)

11. Cronograma

Determinación de los valores de referencia en los estudios de Ondas F de miembro superior e inferior en adultos en la IPS RANGEL

| ACTIVIDAD | Enero/Febrer/Marzo 2019 | Abril/Mayo/Junio 2019 | Julio/Agost/Sept 2019 | Octub/Nov/Dic 2019 | Enero/Febrer/Marzo 2020 | Abril/Mayo/Junio 2020 | Julio/Agost/Sept 2020 | Octub/Nov/Dic 2020 |
|------------|--|---|-----------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Fase 0 | Generación de la idea de investigación | Revisión bibliográfica de la literatura | | | | | | |
| Fase 1 | | | Preparación de Anteproyecto | Realización de Anteproyecto | | | | |
| Fase 2 | | | | | Sometimiento a evaluación del Comité de Ética | Corrección y aprobación del protocolo | | |
| Fase 3 | | | | | | | Recolección de la información | Análisis de la información |
| Fase 4 | | | | | | | | Presentación de resultados |
| Aprobación | | | | | | | | Sustentación y publicación |

12. Presupuesto

| Investigador | Función | Tiempo | Valor |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------|
| Carol Tatiana Rincón Diaz | Investigadora Principal | 7 horas a la semana por 23 meses | \$ 8.000.000 |

| Equipo | Justificación | Valor |
|--|--|--------------|
| Sierra® Summit Cadwell Laboratories, Inc. | Uso para la toma de estudio de Ondas F | \$ 2.000.000 |
| Computador Apple Mac book pro | Uso para el registro, análisis y base de datos del estudio | \$ 300.000 |
| Total | | \$ 2.300.000 |

| Materiales | Valor |
|---|------------|
| Fotocopias para formatos de consentimiento informado y formato de recolección de datos. | \$ 50.000 |
| Papelería (carpetas, hojas blancas para impresión, fotocopias) | \$ 50.000 |
| Cartucho negro para impresora | \$ 50.000 |
| Total | \$ 150.000 |

| Gran total | Valor Total |
|------------|---------------|
| Total | \$ 10.450.000 |

13. Resultados

La población de muestra contó con 53 participantes en total donde 28 (53%) fueron de sexo femenino. El 86% de la población evaluada eran de dominancia derecha. Ninguna de las personas tenía enfermedad.

Se explican las características antropométricas de la población a estudio en la tabla 3. La media de edad fue de 32,2 años, con una edad mínima de 19 años, edad máxima de 57 años y con una desviación estándar de $\pm 9,503$. La talla del total de los participantes tuvo una media de 1.64 metros, con una talla mínima 150 cm, máxima 186 cm y una desviación estándar de $\pm 9,280$, documentando un mayor promedio de talla en hombres con media de 172,2 cms en comparación con la media de mujeres que fue de 158,5 cms, definiendo una diferencia hasta de 14 cms.

Se definieron 3 grupos por rangos de talla, el primer grupo de <159 cm (26,4%), el segundo grupo de 160 a 179 cm (64,1%) y el tercer grupo de >180 cm (9,4%). El promedio del peso fue de 69,4 Kg, con un peso mínimo de 40 kg y máximo de 95 kg, con una desviación estándar de $\pm 11,55$.

En cuanto a el IMC de los participantes del estudio, el grupo más frecuente fue el de sobrepeso con una media de 25.4, un IMC mínimo 16,6, máximo 34,0 y con una desviación estándar de $\pm 3,33$. La temperatura de la piel osciló entre $35,7^{\circ}\text{C}$ y $34,4^{\circ}\text{C}$ para todos los sujetos con una mediana de 36.19°C . Debido a que no se encontró una diferencia mayor de 1°C entre las extremidades en ningún sujeto, la temperatura no se consideró un factor crítico en este estudio.

Tabla 3. Características sociodemográficas de la población a estudio.

| <i>n</i> (%) | Mujeres (n=28) | | Hombres (n=25) | | Total (n=53) | |
|------------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | Media | SD | Media | SD | Media | SD |
| Edad | | | | | | |
| Edad categorizada | 36,21 | ±9,09 | 34,24 | ±10,02 | 35,20 (19-57) | ±9,50 |
| <28 años | 36,21 | ±8,52 | 34,50 | ±10,73 | 35,28 (19-27) | ±9,53 |
| 29 a 37 años | 37,37 | ±8,81 | 34,24 | ±10,15 | 35,77 (29-37) | ±9,59 |
| 38 a 46 años | 37,00 | ±7,25 | 35,75 | ±10,30 | 35,64 (40-46) | ±9,50 |
| >47 años | 38,26 | ±9,67 | 35,52 | ±11,00 | 35,97 (48-57) | ±10,10 |
| Sexo, n (%) | | | | | | |
| | 53 | | 47 | | 100 | |
| Lateralidad (%) | | | | | | |
| Diestro | 86 | | - - | | 86 | |
| Zurdo | - - | | 13 | | 13 | |
| Talla | | | | | | |
| Talla categorizada | 158,54 (150-170) | ±5,45 | 172,20 (161-186) | ±7,10 | 164,98 (150-186) | ±9,28 |
| < 159 cm | 157,79 (150-159) | ±5,28 | - - | - - | 164,14 (150-159) | ±5,28 |
| 160 a 179 cm | 158,54 (160-170) | ±4,96 | 171,26 (161-177) | ±6,53 | 164,98 (160-177) | ±9,28 |
| > 180 cm | - - | - - | 172,20 (180-186) | ±8,84 | 172,20 (180-186) | ±8,84 |
| Peso | | | | | | |
| | 64,71 (40-85) | ±10,21 | 74,72 (54-95) | ±10,81 | 69,43 (40-95) | ±11,55 |
| IMC | | | | | | |
| | 25,72 (16,6-34,0) | ±3,87 | 25,12 (20,0-30,9) | ±2,63 | 25,44 (16,6-34,0) | ± 3,33 |
| Temperatura | | | | | | |
| | 36,19 | ±0,30 | 36,19 | ±0,50 | 36,19 (35,0-37,4) | ± 0,40 |

13.1. HALLAZGOS DEL ESTUDIO DE ONDAS F DE LOS NERVIOS MOTORES ENCONTRADOS EN LOS VOLUNTARIOS DEL ESTUDIO.

13.1.1 Hallazgos de las características de las ondas F encontrados en los participantes

Se estudiaron cuatro nervios de los miembros superiores como en los inferiores, los cuales fueron los nervios mediano, ulnar, peroneo y tibial. Se analizaron un total de 424 nervios; 106 nervios medianos, ulnares, peroneos y tibiales. Los valores normales del estudio de Ondas F en cuanto a latencia mínima,

latencia máxima, cronodispersión y persistencia, se exponen para cada uno de los nervios a continuación con sus promedios y desviación estándar.

Para el nervio Mediano se encontró una latencia mínima de 23,90 ms, con una SD $\pm 1,58$, respecto a la latencia máxima se evidenció una media de 25,86 ms con una SD $\pm 1,82$, en cuanto a la cronodispersión del nervio Mediano se encontró una media de 1,96 ms con una SD $\pm 0,92$ y una persistencia de 9,93 con una SD $\pm 0,24$.

Para el nervio Ulnar se encontró una latencia mínima de 24,08 ms, con una SD $\pm 1,94$, respecto a la latencia máxima se evidenció una media de 26,22 ms con una SD $\pm 2,03$, en cuanto a la cronodispersión del nervio Mediano se encontró una media de 2,13 ms con una SD $\pm 0,83$ y una persistencia de 9,95 con una SD $\pm 0,21$.

Para el nervio Peroneo se encontró una latencia mínima de 41,07 ms, con una DS $\pm 4,67$, respecto a la latencia máxima se evidenció una media de 45,29 ms con una SD $\pm 4,92$, en cuanto a la cronodispersión del nervio Mediano se encontró una media de 4,21 ms con una SD $\pm 1,66$ y una persistencia de 9,42 con una SD $\pm 0,82$.

Para el nervio Tibial se encontró una latencia mínima de 42,70 ms, con una SD $\pm 4,03$, respecto a la latencia máxima se evidenció una media de 46,09 ms con una SD $\pm 4,05$, en cuanto a la cronodispersión del nervio Mediano se encontró una media de 3,38 ms con una SD $\pm 1,42$ y una persistencia de 9,90 con una SD $\pm 0,35$.

Tabla 4. Resumen de valores de referencia en sujetos normales del estudio de Ondas F.

| Mediciones: 424 | Mediano Media±SD | Ulnar Media±SD | Peroneo Media±SD | Tibial Media±SD |
|----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| Latencia mínima (ms) | 23,90±1,58 | 24,08±1,94 | 41,07±4,67 | 42,70±4,03 |
| Latencia máxima (ms) | 25,86±1,82 | 26,22±2,03 | 45,29±4,92 | 46,09±4,05 |
| Cronodispersión (ms) | 1,96±0,92 | 2,13±0,83 | 4,21±1,66 | 3,38±1,42 |
| Persistencia | 9,93±0,24 | 9,95±0,21 | 9,42±0,82 | 9,90±0,35 |
| Total nervios | 106 | 106 | 106 | 106 |

13.1.2 COMPARACIÓN DE MEDICIONES SEGÚN LATERALIDAD

Nervio Mediano Motor:

Para el nervio mediano derecho se obtuvo una latencia mínima media de 24,01 ms, con una SD=1,699, con respecto al nervio mediano izquierdo se obtuvo una latencia mínima media de 23,80 ms, con una SD=1,480. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la latencia mínima de las ondas F de los nervios medianos ($p=0.4958$). En cuanto la latencia máxima media derecha fue de 25,97 ms, con una SD=1,850, con respecto a la latencia máxima media izquierda de 25,76 ms, con una SD=1,802. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la latencia máxima de las ondas F de los nervios medianos ($p=0.5412$).

La cronodispersión media derecha fue de 1,97 ms, con una SD=0,984, con respecto a la cronodispersión media izquierda de 1,95 ms, con una SD=0,860. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios medianos ($p= 0.9082$).

La persistencia media derecha fue de 9.94 ms, con una SD=0,233, con respecto a la persistencia media izquierda de 9.92 ms, con una SD=0,266. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la persistencia de las ondas F de los nervios medianos ($p= 0.6991$).

Se realizó la prueba t student para comparar lateralidad encontraron diferencias no significativas entre las latencias distales de la onda F de las extremidades superiores valorando el nervio mediano izquierdo y derecho dentro de los sujetos de estudio, utilizando la técnica de latencia más corta, latencia máxima, cronodispersión y persistencia, según la lateralidad en las mediciones realizadas.

Nervio Ulnar Motor:

Para el nervio ulnar derecho se obtuvo una latencia mínima media de 24,25 ms, con una SD= 1,805, con respecto al nervio ulnar izquierdo se obtuvo una latencia mínima media de 23,92 ms, con una SD= 2,085.

No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la latencia mínima de las ondas F de los nervios ulnares ($p= 0.3775$). En cuanto la latencia máxima media derecha fue de 26,30 ms, con una SD= 1,856, con respecto a la latencia máxima media izquierda de 26,14 ms, con una SD= 2,212. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la latencia máxima de las ondas F de los nervios ulnares ($p= 0.6855$).

La cronodispersión media derecha fue de 2,04 ms, con una SD= 0,826, con respecto a la cronodispersión media izquierda de 2,22 ms, con una SD= 0,842. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios ulnares ($p= 0.2837$). La persistencia media derecha fue de 9.92 ms, con una SD=0,266, con respecto a la persistencia media izquierda de 9.98 ms, con una SD=0,137. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la persistencia de las ondas F de los nervios ulnares ($p= 0.1725$).

Se realizó la prueba t student para comparar lateralidad encontraron diferencias no significativas entre las latencias distales de la onda F de las extremidades superiores valorando el nervio ulnar izquierdo y derecho dentro de los sujetos de estudio, utilizando la técnica de latencia más corta, latencia máxima, cronodispersión y persistencia, según la lateralidad en las mediciones realizadas.

Nervio Peroneo Motor:

Para el nervio peroneo derecho se obtuvo una latencia mínima media de 40,87 ms, con una SD= 4,823, con respecto al nervio peroneo izquierdo se obtuvo una latencia mínima media de 41,28 ms, con una SD= 4,556. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la latencia mínima de las ondas F de los nervios peroneos ($p= 0.6567$). En cuanto la latencia máxima media derecha fue de 45,26 ms, con una SD= 5,243, con respecto a la latencia máxima media izquierda de 45,32 ms, con una SD= 4,633. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la latencia máxima de las ondas F de los nervios peroneos ($p=0.9494$).

La cronodispersión media derecha fue de 4,39 ms, con una SD= 1,650, con respecto a la cronodispersión media izquierda de 4,04 ms, con una SD= 1,676. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios peroneos ($p=0.2865$). La persistencia media derecha fue de 9.43 ms, con una SD=0,796, con respecto a la persistencia media izquierda de 9.41 ms, con una SD=0,864. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la persistencia de las ondas F de los nervios peroneos ($p= 0.9072$).

Se realizó la prueba t student para comparar lateralidad encontraron diferencias no significativas entre las latencias distales de la onda F de las extremidades inferiores valorando el nervio peroneo izquierdo y derecho dentro de los sujetos de estudio, utilizando la técnica de latencia más corta, latencia máxima, cronodispersión y persistencia, según la lateralidad en las mediciones realizadas.

Nervio Tibial Motor:

Para el nervio tibial derecho se obtuvo una latencia mínima media de 42,57 ms, con una SD= 4,011, con respecto al nervio tibial izquierdo se obtuvo una latencia mínima media de 42,82 ms, con una SD= 4,087. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la latencia mínima de las ondas F de los nervios tibiales ($p=0.7589$). En cuanto la latencia máxima media derecha fue de

45,94 ms, con una SD= 4,210, con respecto a la latencia máxima media izquierda de 46,24 ms, con una SD= 3,935. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la latencia máxima de las ondas F de los nervios tibiales ($p=0.7101$).

La cronodispersión media derecha fue de 3,36 ms, con una SD= 1,359, con respecto a la cronodispersión media izquierda de 3,40 ms, con una SD= 1,507. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios tibiales ($p=0.8825$). La persistencia media derecha fue de 9.90 ms, con una SD=0,354, con respecto a la persistencia media izquierda de 9.90 ms, con una SD=0,354. No se obtuvo una significancia estadística al comparar la lateralidad de los valores de la persistencia de las ondas F de los nervios tibiales ($p=1.0000$).

Se realizó la prueba t student para comparar lateralidad encontraron diferencias no significativas entre las latencias distales de la onda F de las extremidades inferiores valorando el nervio tibial izquierdo y derecho dentro de los sujetos de estudio, utilizando la técnica de latencia más corta, latencia máxima, cronodispersión y persistencia, según la lateralidad en las mediciones realizadas.

13.1.3 COMPARACIÓN DE MEDICIONES SEGÚN SEXO

Nervio Mediano Motor:

Para el sexo femenino el nervio mediano obtuvo una latencia mínima media de 23,42 ms, con una SD=1,491, con respecto al sexo masculino se obtuvo una latencia mínima media de 24,43 ms, con una SD=1,537. Se realizó la prueba t student para comparar promedios obteniendo una significancia estadística al comparar el sexo según la latencia mínima de las ondas F de los nervios medianos ($p=0.0009$). En cuanto la latencia máxima media del nervio mediano para el sexo femenino fue de 25,43 ms, con una SD=1,753, con respecto a la latencia máxima media para el sexo masculino de 26,35 ms, con

una SD=1.790. Se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa al comparar el sexo para los valores de la latencia máxima de las ondas F de los nervios medianos ($p= 0.0090$).

La cronodispersión media para el sexo femenino fue de 2,01 ms, con una SD= 0,993, con respecto a la cronodispersión media para el sexo masculino de 1,91 ms, con una SD=0,838. No se obtuvo una significancia estadística al comparar el sexo de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios medianos ($p= 0.6012$). La persistencia media para el sexo femenino fue de 9.89 ms, con una SD=0,312, con respecto a la cronodispersión media para el sexo masculino de 9,98 ms, con una SD=0,141. No se obtuvo una significancia estadística al comparar el sexo de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios medianos ($p= 0.0725$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F valorando el nervio mediano según el sexo dentro de los sujetos de estudio, utilizando la prueba t student en las mediciones realizadas.

Nervio Ulnar Motor:

Para el sexo femenino el nervio ulnar obtuvo una latencia mínima media de 23,21 ms, con una SD=1,843, con respecto al sexo masculino se obtuvo una latencia mínima media de 25,07 ms, con una SD=1,567.

Se realizó la prueba t student para comparar promedios obteniendo una significancia estadística al comparar el sexo según la latencia mínima de las ondas F de los nervios ulnares ($p= 0.0000$). En cuanto la latencia máxima media del nervio ulnar para el sexo femenino fue de 25,33 ms, con una SD= 2,004, con respecto a la latencia máxima media para el sexo masculino de 27,21 ms, con una SD= 1,567. Se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa al comparar el sexo para los valores de la latencia máxima de las ondas F de los nervios ulnares ($p= 0.0000$).

La cronodispersión media para el sexo femenino fue de 2.12 ms, con una SD=0,897, con respecto a la cronodispersión media para el sexo masculino de 2,14 ms, con una SD=0,768. No se obtuvo una

significancia estadística al comparar el sexo de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios ulnares ($p= 0.9101$). La persistencia media para el sexo femenino fue de 9,94 ms, con una $SD=0,227$, con respecto a la cronodispersión media para el sexo masculino de 9,96 ms, con una $SD=0,197$. No se obtuvo una significancia estadística al comparar el sexo de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios ulnares ($p= 0.7450$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F valorando el nervio ulnar según el sexo dentro de los sujetos de estudio, utilizando la prueba t student en las mediciones realizadas.

Nervio Peroneo Motor:

Para el sexo femenino el nervio peroneo obtuvo una latencia mínima media de 39,66 ms, con una $SD=4,218$, con respecto al sexo masculino se obtuvo una latencia mínima media de 42,66 ms, con una $SD=4,686$. Se realizó la prueba t student para comparar promedios obteniendo una significancia estadística al comparar el sexo según la latencia mínima de las ondas F de los nervios peroneos ($p= 0.0007$). En cuanto la latencia máxima media del nervio peroneo para el sexo femenino fue de 44,11 ms, con una $SD=4,757$, con respecto a la latencia máxima media para el sexo masculino de 46,62 ms, con una $SD=4,813$. Se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa al comparar el sexo para los valores de la latencia máxima de las ondas F de los nervios peroneos ($p= 0.0082$).

La cronodispersión media para el sexo femenino fue de 4,45 ms, con una $SD=1,882$, con respecto a la cronodispersión media para el sexo masculino de 3,95 ms, con una $SD=1,351$. No se obtuvo una significancia estadística al comparar el sexo de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios peroneos ($p= 0.1258$). La persistencia media para el sexo femenino fue de 9,08 ms, con una $SD=0,879$, con respecto a la cronodispersión media para el sexo masculino de 9,8 ms, con una $SD=0,571$.

Se obtuvo una significancia estadística al comparar el sexo de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios peroneos ($p= 0.0000$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas y la persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio peroneo según el sexo dentro de los sujetos de estudio, utilizando la prueba t student en las mediciones realizadas.

Nervio Tibial Motor:

Para el sexo femenino el nervio tibial obtuvo una latencia mínima media de 41,85 ms, con una SD=3,882, con respecto al sexo masculino se obtuvo una latencia mínima media de 43,64 ms, con una SD=4,025.

Se realizó la prueba t student para comparar promedios obteniendo una significancia estadística al comparar el sexo según la latencia mínima de las ondas F de los nervios tibiales ($p= 0.0218$). En cuanto la latencia máxima media del nervio tibial para el sexo femenino fue de 45,42 ms, con una SD=3,753, con respecto a la latencia máxima media para el sexo masculino de 46,84 ms, con una SD=4,288. No se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa al comparar el sexo para los valores de la latencia máxima de las ondas F de los nervios tibiales ($p= 0.0717$).

La cronodispersión media para el sexo femenino fue de 3,68 ms, con una SD=1.736, con respecto a la cronodispersión media para el sexo masculino de 3,18 ms, con una SD=1,316. No se obtuvo una significancia estadística al comparar el sexo de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios tibiales ($p= 0.0992$). La persistencia media para el sexo femenino fue de 9,89 ms, con una SD=0,365, con respecto a la cronodispersión media para el sexo masculino de 9,92 ms, con una SD=0,340. No se obtuvo una significancia estadística al comparar el sexo de los valores de la cronodispersión de las ondas F de los nervios tibiales ($p= 0.6944$).

Se encontró diferencia significativa en las latencias distales mínimas del estudio de ondas F valorando el nervio tibial según el sexo dentro de los sujetos de estudio, utilizando la prueba t student en las

mediciones realizadas. Como dato reelevante en la valoración de este nervio no se encontró diferencia significativa en las latencias distales máximas del estudio de ondas F a diferencia de los demás nervios evaluados.

Tabla 5. Resumen de correlación de latencias y sexo en sujetos normales en el estudio de Ondas F.

| Mediciones: 424 | Mujeres | Hombres | P |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | Media±SD | Media±SD | |
| Nervio Mediano | | | |
| Latencia Mínima | 23,42 ±1,49 | 24,43±1,53 | 0.0009 |
| Latencia Máxima | 25,43 ±1,75 | 26,35 ±1.79 | 0.0090 |
| Nervio Ulnar | | | |
| Latencia Mínima | 23,21 ±1,84 | 25,07 ±1,56 | 0.0000 |
| Latencia Máxima | 25,33 ±2,00 | 27,21 ±1,56 | 0.0000 |
| Nervio Peroneo | | | |
| Latencia Mínima | 39,66 ±4,21 | 42,66 ±4,68 | 0.0007 |
| Latencia Máxima | 44,11 ±4,75 | 46,62 ±4,81 | 0.0082 |
| Persistencia | 9,08 ±0,87 | 9,8 ±0,57 | 0.0000 |
| Nervio Tibial | | | |
| Latencia Mínima | 41,85 ±3,88 | 43,64 ±4,02 | 0.0218 |
| Latencia Máxima | 45,42 ±3,75 | 46,84 ±4,28 | 0.0717 |

Tabla 6. Resumen de valores de referencia por sexo del estudio de Ondas F en sujetos normales.

| | Población total | | | Femenino | | | Masculino | | |
|----------------|-----------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| | n | Min (ms) | Max (ms) | n | Min (ms) | Max (ms) | n | Min (ms) | Max (ms) |
| Nervio Mediano | 106,0 | 23,90 ±1,58 | 25,86 ±1,82 | 56 | 23,42 ±1,49 | 25,43 ±1,75 | 50 | 24,43±1,53 | 26,35 ±1.79 |
| Nervio Ulnar | 106,0 | 24,08 ±1,94 | 26,22 ±2,03 | 56 | 23,21 ±1,84 | 25,33 ±2,00 | 50 | 25,07 ±1,56 | 27,21 ±1,56 |
| Nervio Peroneo | 106,0 | 41,07 ±4,67 | 45,29 ±4,92 | 56 | 39,66 ±4,21 | 44,11 ±4,75 | 50 | 42,66 ±4,68 | 46,62 ±4,81 |
| Nervio Tibial | 106,0 | 42,70 ±4,03 | 46,09 ±4,05 | 56 | 41,85 ±3,88 | 45,42 ±3,75 | 50 | 43,64 ±4,02 | 46,84 ±4,28 |

n = número de sujetos, min = Latencia mínima, max = Latencia máxima, ms = milisegundos

Figura 9. Latencias de onda F mínima, máxima y cronodispersión por sexo para cada uno de los nervios estudiados.

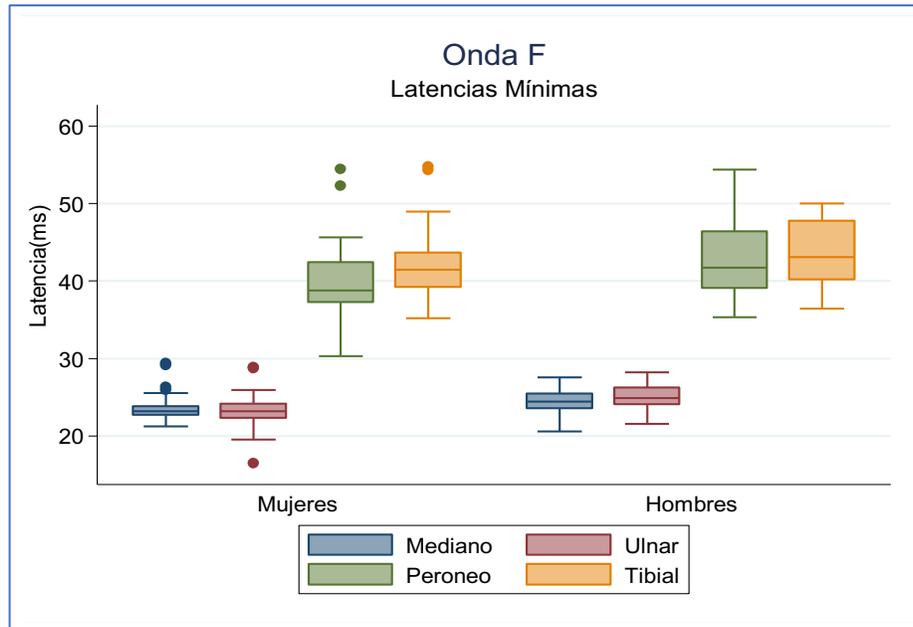


Figura 9.1. Latencias mínimas de onda F por sexo para los nervios mediano, ulnar, tibial y peroneo.

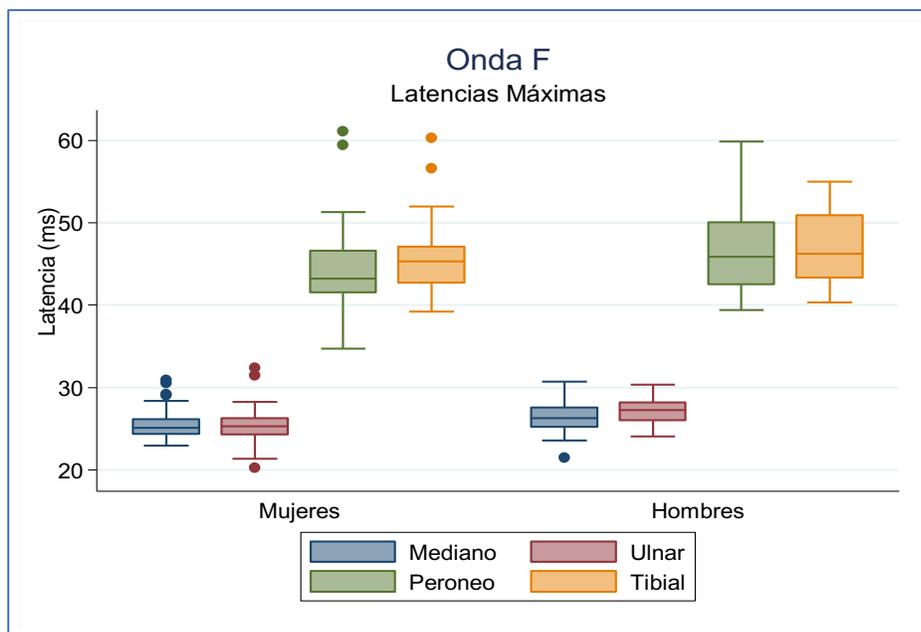


Figura 9.2. Latencias máximas de onda F por sexo para los nervios mediano, ulnar, tibial y peroneo.

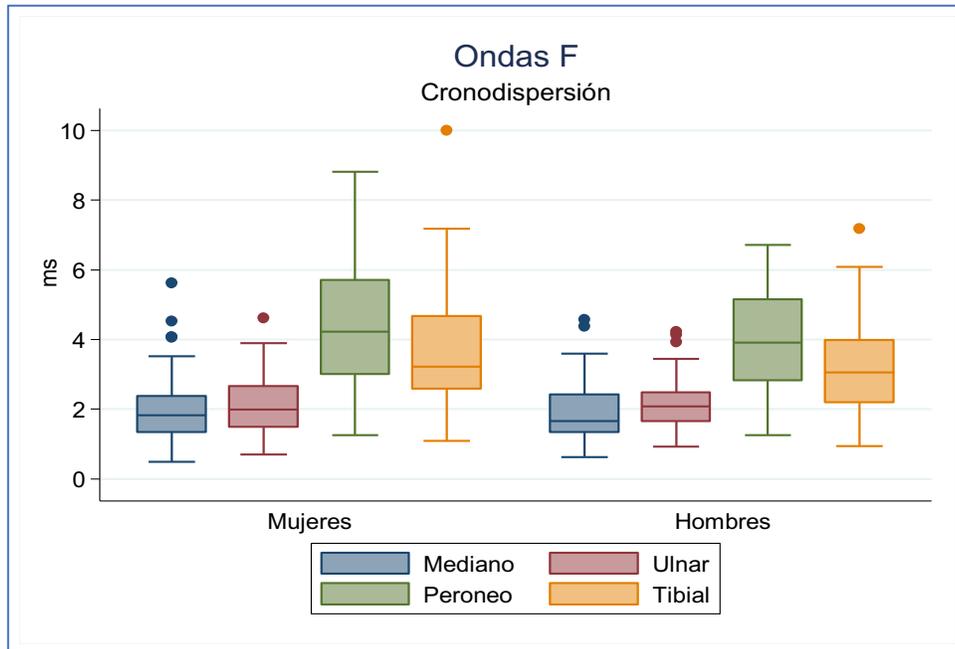


Figura 9.3. Cronodispersión de onda F por sexo para los nervios mediano, ulnar, tibial y peroneo.

Gráfica 9.1, 9.2 y 9.3. Diagramas de caja de las latencias de onda F mínima, máxima y cronodispersión en mujeres y hombres para cada uno de los nervios estudiados. La línea superior e inferior de la caja representa los cuartiles 1 y 3 del rango de los valores mínimos y máximos de las latencias (ms) por cada nervio, la línea del medio es el valor medio (mediana) y los bigotes representan los límites superiores e inferiores de la caja.

13.1.4 COMPARACIÓN DE MEDICIONES SEGÚN LOS GRUPOS ETARIOS

Para este análisis se categorizó la edad en 4 grupos: Menores de 28 años, de 29 a 37 años, de 38 a 46 años y mayores de 47 años. Se utilizó el método estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar medianas de los 4 grupos etarios.

Nervio Mediano Motor:

Para el nervio mediano la latencia mínima media del estudio de ondas F obtuvo un resultado el cual no presentó significancia estadística al comparar los grupos etarios ($p= 0.2377$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio mediano al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F no se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.4394$). La cronodispersión media al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios medianos ($p= 0.7716$). La persistencia media al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios medianos ($p= 0.3963$).

No se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas, cronodispersión y persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio mediano según los grupos etarios dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Ulnar Motor:

Para el nervio ulnar la latencia mínima media del estudio de ondas F obtuvo un resultado el cual no presentó significancia estadística al comparar los grupos etarios ($p= 0.4968$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio ulnar al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F no se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.5906$). La cronodispersión media al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios ulnares ($p= 0.6940$). La persistencia media al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios ulnares ($p= 0.1892$).

No se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas, cronodispersión y persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio ulnar según los grupos etarios dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Peroneo Motor:

Para el nervio peroneo la latencia mínima media del estudio de ondas F obtuvo un resultado el cual no presentó significancia estadística al comparar los grupos etarios ($p= 0.2770$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio peroneo al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F no se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.2919$). La cronodispersión media al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios peroneos ($p= 0.4486$). La persistencia media al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios peroneos ($p= 0.7722$).

No se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas, cronodispersión y persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio peroneo según los grupos etarios dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Tibial Motor:

Para el nervio tibial la latencia mínima media del estudio de ondas F obtuvo un resultado el cual no presentó significancia estadística al comparar los grupos etarios ($p= 0.5750$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio tibial al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F no se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.5838$). La cronodispersión media al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios tibiales ($p= 0.9437$). La persistencia media al comparar los grupos etarios del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios tibiales ($p= 0.7232$).

No se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas, cronodispersión y persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio tibial según los grupos etarios dentro de los sujetos de estudio.

13.1.5 COMPARACIÓN DE MEDICIONES SEGÚN LA TALLA

Para este análisis se categorizó la talla en 3 grupos: Menores de 159 cm, de 160 a 179 cm y mayores de 180 cm. Se utilizó el método estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar medianas de los 3 grupos.

Nervio Mediano Motor:

Para el nervio mediano se obtuvo según la latencia mínima media del estudio de ondas F una probabilidad estadísticamente significativa al comparar los grupos por talla ($p= 0.0001$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio mediano al comparar los grupos según talla del estudio de ondas F se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.0001$). La cronodispersión media al comparar los grupos según talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios medianos ($p= 0.2540$). La persistencia media al comparar los grupos por talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios medianos ($p= 0.4683$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F valorando el nervio mediano según los grupos por talla dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Ulnar Motor:

Para el nervio ulnar se obtuvo según la latencia mínima media del estudio de ondas F una probabilidad estadísticamente significativa al comparar los grupos por talla ($p= 0.0001$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio ulnar al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.0001$).

La cronodispersión media al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios ulnares ($p= 0.2097$). La persistencia media al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios ulnares ($p= 0.7011$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F valorando el nervio ulnar según los grupos por talla dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Peroneo Motor:

Para el nervio peroneo se obtuvo según la latencia mínima media del estudio de ondas F una probabilidad estadísticamente significativa al comparar los grupos según la talla ($p= 0.0001$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio peroneo al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.0001$).

La cronodispersión media al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios peroneos ($p= 0.9604$). La persistencia media al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F, se obtuvo una significancia estadística de los nervios peroneos ($p= 0.0015$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas y persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio peroneo según los grupos por talla dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Tibial Motor:

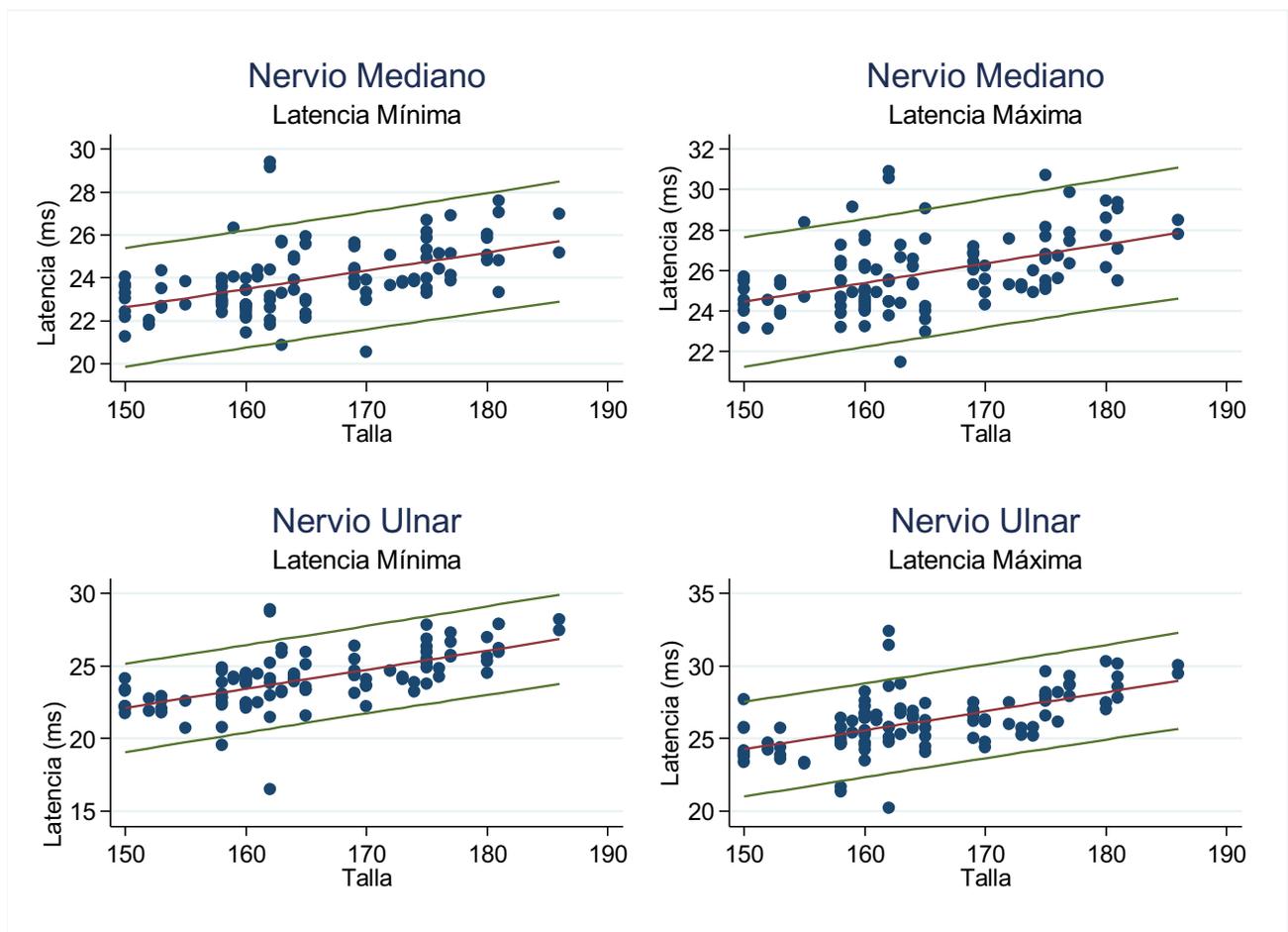
Para el nervio tibial se obtuvo según la latencia mínima media del estudio de ondas F una probabilidad estadísticamente significativa al comparar los grupos según la talla ($p= 0.0001$). En cuanto a la latencia

máxima media del nervio tibial al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.0001$).

La cronodispersión media al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios tibiales ($p= 0.1560$). La persistencia media al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios tibiales ($p= 0.9582$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F valorando el nervio tibial según los grupos por talla dentro de los sujetos de estudio.

Figura 10. Nomograma de latencias mínima y máxima de Ondas F en correlación con la estatura. (A)



(B)

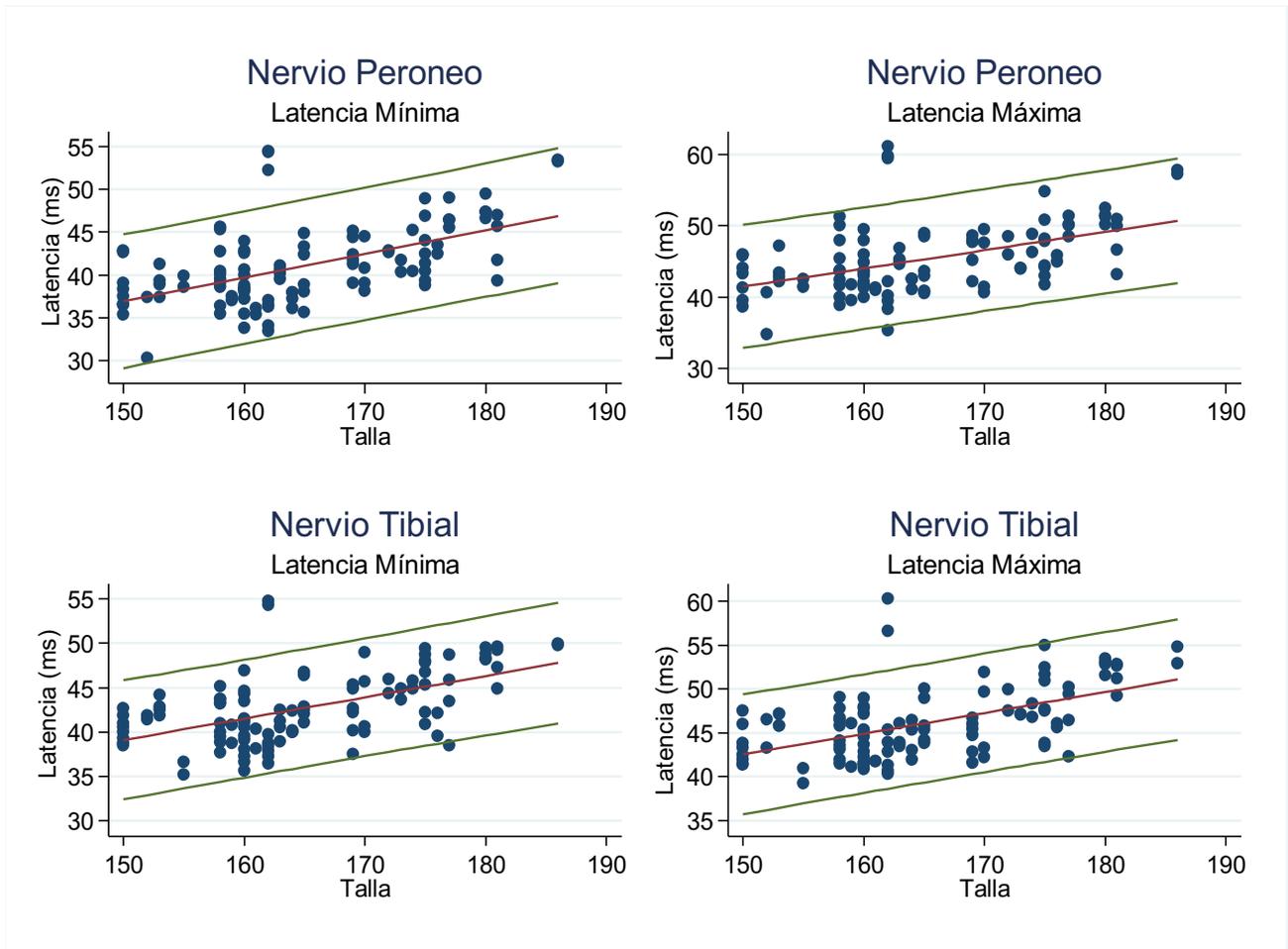


Figura 10. (A) Nomogramas que muestran una correlación lineal entre las latencias de la onda F y la estatura de los nervios mediano y ulnar. Las líneas continuas indican la media \pm 2 desviaciones estándar (SD). (B) Nomogramas que muestran una correlación lineal entre las latencias de la onda F y la estatura de los nervios tibial y peroneo. Las líneas continuas indican la media \pm 2 desviaciones estándar (SD).

Las latencias de onda F mínima y máxima mostraron una correlación lineal con la talla ($p < 0.05$) en todos los nervios evaluados. La relación lineal se ilustra en los nomogramas, que indican las líneas de regresión de las latencias de la onda F para los nervios mediano, ulnar, tibial y peroneo.

Tabla 7. Resumen de correlación de latencias y talla en sujetos normales en estudio de Ondas F.

| Mediciones: 424 | < 159 cm Media±SD | 160 a 179 cm Media±SD | > 180 cm Media±SD | P |
|-----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------|
| Nervio Mediano | | | | |
| Latencia Mínima | 23,88±1,50 | 23,90±1,58 | 24,06±1,59 | 0.0001 |
| Latencia Máxima | 25,84±1,76 | 25,86±1,82 | 26,04±1,87 | 0.0001 |
| Nervio Ulnar | | | | |
| Latencia Mínima | 24,04±1,95 | 24,08±1,94 | 24,33±2,12 | 0.0001 |
| Latencia Máxima | 26,18±2,06 | 26,22±2,03 | 26,48±2,21 | 0.0001 |
| Nervio Peroneo | | | | |
| Latencia Mínima | 41,01±4,59 | 41,07±4,67 | 41,78±4,92 | 0.0001 |
| Latencia Máxima | 45,15±4,82 | 45,29±4,92 | 45,83±5,16 | 0.0001 |
| Nervio Tibial | | | | |
| Latencia Mínima | 42,61±3,72 | 42,70±4,03 | 43,10±4,01 | 0.0001 |
| Latencia Máxima | 45,99±3,60 | 46,09±4,05 | 46,39±4,02 | 0.0001 |

Tabla 8. Resumen de valores de referencia en sujetos normales según la talla del estudio Ondas F.

| Talla | < 159 cm *n=14 | | 160 a 179 cm n=34 | | > 180 cm n=5 | |
|-----------------------|-------------------|------------|----------------------|------------|-----------------|------------|
| | *Min | *Max | Min | Max | Min | Max |
| Latencia ms Nervio | | | | | | |
| Nervio Mediano | 23,88±1,50 | 25,84±1,76 | 23,90±1,58 | 25,86±1,82 | 24,06±1,59 | 26,04±1,87 |
| Nervio Ulnar | 24,04±1,95 | 26,18±2,06 | 24,08±1,94 | 26,22±2,03 | 24,33±2,12 | 26,48±2,21 |
| Nervio Peroneo | 41,01±4,59 | 45,15±4,82 | 41,07±4,67 | 45,29±4,92 | 41,78±4,92 | 45,83±5,16 |
| Nervio Tibial | 42,61±3,72 | 45,99±3,60 | 42,70±4,03 | 46,09±4,05 | 43,10±4,01 | 46,39±4,02 |

n = número de sujetos, min = Latencia mínima, max = Latencia máxima, ms = milisegundos

13.1.6 COMPARACIÓN DE MEDICIONES SEGÚN EL ÍNDICE DE MASA CORPORAL

Para este análisis se categorizó el IMC en 3 grupos según la clasificación por la OMS del índice de masa corporal (kg/m²) de la siguiente forma: Menores de 25 kg/m², de 25 a 29,9 kg/m² y mayores de 30 kg/m². Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar medianas de los 3 grupos.

Nervio Mediano Motor:

Para el nervio mediano se obtuvo según la latencia mínima media del estudio de ondas F una probabilidad estadísticamente no significativa al comparar los grupos por IMC ($p= 0.6323$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio mediano al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F no se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.2116$).

La cronodispersión media al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios medianos ($p= 0.1939$). La persistencia media al comparar los grupos por IMC del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios medianos ($p= 0.6248$).

No se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas, cronodispersión y persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio mediano según los grupos por IMC dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Ulnar Motor:

Para el nervio ulnar se obtuvo según la latencia mínima media del estudio de ondas F una probabilidad estadísticamente significativa al comparar los grupos por IMC ($p= 0.0393$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio ulnar al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F no se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.1976$).

La cronodispersión media al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios ulnares ($p= 0.7066$). La persistencia media al comparar los grupos según la talla del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios ulnares ($p= 0.0004$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y la persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio ulnar según los grupos por IMC dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Peroneo Motor:

Para el nervio peroneo se obtuvo según la latencia mínima media del estudio de ondas F una probabilidad estadísticamente no significativa al comparar los grupos según el IMC ($p= 0.0997$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio peroneo al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F no se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.2264$).

La cronodispersión media al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios peroneos ($p= 0.3023$). La persistencia media al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios peroneos ($p= 0.3498$).

No se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales máximas del estudio de ondas F valorando el nervio peroneo según los grupos por IMC dentro de los sujetos de estudio.

Nervio Tibial Motor:

Para el nervio tibial se obtuvo según la latencia mínima media del estudio de ondas F una probabilidad estadísticamente no significativa al comparar los grupos según el IMC ($p= 0.1234$). En cuanto a la latencia máxima media del nervio tibial al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F se obtuvo una significancia estadística ($p= 0.0319$).

La cronodispersión media al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F, no se obtuvo una significancia estadística de los nervios tibiales ($p= 0.3425$). La persistencia media al comparar los grupos según el IMC del estudio de ondas F, se obtuvo una significancia estadística de los nervios tibiales ($p= 0.0253$).

Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales máximas y persistencia del estudio de ondas F valorando el nervio tibial según los grupos por el IMC dentro de los sujetos de estudio.

Tabla 9. Resumen de valores de referencia en sujetos normales según el IMC del estudio Ondas F.

| Mediciones: 424 N total: 53 | < 25 kg/m ² N:24 | 25 a 29,9 kg/m ² N:24 | > 30 kg/m ² N:5 | P |
|--------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|---------------|
| | Media±SD | Media±SD | Media±SD | |
| Nervio Mediano | | | | |
| Latencia Mínima | 23,90±1,58 | 23,91±1,60 | 23,93±1,49 | 0.6323 |
| Latencia Máxima | 25,86±1,82 | 25,88±1,83 | 25,91±1,78 | 0.2116 |
| Cronodispersión | 1,967±0,92 | 1,966±0,92 | 1,977±0,96 | 0.1939 |
| Persistencia | 9,933±0,24 | 9,942±0,23 | 9,948±0,23 | 0.6248 |
| Nervio Ulnar | | | | |
| Latencia Mínima | 24,08±1,94 | 24,08±1,97 | 24,09±1,97 | 0.0393 |
| Latencia Máxima | 26,22±2,03 | 26,22±2,05 | 26,25±2,00 | 0.1976 |
| Cronodispersión | 2,132±0,83 | 2,140±0,81 | 2,158±0,81 | 0.7066 |
| Persistencia | 9,952±0,21 | 9,952±0,21 | 9,948±0,23 | 0.0004 |
| Nervio Peroneo | | | | |
| Latencia Mínima | 41,07±4,67 | 41,08±4,71 | 41,07±4,69 | 0.0997 |
| Latencia Máxima | 45,29±4,92 | 45,31±4,97 | 45,23±4,81 | 0.2264 |
| Cronodispersión | 4,219±1,66 | 4,230±1,68 | 4,155±1,59 | 0.3023 |
| Persistencia | 9,424±0,82 | 9,928±0,83 | 9,443±0,85 | 0.3498 |
| Nervio Tibial | | | | |
| Latencia Mínima | 42,70±4,03 | 42,74±4,01 | 42,71±3,84 | 0.1234 |
| Latencia Máxima | 46,09±4,05 | 46,14±4,05 | 46,03±3,78 | 0.0319 |
| Cronodispersión | 3,387±1,42 | 3,392±1,44 | 3,316±1,41 | 0.3425 |
| Persistencia | 9,905±0,35 | 9,904±0,35 | 9,896±0,36 | 0.0253 |

14. Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo analizar los parámetros de las Ondas F en sujetos adultos sanos donde se estudiaron los nervios mediano, cubital, peroneo y tibial bilateralmente teniendo en cuenta las características de las latencias mínimas, máximas, cronodispersión y persistencia, para crear una base de datos de valores de referencia de sujetos adultos sanos para nuestro laboratorio de electrodiagnóstico. Se analizaron datos demográficos como la edad, sexo, lateralidad, talla e IMC y se calcularon por cada nervio examinado. En resumen, establecimos datos normativos de las medidas de latencias, cronodispersión y persistencia de las ondas F en una población de Colombia.

Se analizaron los diferentes nervios de las extremidades superiores e inferiores de los participantes de la investigación que cumplieron con los criterios de inclusión encontrando el siguiente resultado:

El límite superior en el adulto normal en nuestra población en estudio, para la latencia mínima de la Onda F fue de 24 ms para los miembros superiores. En las extremidades inferiores los valores reportados fueron de 42 ms. Las latencias medias mínimas de la onda F tienden a ser de 22 a 26 ms en las extremidades superiores y de 36 a 46 ms en las extremidades inferiores. Estos promedios dependen a su vez de la estatura. Los hallazgos actuales confirman una disminución de las latencias de la Onda F dependiente de la longitud entre las extremidades superiores e inferiores, además observándose una diferencia notable entre los valores de referencia de mano y pie al compararlos con la literatura internacional.

Según la lateralidad en las mediciones realizadas, no se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales de la onda F de las extremidades superiores e inferiores comparando de lado a lado en los nervios mediano, ulnar, peroneo y tibial, utilizando la técnica de latencia más corta, latencia máxima, cronodispersión y persistencia dentro de los sujetos del estudio. Además se evaluó en la población a

estudio la edad, esta se categorizó por grupos etarios encontrándose diferencias no significativas del estudio de ondas F valorando los nervios mediano, ulnar, peroneo y tibial. Por lo tanto se concluyó que la edad no influyó en la medida de los parámetros de las Ondas F.

En cuanto al análisis de resultados por sexo dentro de los sujetos, se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F valorando los nervios mediano, ulnar, peroneo y tibial y adicionalmente la persistencia para el nervio peroneo, utilizando la prueba t student en las mediciones realizadas. Se consideró que la diferencia de género en los parámetros de estudio de Ondas F se podría deber a la diferencia de estatura, ya que se documentó una media de talla mayor en hombres con un promedio de 172 cms en comparación con el promedio de talla mujeres de 158 cms, resultando una diferencia de 14 cms.

Posteriormente se dividió la talla en 3 categorías: menores de 159 cm, de 160 a 179 cm y mayores de 180 cm. Se utilizó el método estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar las medianas de los grupos. Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas y máximas del estudio de ondas F según los grupos por talla. Por lo tanto se evidenció que las latencias de onda F mínima y máxima mostraron una correlación con la altura ($p < 0.05$), pero no con la edad ($p > 0.05$) en todos los nervios evaluados. Confirmando de esta forma, que a medida que aumenta la estatura de la persona como resultado las latencias van a ser más prolongadas. Dicho de otra forma en la población de estatura baja, la distancia del estímulo es menor en relación a la longitud del recorrido por el nervio periférico, luego al existir menos distancia, se presenta una disminución en el tiempo de conducción, dando lugar a resultados inferiores de valores de conducción nerviosa en milisegundos. Adicionalmente no se encontraron diferencias significativas en cuanto a los parámetros de cronodispersión y persistencia en la mayoría de los nervios, concluyendo que estas medidas no se modifican según los grupos de talla.

Teniendo en cuenta que la persistencia de la onda F, es una medida utilizada para evaluar la excitabilidad de las motoneuronas, esta varió entre los diferentes nervios, la más alta para el nervio ulnar y la más baja para el peroneo, con el nervio tibial y mediano en el medio en este orden, se considera por tal razón un hallazgo no concluyente en los resultados del análisis de esta variable y según la revisión del estado del arte se encuentra en concordancia con la literatura resultando ser una medida poco confiable y reproducible. La relación lineal se ilustra en los nomogramas, que indican las líneas de regresión de las latencias de la onda F para todos los nervios (Fig 2.A-B). Este estudio proporciona una necesidad pertinente para el uso de un nomograma de latencias de Ondas F según talla, resaltando la importancia de proponer datos específicos para cada país. (Tabla 5-6).

Para el análisis de Índice de masa corporal (kg/m^2) se categorizó en 3 grupos según la clasificación de la OMS de la siguiente forma: menores de $25 \text{ kg}/\text{m}^2$, de 25 a $29,9 \text{ kg}/\text{m}^2$ y mayores de $30 \text{ kg}/\text{m}^2$. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas de los grupos. Se encontraron diferencias significativas entre las latencias distales mínimas, máximas y en la persistencia del estudio de ondas F valorando los nervios ulnar y tibial, pero no de los nervios mediano y peroneo. En lineamiento con la literatura universal que determina que el IMC no está asociado con la definición y resultados de las latencias de onda F, no se realizó determinación de los valores de referencia de los parámetros de las ondas F según el peso y el IMC.

Se encontró que la latencia mínima, latencia máxima, cronodispersión y la persistencia eran compatibles con la literatura. Como sugerencia adicional de aplicabilidad de esta investigación y base de datos resultante, se plantea esta investigación como un estudio piloto en la población colombiana para realizar otras investigaciones, con el objetivo de comparar los análisis estadísticos obtenidos con los resultados de las publicaciones de poblaciones extranjeras, y así determinar si existen diferencias significativas de interlatencias medias según el tipo de población.

15. Conclusiones:

Los resultados del estudio de Ondas F en la población analizada mostraron una correlación con la literatura y referencia internacional, los autores no encontraron estudios similares que hayan sido realizados en Colombia, motivo por el cual se propone esta investigación como estudio piloto para desarrollar en el futuro análisis avanzados, dada la necesidad de crear valores de referencia extrapolados a nivel nacional y adicionalmente realizar comparaciones con bibliografía extranjera para evaluar la diferencias significativas según los datos antropométricos de cada población.

Como hallazgo relevante del estudio, los parámetros de las ondas F de latencia más corta, latencia máxima, cronodispersión y persistencia en las extremidades superiores e inferiores valorando los nervios mediano, ulnar, peroneo y tibial en los participantes, se encontró una diferencia estadísticamente significativa para la talla y según el sexo, pero no para la lateralidad, los grupos etarios y el índice de masa corporal. Las latencias de onda F mínima y máxima mostraron una correlación con la estatura y el género. Este estudio proporciona una necesidad pertinente para el uso de un nomograma de latencia según talla y sexo, resaltando la importancia de proponer datos específicos. A mayor edad no se encontró variación en las latencias y velocidades de conducción en los nervios motores teniendo en cuenta que la edad máxima de los voluntarios fue hasta 57 años, motivo por el cual se sugiere realizar estudios futuros analizando la población mayor de 60 años.

Los resultados de este análisis de datos se pueden aproximar al grupo de población de estudio y pacientes de la IPS Rangel con el fin de lograr un aumento de precisión diagnóstica para la población colombiana, y a su vez podría brindar un mejor pronóstico y tratamiento oportuno de las patologías neuromusculares. Finalmente el estudio construyó los valores de referencia clínicamente útiles para los parámetros de la onda F en sujetos sanos de 18 a 60 años de edad para los nervios motores principales que se estudian comúnmente.

16. Referencias

1. Sathya GR, Krishnamurthy N, Veliath S, Arulneyam J, Venkatachalam J. F wave index: A diagnostic tool for peripheral neuropathy. *Indian J Med Res* [Internet]. 2017 Mar;145(3):353–7. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28749398>
2. Fisher MA. F-waves - Physiology and clinical uses. *ScientificWorldJournal*. 2007;7:144–60.
3. Fox JE, Hitchcock ER. F wave size as a monitor of motor neuron excitability: The effect of deafferentation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1987;50(4):453–9.
4. Thorne J. Central peripheral supplying intrinsic. *Response*. 1965;28:482–95.
5. Wulff CH, Gilliatt RW. F waves in patients with hand wasting caused by a cervical rib and band. *Muscle Nerve*. 1979;2(6):452–7.
6. Trontelj J V. A study of the H reflex by single fibre EMG. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1973;36(6):951–9.
7. Fraser JL, Olney RK. The relative diagnostic sensitivity of different F-wave parameters in various polyneuropathies. *Muscle Nerve*. 1992;15(8):912–8.
8. Mahmoudi H, Salehi Z, Azma K, Rezasoltani Z, Omidzohour M. F wave to height or limb length ratios as rational alternatives for F wave latency in clinical electrodiagnostic medicine. *Clin Neurophysiol* [Internet]. 2011;122(11):2300–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2011.03.031>
9. Fisher MA. H reflexes and F waves fundamentals, normal and abnormal patterns. *Neurol Clin*. 1992;20(2):339–60.
10. Parmar LD, Singh A, Parmar LD, The AS, Of S, In F-W, et al. The Study Of F- Waves In Normal Healthy Individuals. 2013;16(1):1–8.
11. A century of trends in adult human height. *Elife*. 2016;5:1–29.
12. Hernández Rodríguez M. Maduración ósea y predicción de talla. *Rol Pediatr* [Internet]. 1991;32:265–72. Available from: https://www.sccalp.org/documents/0000/1359/BolPediatr1991_32_265-272.pdf
13. MAGLADERY JW, TEASDALL RD, PARK AM, PORTER WE. Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. V. Excitation and inhibition of two-neurone reflexes by afferent impulses in the same trunk. *Bull Johns Hopkins Hosp* [Internet]. 1951 Jun;88(6):520—537. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/14839349>
14. Dayamis, Gan M, Luis J, Roig G, Lydia D, Allend B, et al. EN PACIENTES CON SINDROME DE GUILLAIN-BARRÉ.
15. Oshima Y, Mitsui T, Yoshino H, Endo I, Kunishige M, Asano A, et al. Central motor conduction in patients with anti-ganglioside antibody associated neuropathy syndromes and hyperreflexia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2002;73(5):568–73.
16. Baba M, Ozaki I. Electrophysiological changes in diabetic neuropathy: From subclinical alterations to disabling abnormalities. *Arch Physiol Biochem*. 2001;109(3 SPEC ISS.):234–40.
17. Jimena AL, Loreto VB. Estudio electrodiagnóstico en síndrome de Guillain Barré en adultos. *Rev Chil Neuropsiquiatr*. 2016;54(2):123–32.
18. D FS. Utilidad de las ondas F en el diagnóstico de radiculopatía Utility of F-waves in the radiculopathy diagnosis. 2009;(2):69–76.
19. KiMIKO OHGAKI M, KOJI NAKANO M, HIROFUMI SHIGETA M, YOSHIIH1RO KITAGAWA M, NAOTO NAKAMURA M, KAZUHIDE IWAMOTO M, et al. Ratio of Motor Nerve Conduction. *Pathophysiology/Complications*. 1998;21(4).
20. Hasegawa O, Matsumoto S, Gondo G, Arita T, Iwasawa H. Nerve conduction velocity of repeater F-waves is identical to that of M-waves. *No To Shinkei* [Internet]. 2001 Dec;53(12):1111–3.

Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11806117>

21. Camacho A, Esteban J, Paradas C. INFORME DE IMPACTO SOCIAL DE LA ELA Y LAS ENFERMEDADES NEUROMUSCULARES. *Fund Española enfermedades Neurol.* 2014;33:1–39.
22. Fisher MA. The contemporary role of F-wave studies: F-wave studies: Clinical utility. *Muscle Nerve.* 1998;21(8):1098–101.
23. Kiers L, Clouston P, Zuniga G, Cros D. Quantitative studies of F responses in Guillain-Barré syndrome and chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Evoked Potentials.* 1994;93(4):255–64.
24. Jun Kimura M, John F. Butzer M. F-Wave Conduction Velocity in Syndrome Guillain-Barr. *Natl Inst Neurol Dis Stroke.* 1975;32.
25. D'Amour ML, Shahani BT, Young RR, Bird KT. The importance of studying sural nerve conduction and late responses in the evaluation of alcoholic subjects. *Neurology [Internet].* 1979 Dec;29(12):1600–4. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/574223>
26. Lachman T, Shahani BT, Young RR. Late responses as aids to diagnosis in peripheral neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1980;43(2):156–62.
27. Ackil AA, Shahani BT, Young RR, Rubin NE. Late Response and Sural Conduction Studies: Usefulness in Patients With Chronic Renal Failure. *Arch Neurol [Internet].* 1981 Aug 1;38(8):482–5. Available from: <https://doi.org/10.1001/archneur.1981.00510080044004>
28. Walsh JC, Yiannikas C, McLeod JG. Abnormalities of proximal conduction in acute idiopathic polyneuritis: Comparison of short latency evoked potentials and F-waves. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1984;47(2):197–200.
29. Mesrati F, Vecchierini MF. F-waves: Neurophysiology and clinical value. *Neurophysiol Clin.* 2004;34(5):217–43.
30. Wang FC, Massart N, Kaux JF, Bouquiaux O. F-waves. *Rev Neurol (Paris).* 2011;167(12):938–44.
31. Toyokura M. F-wave-duration in diabetic polyneuropathy. *Muscle Nerve [Internet].* 1998 Feb;21(2):246–9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9466603>
32. Petajan JH. F-waves in neurogenic atrophy. *Muscle Nerve.* 1985;8(8):690–6.
33. Panayiotopoulos CP, Chroni E. F-waves in clinical neurophysiology: A review, methodological issues and overall value in peripheral neuropathies. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol - Electromyogr Mot Control.* 1996;101(5):365–74.
34. Kimura J, Bosch P, Lindsay GM. F-wave conduction velocity in the central segment of the peroneal and tibial nerves. *Arch Phys Med Rehabil [Internet].* 1975 Nov;56(11):492–7. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1200820>
35. Weber F. The diagnostic sensitivity of different F wave parameters. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1998;65(4):535–40.
36. Pan H, Lin J, Chen N, Jian F, Zhang Z, Ding Z, et al. Normative data of F-wave measures in China. *Clin Neurophysiol [Internet].* 2013;124(1):183–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2012.06.001>
37. Puksa L, Edebol Eeg-Olofsson K, Stålberg E, Falck B. Reference values for F wave parameters in healthy 3-20 year old subjects. *Clin Neurophysiol [Internet].* 2011;122(1):199–204. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2010.06.009>
38. Pinheiro DS, Manzano GM, Nóbrega JAM. Reproducibility in nerve conduction studies and F-wave analysis. *Clin Neurophysiol.* 2008;119(9):2070–3.
39. Fisher MA, Zhu JQ, Uddin MK, Grindstaff P. Submaximal stimulation and F-wave parameters. *J Clin Neurophysiol.* 2008;25(5):299–303.

40. Guiloff RJ. Late responses (F- and A-waves): Methodology and techniques [Internet]. Vol. 7, Handbook of Clinical Neurophysiology. Elsevier B.V.; 2006. 189–235 p. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1567-4231\(09\)70070-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1567-4231(09)70070-X)
41. PAUL HOFFMANN. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE EIGENREFLEXE. Vol. 53, Journal of Chemical Information and Modeling. 2013. 1689–1699 p.
42. Renshaw B. Influence of Discharge of Motoneurons Upon Excitation of Neighboring Motoneurons. *J Neurophysiol*. 1941;4(2):167–83.
43. Gassel MM, Wiesendanger M. Recurrent and Reflex Discharges in Plantar Muscles of the Cat. *Acta Physiol Scand*. 1965;65(1–2):138–42.
44. McLeod JG, Wray SH. An experimental study of the F wave in the baboon. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1966;29(3):196–200.
45. Mayer RF, Feldman RG. Observations on the nature of the F wave in man. *Neurology* [Internet]. 1967 Feb 1;17(2):147 LP – 147. Available from: <http://n.neurology.org/content/17/2/147.abstract>
46. Macleod WN. Repeater F waves : 1987;82(May).
47. Cornwall MW, Nelson C. Median nerve F-wave conduction in healthy subjects. *Phys Ther*. 1984;64(11):1679–83.
48. Miglietta OE. The F Response after Transverse Myelotomy. *Hum Reflexes, Pathophysiol Mot Syst Methodol Hum Reflexes*. 2015;3:323–7.
49. Uluda B, Ata C. F Wave Parameters and F-Jitter. *J Neurol Sci Turk* [Internet]. 2006;23(1):008–13. Available from: <http://jns.dergisi.org/text.php3?id=71>
50. Jasper R, Daube M, Devon I, Rubin M. CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY. Third Edit. Sid Gilman, MD F, Michigan WJHDUP of NU of, editors. Vol. 53, Journal of Chemical Information and Modeling. 2019. 1689–1699 p.
51. Chroni E, Tendero IS, Punga AR, Stålberg E. Usefulness of assessing repeater F-waves in routine studies. *Muscle and Nerve*. 2012;45(4):477–85.
52. Chroni E, Veltsista D, Papapoulou C, Trachani E. Generation of Repeater F Waves in Healthy Subjects. *J Clin Neurophysiol*. 2017;34(3):236–42.
53. Bischoff C. Neurography: Late responses. *Muscle Nerve*. 2002;999(S11):S59–65.
54. Yates SK, Brown WF. Characteristics of the F response: A single motor unit study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1979;42(2):161–70.
55. Andersen H, Stålberg E, Falck B. F-wave latency, the most sensitive nerve conduction parameter in patients with diabetes mellitus. *Muscle and Nerve*. 1997;20(10):1296–302.
56. Guiloff RJ, Modarres-sadeghi H. Preferential generation of recurrent responses by groups of motor neurons in man: Conventional and single unit f wave studies. *Brain*. 1991;114(4):1771–801.
57. MORRIS A. FISHER. AAEM MINIMONOGRAPH #13: H reflexes and F waves: Physiology and clinical indications. *Muscle Nerve*. 1992;15(11):1222–33.
58. Eisena A, Fisher M. The F wave. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1999;52:255–7.
59. KIMURA JUN. F-wave velocity in the central segment of the median and ulnar nerves. *Neurology* [Internet]. 1974 Jun 1;24(6):539 LP – 539. Available from: <http://n.neurology.org/content/24/6/539.abstract>
60. Mohamed Kazamel MD, Andrea Boon M. AANEM 2018 Workshop Handout E-Bundle. *Amaz Annu Report*, 2018. 2018;
61. Young MS, Triggs WJ. Effect of stimulator orientation on F-wave persistence. *Muscle and Nerve*. 1998;21(10):1324–6.
62. NOBREGA JAM, NOVO GMMNF, MONTEAGUDO PT. SAMPLE SIZE AND THE STUDY OF F WAVES. *Eur Neurol*. 1999;42(2):116–7.
63. Jerath N, Kimura J. F wave, A wave, H reflex, and blink reflex [Internet]. 1st ed. Vol. 160,

- Handbook of Clinical Neurology. Elsevier B.V.; 2019. 225–239 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-64032-1.00015-1>
64. Clinchot D. EFFECT OF STIMULUS PARAMETERS ON CHARACTERISTICS OF THE F-RESPONSE IN NORMAL SUBJECTS.pdf.
 65. DiBenedetto M, Gale SD, Adarmes D, Schabacker M. F-wave acquisition using low-current stimulation. *Muscle and Nerve*. 2003;28(1):82–6.
 66. Eisen A, Odusote K. Amplitude of the F wave: A potential means of documenting spasticity. *Neurology*. 1979;29(9):1306–9.
 67. Kimura J, Yanagisawa H, Yamada T, Mitsudome A, Sasaki H, Kimura A. Is the F wave elicited in a select group of motoneurons? *Muscle Nerve*. 1984;7(5):392–9.
 68. Fisher MA, Hoffen B, Hultman C. Normative F Wave Values and. *Muscle Nerve*. 1994;17(October):1185–9.
 69. Andrew Eisen DS and CM. An Electrophysiological Method for Examining Lumbosacral Root Compression. *Dep Neurol Neuro-surgery, McGill Univ Montr Canada*. 1977;Volume 4(May 1977):117–23.
 70. Mastaglia FL, Carroll WM. The effects of conditioning stimuli on the F-response. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1985;48(2):182–4.
 71. Fierro B, Modica A, D'Arpa A, Santangelo R, Raimondo D. Analysis of F-wave in metabolic neuropathies: a comparative study in uremic and diabetic patients. *Acta Neurol Scand*. 1987;75(3):179–85.
 72. Panayiotopoulos CP. F chronodispersion: A new electrophysiologic method. *Muscle Nerve*. 1979;2(1):68–72.
 73. Nobrega JAM, Manzano GM, Monteagudo PT. A comparison between different parameters in F-wave studies. *Clin Neurophysiol*. 2001;112:866–8.
 74. Jun Kimura M. ELECTRODIAGNOSIS IN DISEASES OF NERVE AND MUSCLE Principles and Practice. Oxford Univ Press is a Dep Univ Oxford. 2013;74–80.
 75. Nobrega JAMI, Pinheiro DS, Manzano GM, Kimura J. Various aspects of F-wave values in a healthy population. *Clin Neurophysiol*. 2004;115(10):2336–42.
 76. Whittaker RG. SNAPs, CMAPs and F-waves: Nerve conduction studies for the uninitiated. *Pract Neurol*. 2012;12(2):108–15.
 77. Panayiotopoulos CP, Scarpalezos S, Nastas PE. F-WAVE STUDIES ON THE DEEP PERONEAL NERVE. 1977;319–29.
 78. Tonzola RF, Ackil AA, Shahani BT, Young RR. Usefulness of electrophysiological studies in the diagnosis of lumbosacral root disease. *Ann Neurol*. 1981;9(3):305–8.
 79. Peioglou-Harmoussi S, Howel D, Fawcett PRW, Barwick DD. F-response behaviour in a control population. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1985;48(11):1152–8.
 80. Kimura J. Proximal versus distal slowing of motor nerve conduction velocity in the Guillain-Barré syndrome. *Ann Neurol*. 1978;3(4):344–50.
 81. Khoshbin S, Hallett M. Multimodality evoked potentials and blink reflex in multiple sclerosis. *Neurology*. 1981;31(2):138–44.
 82. Pan H, Jian F, Lin J, Chen N, Zhang C, Zhang Z, et al. F-wave latencies in patients with diabetes mellitus. *Muscle and Nerve*. 2014;49(6):804–8.
 83. Lee E Bin, Lee YY, Lee JM, Son SM, Hwang SK, Kwon S, et al. Clinical importance of F-waves as a prognostic factor in Guillain-Barré syndrome in children. *Korean J Pediatr*. 2016;59(6):271–5.
 84. Zheng C, Zhu Y, Yang S, Lu F, Jin X, Weber R, et al. A study of dynamic F-waves in juvenile spinal muscular atrophy of the distal upper extremity (Hirayama disease). *J Neurol Sci [Internet]*.

- 2016;367:298–304. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2016.06.032>
85. Fang J, Cui L, Liu M, Guan Y, Li X, Li D, et al. Differences in F-Wave characteristics between spinobulbar muscular atrophy and amyotrophic lateral sclerosis. *Front Aging Neurosci.* 2016;8(MAR):1–9.
 86. Alanazy MH. Conus medullaris stroke: Does F wave predict return of ambulation? *Neurosciences.* 2016;21(3):260–3.
 87. Hara M, Kimura J, Walker DD, Taniguchi S, Ichikawa H, Fujisawa R, et al. Effect of motor imagery and voluntary muscle contraction on the F wave. *Muscle and Nerve.* 2010;42(2):208–12.
 88. Naseri M, Petramfar P, Ashraf A. Effect of motor imagery on the F-wave parameters in hemiparetic stroke survivors. *Ann Rehabil Med.* 2015;39(3):401–8.
 89. Llewelyn JG. *Diabetic neuropathy.* London; 1995. p. 364–6.
 90. Society PN. Diabetic polyneuropathy in controlled clinical trials: Consensus report of the peripheral nerve society. *Ann Neurol.* 1995;38(3):478–82.
 91. Schiller HH, Stalberg E. F responses studied with single fibre EMG in normal subjects and spastic patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1978;41(1):45–53.
 92. MUNDIAL AM. DECLARACIÓN DE HELSINKI DE LA AMM – PRINCIPIOS ÉTICOS PARA LAS INVESTIGACIONES MÉDICAS EN SERES HUMANOS. *El D del Col Am Dent.* 2014;81(3):14.