

**VALORES DE REFERENCIA EN EL ESTUDIO DE POTENCIALES EVOCADOS
MOTORES CON ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA PARA EL NERVIU ULNAR Y
MEDIANO EN SUJETOS ADULTOS SANOS EN UNA INSTITUCIÓN PRESTADORA
DE SALUD EN BOGOTÁ**

Dra. Karen Johanna Garzón Ortega

Dra. Camila Montaña Rodríguez

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Medicina Física y Rehabilitación

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

Facultad de Medicina – División de Postgrados

Programa de Medicina Física y Rehabilitación

Bogotá, octubre de 2023

VALORES DE REFERENCIA EN EL ESTUDIO DE POTENCIALES EVOCADOS MOTORES CON ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA PARA EL NERVIU ULNAR Y MEDIANO EN SUJETOS ADULTOS SANOS EN UNA INSTITUCIÓN PRESTADORA DE SALUD EN BOGOTÁ.

Investigadores principales:

Dra. Karen Johanna Garzón Ortega - Dra. Camila Montaña Rodríguez

Residentes de III año de Medicina física y Rehabilitación

E mail: kgarzon@unbosque.edu.co- cmontanor@unbosque.edu.co

Celular: 3204563744 – 3508951804

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Medicina Física y Rehabilitación

Asesor temático: Dr. Carlos Eduardo Rangel Galvis

Médico especialista en Medicina física y rehabilitación. Director Especialización Medicina

Física y Rehabilitación. Contacto: edugalvis@yahoo.es – 3138912937

Asesor metodológico: Dra. Erika Méndez

Coordinador de investigación Contacto: erikitame99@gmail.com - 3133948606

Asesor estadístico: Carlos Eduardo Gómez Zúñiga

Magister en ciencias estadísticas. Docente Coordinación de investigación de posgrados de Medicina

Contacto: cgomezz@unbosque.edu.co - 3192021616

Universidad El Bosque

Facultad de Medicina – División de Postgrados

Programa de Medicina Física y Rehabilitación

Bogotá, octubre de 2023

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 de este en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Agradecimiento

Agradecemos a la IPS Carlos Eduardo Rangel Galvis S.A.S. por darnos la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de investigación en sus instalaciones y confiar en nosotras para el uso de sus equipos de electrodiagnóstico. Así mismo, agradecemos a sus trabajadores por su atención durante la realización de estudios.

Agradecemos a la Universidad El Bosque por el continuo acompañamiento en nuestra formación como especialistas en Medicina Física y Rehabilitación y permitirnos desarrollar esta investigación.

De igual manera, agradecemos el tiempo, colaboración y disposición de todos los participantes de nuestra investigación.

Finalmente, agradecemos a nuestros asesores por la retroalimentación y orientación en cada paso de este proceso.

“A lo largo de mi vida he aprendido que las limitaciones no son físicas, sino mentales. El estar a portas de ser especialista para seguir ayudando a las personas en situación de discapacidad, me llena de un orgullo y satisfacción incomparables. Este trabajo de grado es el final de un sueño que inicia. Quiero dedicarlo en primer lugar a Dios quien desde siempre me ha hecho sentir su presencia; a mis padres por sus cuidados, guía y amor; a mi gran ejemplo a seguir, mi hermano quien siempre me apoyó y que ahora desde el cielo seguramente lo sigue haciendo. A Sergio, mil gracias por su amor, paciencia y ayuda en todo momento. A mis compañeros, amigos y docentes, gracias por enseñarme a ser mejor persona y profesional”

Karen

“Darle cumplimiento a los sueños y metas siempre será un propósito y desafío de vida. Lograr cumplir este sueño de ser especialista me genera mucha alegría y satisfacción, estoy lista para poder brindar lo mejor de mí en el campo profesional y humano para servicio de mis pacientes. Este trabajo de grado, fruto del esfuerzo y dedicación, nos llena de mucho orgullo y esperamos sea de gran utilidad en la academia e investigación. En este momento mis sentimientos son de gratitud, en primer lugar, a Dios por sus múltiples bendiciones y por siempre guiarme en el camino; a mi esposo por todo su amor y apoyo incondicional; a mis padres, hermanos y abuelita quienes con sus consejos y orientación siempre me han acompañado, a mi abuelito que desde el cielo vela por mí, a toda mi familia que son el motor y razón de mi existencia. Así mismo a mis docentes, amigos y compañeros que me han ayudado a crecer como profesional y persona. Gracias a todos porque veo llegar a su fin una de las metas más importantes de mi vida”

Camila

Contenido

Lista de tablas	9
Lista de figuras	10
Lista de siglas	11
Resumen	14
Abstract	15
1. Introducción	17
2. Planteamiento del problema	18
2.1 Pregunta de investigación	19
3. Justificación	20
4. Marco teórico	21
4.1 Generalidades de la estimulación magnética transcraneal	22
4.2 Fisiología de la estimulación magnética	23
4.3 Potenciales evocados motores - Aspectos neurofisiológicos	24
4.4 Factores que intervienen en la morfología del campo eléctrico inducido	26
4.4.1 Orientación de la bobina :	26
4.4.2 Estados de contracción del músculo	27
4.4.3 Campo magnético inducido por la bobina :	27
4.4.4 Forma de la bobina	27
4.4.5 Forma de onda de pulso :	28
4.4.6 Objetos metálicos:	28
4.4.7 Atención visual:	28
4.5 (11)quipo técnico:	29
4.6 Técnica	29
4.6.1 Estimulación transcraneal para miembros superiores	29
4.6.2 Neuroconducción del nervio periférico motor	30
4.7 Contraindicaciones:	31
4.8 Efectos adversos:	31
4.9 Correlaciones clínicas	31
5. Propósito	35
6. Objetivos	36

6.1	Objetivo general	36
6.2	Objetivos específicos.....	36
7.	Materiales y métodos.....	37
8.	Aspectos metodológicos.....	38
8.1	Tipo de estudio	38
8.2	Población	38
8.3	Muestra.....	38
8.4	Criterios de Selección.....	40
8.5	Variables.....	41
8.6	Métodos y técnicas para la recolección de la información	43
8.7	Limitaciones y control de posibles sesgos.....	51
9.	Aspectos estadísticos o plan de análisis.....	53
10.	Aspectos éticos	54
11.	Organigrama.....	58
12.	Cronograma	59
13.	Presupuesto	60
14.	Resultados	61
15.	Discusión.....	69
16.	Conclusiones y recomendaciones	77
17.	Referencias bibliográficas.....	78
18.	Anexos.....	84
18.1	Anexo 9. Valores de referencia para el nervio mediano de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en un Institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia	84
18.2	Anexo 10. Valores de referencia para el nervio ulnar (o cubital) de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia.....	85
18.3	Anexo 11. Valores de referencia para el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) de sujetos adultos sanos por subgrupos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una Institución prestadora de salud en Bogotá, Coombia.	86
18.4	Anexo 12. Valores de referencia para el Abductor digiti minimi (nervio ulnar) por subgrupos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en sujetos adultos sanos una Institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia	88

Valores de referencia en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética para el nervio ulnar y mediano en sujetos adultos sanos en una institución prestadora de salud en Bogotá

18.5	Anexo 13. Características de los potenciales evocados motores en diversas patologías (Udupa, Steve)	90
18.6	Anexo 14. Valores normales de potenciales evocados motores con estimulación magnética en miembros superiores.....	91

Lista de tablas

Tabla 1 Matriz de variables.....	41
Tabla 2 Cronograma.....	59
Tabla 3 Relación de rubros para el estudio.....	60
Tabla 4 Variables sociodemográficas por sexo de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una Institución prestadora de salud en Bogotá.....	62
Tabla 5 Valores de referencia para el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) y Abductor digiti minimi (nervio ulnar) de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia.....	63
Tabla 6 Valores de referencia de latencia por sexo para el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) y Abductor digiti minimi (nervio ulnar) de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia.....	65
Tabla 7 Valores de referencia de latencias por talla para el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) y Abductor digiti minimi (nervio ulnar) de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia.....	66
Tabla 8. Diferencias por sexo, talla, índice de masa corporal y por edad en los potenciales evocados motores en el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) y Abductor digiti minimi (nervio ulnar).....	67

Lista de figuras

Figura 1 Organigrama.....58

Lista de siglas

PEMEM	Potenciales evocados motores con estimulación magnética
PEM	Potencial evocado motor
MEP	Potential evoked motor
APB	Abductor pollicis brevis
ADM	Abductor digiti minimi
TMS	Estimulación eléctrica magnética transcraneal
T	Teslas
SNC	Sistema nervioso central
TES	Estimulación eléctrica transcraneal
PAMC	Potencial de acción motor compuesto
CMAP	Compound motor action potential
EPSP	Potenciales postsinápticos excitatorios
TMCT	Tiempo de conducción motora total
PMCT	Tiempo de conducción motora periférica
CMCT	Tiempo de conducción motora central
ms	Milisegundos
μ V	Microvoltios
mv	Milivoltios

Valores de referencia en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética para el nervio ulnar y mediano en sujetos adultos sanos en una institución prestadora de salud en Bogotá

cms	Centímetros
mm	Milímetros
F	Frontal
T	Temporal
C	Central
P	Parietal
O	Occipital
A	Electrodo activo
R	Electrodo de referencia
G	Electrodo de tierra
S1	Punto de estimulación 1
S2	Punto de estimulación 2
Ca	Cátodo
An	Ánodo
PES	Potenciales evocados somatosensoriales
RMN	Resonancia nuclear magnética
IMC	Índice de masa corporal
MCF	Articulación metacarpofalángica
Kg	Kilogramos
m ²	Metros cuadrados
DE	Desviación estándar

LEC	Latencia del estímulo cortical
LEM	Latencia del estímulo medular
D/I Dif	Diferencia lado a lado
M	Mujeres
H	Hombres
ELA	Esclerosis lateral amiotrófica
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
SAHOS	Síndrome de apnea hipoapnea del sueño
RMT	Umbral motor en reposo
CSP	Periodo de silencio cortical
FT	Fase temprana
PE	Progresión de la enfermedad
EG	Epilepsia generalizada
EF	Epilepsia focal
LC	Lesión crónica

Resumen

Introducción: Los potenciales evocados motores (PEM) con estimulación magnética son un método neurofisiológico no invasivo, útil evaluando vías corticoespinales y corticobulbares en patologías neurológicas. A pesar de la existencia de valores de referencia en otros contextos, la literatura es limitada. **Objetivo:** Establecer los valores de referencia de los potenciales evocados motores con estimulación magnética (PEMEM) del nervio mediano y ulnar en sujetos sanos en un Centro de salud de Colombia en 2023. **Materiales y métodos:** Estudio observacional descriptivo transversal incluyendo 45 participantes evaluando 90 nervios medianos y 90 nervios cubitales. Se midieron características sociodemográficas, latencia, amplitud y tiempo de conducción motora central (CMCT). Se realizó un análisis estadístico descriptivo, bivariado y multivariado comparando por subgrupos. **Resultados** Se obtuvieron los valores de referencia de PEMEM para la población colombiana, CMCT tuvo un promedio de 6.62 y 7.15 para el abductor digiti minimi (ADM) y abductor pollicis brevis (APB), respectivamente. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre talla y sexo, así como la latencia cortical y medular del PEM. También, algunas diferencias con al analizar por edad e IMC. Se evidenció variabilidad en la amplitud de los PEM en relación con variables demográficas. **Conclusión** Este es el primer estudio en Colombia que determina los valores de referencia de las características propias de los potenciales evocados motores (latencia, amplitud, TCMC) del músculo APB, innervado por el nervio mediano, y del ADM, correspondiente al nervio ulnar o cubital. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre variables demográficas y antropométricas, y características propias del PEM. **Palabras clave:** Estimulación magnética transcraneal, potenciales evocados motores, valores de referencia

Abstract

Introduction: Motor evoked potentials (MEPs) with magnetic stimulation are a non-invasive neurophysiological method useful for evaluating corticospinal and corticobulbar pathways in neurological pathologies. Despite the existence of reference values in other contexts, literature is scarce. **Objective:** To establish reference values for motor evoked potentials with magnetic stimulation (MEMPS) of the median and ulnar nerves in healthy subjects at a health center in Colombia in 2023. **Materials and Methods:** Cross-sectional descriptive observational study including 45 participants evaluating 90 median nerves and 90 ulnar nerves. Sociodemographic characteristics, latency, amplitude, and central motor conduction time (CMCT) were measured. Descriptive, bivariate, and multivariate statistical analysis were performed comparing subgroups. **Results:** Reference values for MEMPS were obtained for the Colombian population; CMCT had an average of 6.62 and 7.15 for the abductor digiti minimi (ADM) and abductor pollicis brevis (APB), respectively. Statistically significant differences were found between height and sex, as well as cortical and medullary latency of MEP. Also, some differences were found when analyzing by age and BMI. Variability in MEP amplitude was evident in relation to demographic variables. **Conclusion:** This is the first study in Colombia that determines reference values for the characteristics of motor evoked potentials (latency, amplitude, CMCT) of the APB muscle, innervated by the median nerve, and the ADM, corresponding to the ulnar or cubital nerve. Statistically significant differences were found between demographic and anthropometric variables and characteristics of MEP. However, additional studies are indispensable to meticulously unravel and characterize this intriguing phenomenon.

Valores de referencia en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética para el nervio ulnar y mediano en sujetos adultos sanos en una institución prestadora de salud en Bogotá

Keywords: Transcranial Magnetic Stimulation, Evoked Potentials, Motor, Reference

Values

1. Introducción

Los potenciales evocados motores (PEM) son un tipo de estudio electrofisiológico no invasivo útil para evaluar la integridad e idoneidad funcional de las vías motoras con la identificación de parámetros de amplitud y latencia propios del potencial de acción motor compuesto evocado (1–4)

A pesar de que se han estandarizado dichos valores en países como Japón, Alemania y Estados Unidos (5–7) estos parámetros no cumplen con las características étnicas y fenotípicas de la población colombiana. Mientras que en Latinoamérica (México) existen valores de referencia de latencia y amplitud que pueden ser usados para comparar con resultados obtenidos en nuestra población(8) En Colombia, es escasa la información disponible. En 1992 fue publicado en el Acta Médica Colombiana un estudio realizado en Medellín, en el cual se obtuvo el registro de potenciales evocados motores de 42 sujetos normales usando un estimulador eléctrico, diseñado y fabricado localmente demostrando una adecuada validez y confiabilidad en el uso de este. Sin embargo, no mencionan el uso de estimulación magnética (9). Actualmente, en nuestro país dicho proceso se realiza con base a la presencia o no del PEM, asimetría de más del 50% en su amplitud o cambios en su morfología, lo que limita su adecuada interpretación para el uso clínico en patologías neurológicas (10)

Por lo anterior esta investigación pretende establecer los valores de referencia de potenciales evocados motores con estimulación magnética (PEMEM) del nervio mediano y ulnar en sujetos sanos en una Institución prestadora de Salud especializada en Medicina física y Rehabilitación de Bogotá - Colombia, identificando datos específicos de latencia, amplitud y tiempo de conducción motora central que permitan su uso clínico de manera más certera y abrir las puertas al desarrollo de protocolos clínicos.

2. Planteamiento del problema

Los PEMEM se consideran una herramienta complementaria, objetiva y de fácil reproducibilidad para evidenciar anormalidades funcionales de la vía motora del sistema nervioso, sin embargo, después de una búsqueda exhaustiva de la literatura realizada en bases de datos internacionales como Pubmed, Science Direct, Clinical Key, Embase, Elsevier y Google académico; son escasos los datos de valores de referencia a nivel mundial como en la comunidad latinoamericana y más específicamente en Colombia.

Actualmente en nuestro país, la interpretación del estudio se realiza basándose en la presencia o no del PAMC, resultado de la estimulación magnética a nivel cortical y medular, diferencias en su amplitud o morfología; sin tener en cuenta datos relacionados con la latencia y la amplitud de este, lo que limita su interpretación e impide su uso en el estudio de patologías neurológicas. A pesar de que existen datos referentes a estos parámetros en países como Japón, Alemania y Estados Unidos (5–7) estos datos no cumplen con las características étnicas y fenotípicas de la población colombiana. Por otro lado, en Latinoamérica (México) se realizó un estudio en pacientes sanos obteniéndose valores de tiempo de conducción motor central, tiempo de conducción motor periférico y amplitud; los cuales podrían ser útiles para el análisis de los datos a futuro teniendo en cuenta las similitudes demográficas con Colombia (8).

Es por tal motivo importante establecer valores de referencia en nuestra población que sirvan como base de comparación en pacientes con sospecha de patologías neurológicas, con el fin de complementar datos obtenidos por medio de otros estudios o procedimientos diagnósticos como las neuroimágenes, sin olvidar los hallazgos fundamentales del examen físico.

2.1 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los valores de referencia de los potenciales evocados motores con estimulación magnética del nervio ulnar y mediano en adultos sanos en una IPS de Bogotá, Colombia en el año 2023?

3. Justificación

Los potenciales evocados motores con estimulación magnética han encontrado su mayor utilidad explorando la función cerebral y evaluando la integridad de las vías motoras, empleándose de manera significativa en el diagnóstico y seguimiento de trastornos que afectan las mismas. En el accidente cerebrovascular, por ejemplo, se ha observado prolongación de las latencias o ausencia del PEM, indicando este último un peor pronóstico (11,12). En la esclerosis múltiple, adicionalmente se han encontrado retrasos en el tiempo de conducción motora central (13,14). Datos similares han sido evidenciados en la mielopatía cervical (15) Por el contrario, los PEM en la enfermedad de Parkinson se han caracterizado por un aumento en la amplitud posiblemente en relación con la hiperexcitación de las neuronas motoras espinales o corticales. (16)

Asimismo, es una herramienta útil para la identificación de trastornos que afectan la cognición como la demencia, los trastornos neurodegenerativos, la esquizofrenia y el autismo. En cuanto a monitoreo intraoperatorio permite evaluar en vivo estructuras neuronales puestas en riesgo quirúrgico y además de ello se usan como predictores del resultado temprano después de la aparición del coma traumático (17,18)

Dado sus múltiples beneficios, se trata de un estudio que cada día toma mayor relevancia en el campo del electrodiagnóstico. Adicionalmente teniendo en cuenta que existen mejoras tecnológicas en los equipos y estandarización de técnicas que hacen posible aprovechar aún más sus ventajas; surge la importancia de establecer valores de referencia en sujetos sanos, contando así con una herramienta que permite identificar oportunamente si existe o no datos de anormalidad, sirviendo como prueba complementaria de la patología en estudio.

Sin embargo, es poca la información disponible acerca de los valores de referencia de los parámetros propios de los PEMEM (latencia, amplitud y tiempo de conducción motora central), esenciales no sólo para la realización del estudio, sino para la elaboración de protocolos que permitan una correcta interpretación de resultados.

Adicionalmente en Colombia, la solicitud del estudio es insuficiente posiblemente relacionado con la ausencia de protocolos estandarizados para su uso, realización e interpretación, además del desconocimiento en cuanto a sus indicaciones clínicas; sin olvidar el alto precio de la prueba. En nuestro país se conoce que el costo de un equipo de estimulación magnética se encuentra alrededor de 29890 euros (126'746.022 pesos colombianos) (19) Un estudio realizado en Hungría estableció que el uso del dispositivo para estimulación magnética transcraneal por sesión se aproximaba a los 154 euros, es decir 660.198 pesos colombianos (tasa de cambio para el 2020) (20) un alto valor teniendo en cuenta el contexto socioeconómico de Colombia (21)

Por todo lo anterior, la presente investigación pretende establecer valores de referencia de los potenciales evocados motores con estimulación magnética del nervio mediano y ulnar (teniendo en cuenta su fácil exploración) en una IPS de Bogotá, Colombia que cuenta con un laboratorio de electrodiagnóstico y es una de las pocas instituciones en la ciudad que posee el equipo magnético para ofrecer el estudio, sin dejar de lado la importancia que representa que cada laboratorio de electrodiagnóstico tenga sus propios valores de referencia, identificados en su población y con los equipos que emplea en su labor cotidiana (22).

4. Marco teórico

4.1 Generalidades de la estimulación magnética transcraneal

En 1985, Anthony Barker basado en el principio de Faraday (1831) introduce como técnica neurofisiológica la estimulación eléctrica magnética transcraneal (TMS) haciendo uso de un dispositivo que permitía la excitación de manera no invasiva de la corteza cerebral, indolora y cómoda(11)

Se trata de una corriente breve, de alta intensidad (medida en amperios) aplicada sobre el cuero cabelludo a través de una bobina de alambre de cobre, capaz de producir un campo magnético de aproximadamente dos Teslas (T) (unidad de campo magnético en el sistema internacional) con una duración aproximada de 100 milisegundos (ms). El resultado de su aplicación es la generación de un campo eléctrico al atravesar el cerebro sin atenuarse y por medio de procesos complejos del sistema nervioso central (SNC) producir potenciales de acción(23)

Al tratarse de un campo magnético, los tejidos interpuestos entre el cerebro y la bobina no generan ningún tipo de resistencia, haciendo que la intensidad requerida sea menor en comparación a la usada en la estimulación eléctrica transcraneal (TES), lo que se traduce en una pequeña activación de receptores nociceptivos situados en el cuero cabelludo y por ende una percepción de dolor poco significativa. De igual manera ocurre con la estimulación magnética de estructuras transvertebrales, esta vez generando un campo eléctrico sobre las raíces nerviosas cervicales traducido en la generación de PAMC (11)Es así como la estimulación magnética transcraneal ha reemplazado a las descargas eléctricas (24)

Por otro lado, es conveniente esclarecer que la evaluación del nervio periférico usualmente se realiza por medio de otros estudios como las neuroconducciones, debido que al usar la estimulación magnética

transcraneal no es posible precisar el sitio exacto de activación lo que lleva a la excitación de estructuras adyacentes y por ende a datos no confiables(10)

4.2 Fisiología de la estimulación magnética

Una vez proporcionado el estímulo magnético transcraneal este es capaz de activar la vía piramidal a través de la hiperpolarización de las dendritas cercanas a la superficie y de manera secundaria la despolarización del cuerpo celular y del axón profundo que permite la apertura de canales de sodio para crear finalmente un PAMC. El resultado final es una fuerza de contracción muscular(10)

Dichos estímulos pueden ser de baja o alta intensidad. Los primeros generan una sola descarga descendente llamada onda Directa (D) caracterizada por tener una latencia corta debido a la ausencia de sinapsis interpuestas. Se producen al estimular directamente la sustancia blanca subcortical omitiendo la corteza cerebral lo que resulta en una excitación del segmento proximal del axón de las células de la corteza motora de conducción rápida. En segundo lugar, los estímulos de alta intensidad producen la excitación transináptica de las motoneuronas por medio de interneuronas dando origen a las ondas Indirectas (I) que se ubican a 2 ms después de la onda D. Se cree que estas resultan de la excitación de elementos corticales presinápticos en relación con las células de la corteza motora(10,11)

Se conoce que la TES desencadena múltiples estímulos descendentes conformados por ondas D e I, a diferencia de la TMS que induce sólo ondas I, debido a la no estimulación de la sustancia blanca al usar intensidades más bajas. Los estímulos descendentes llegan finalmente a la motoneurona espinal alfa por medio de una vía monosináptica generando un grupo de potenciales postsinápticos excitatorios (EPSP) para que la motoneurona dispare y se genere posteriormente la fuerza de contracción muscular(11)

4.3 Potenciales evocados motores - Aspectos neurofisiológicos

Los Potenciales evocados motores (PEM) son producto de la estimulación no focal de la corteza motora, raíces espinales o el nervio motor facial secundario a la activación de un determinado número de unidades motoras. De manera más específica, los potenciales evocados motores transcraneales se refiere a las señales eléctricas captadas del tejido nervioso o del músculo luego de activar el sistema nervioso motor por medio de un estímulo eléctrico o magnético, en cuyo caso se hablará de potenciales evocados motores con estimulación eléctrica y potenciales evocados motores con estimulación magnética (PEMEM), respectivamente(23)

Si el objetivo es estimular la representación cortical del miembro superior, se realiza una descarga sobre la cara lateral de la convexidad de la circunvolución precentral, por medio de una bobina circular grande. Por otra parte, si lo que se busca es excitar la presentación cortical de miembros inferiores, el tronco o el suelo pélvico, la estimulación se realiza en el aspecto interhemisférico más medial y profundo de la circunvolución precentral a través de una bobina de doble cono. De otro lado, la estimulación magnética sobre la columna vertebral excita principalmente las raíces nerviosas a nivel de los agujeros intervertebrales. En el caso del nervio facial, la estimulación de las raíces nerviosas intraforaminales se hacen a través del agujero estilomastoideo(23)

Los PEM se caracterizan por poseer los siguientes parámetros. La latencia el cual hace referencia al tiempo desde el estímulo hasta la deflexión inicial del PAMC desde la línea de base, reflejando únicamente las fibras motoras que conducen más rápido y se mide en milisegundos(25)

La amplitud refleja la suma de las descargas corticoespinales descendentes (ondas D e I) y se mide desde la línea de base hasta el pico negativo del PAMC (25). Este es un parámetro de gran variabilidad entre los sujetos. Se conoce por ejemplo que los agentes bloqueadores de sodio y calcio (carbamazepina y amlodipino) pueden reducirla. Por el contrario, esta puede aumentar tras la administración de medicamentos que mejoran la neurotransmisión glutamatérgica y noradrenérgica (antidepresivos)(10)

El tiempo de conducción motora total (TMCT) es el tiempo desde la activación de TMS hasta el inicio del potencial evocado motor en el músculo objetivo. El tiempo de conducción motora periférica (PMCT) es el tiempo desde la activación de la de la raíz espinal hasta el inicio del PEM en el músculo objetivo. El tiempo de conducción motora central (CMCT) corresponde a la suma de los tiempos de conducción en las fibras corticoespinales, del retraso sináptico espinal y en la parte proximal de las raíces motoras y se puede determinar restando las latencias entre el TMCT y el PMCT (26). Se conoce que a medida que madura el sistema nervioso central de los niños hasta la adolescencia, el CMCT va disminuyendo, a diferencia de lo que ocurre en los adultos en quienes ni el sexo ni la edad influye, pero si la altura del cuerpo en lo que respecta a los PEM de miembros inferiores (23)

El PMCT se puede lograr de diferentes maneras (23) una de más usadas es por medio de la TMS a través de una bobina sobre la columna, mediante un dispositivo de TES de alto voltaje situando el cátodo sobre la zona de salida de la raíz y el ánodo unos centímetros (cms) más proximal sobre la columna.

En caso de que se requiera la medición de CMCT, se necesita una contracción voluntaria del mismo, la cual aumenta el tamaño, es decir la amplitud, y acorta la latencia de los PEM dado que preactiva los grupos de las motoneuronas espinales acercándolos a su umbral de excitación. No obstante, es importante

aclarar que la contracción voluntaria aumenta la dispersión temporal de los PEM lo que podría dificultar diferenciar entre registros normales de los anormales. En la práctica clínica, se le solicita al paciente realizar una contracción tónica leve con el fin de preactivar el músculo objetivo al 10-20% de la fuerza máxima. Se registran entre 4 a 6 PEM consecutivos y se selecciona el de mayor amplitud. Si existe alguna dificultad para realizar dicha contracción se puede hacer uso la activación voluntaria del músculo homólogo contralateral. Es por lo anterior que la amplitud puede no ser totalmente confiable. No obstante, sí se puede tener en cuenta cuando existe una asimetría franca en el tamaño del PEM (> 50%) o en su morfología en cada hemicuerpo. A diferencia de variables como el tiempo de conducción y latencia del PEM, las cuales sufren diferentes cambios dependiendo de la patología subyacente (23)

Es importante tener en cuenta el concepto de umbral cortical motor. Este corresponde a la intensidad mínima del estímulo magnético que se requiere para inducir un PEM en 5 de cada 10 ensayos con amplitud aproximadamente de 50 microvoltios (mV) en reposo y 200 mv con contracción; el cual refleja la facilidad de las motoneuronas para excitarse en la médula espinal y en las uniones neuromusculares representado la primera contracción visible posterior al estímulo. Este es un dato esencial para la medición adecuada de los potenciales evocados motores con estimulación magnética(23)

4.4 Factores que intervienen en la morfología del campo eléctrico inducido

4.4.1 Orientación de la bobina : Se ha comprobado que una corriente inducida de posterior a anterior es más efectiva para generar la excitación de las neuronas motoras de la corteza cerebral. Al situar la bobina simétricamente en el vértex es posible estimular ambos hemisferios y determinar sus umbrales de excitación en reposo. En sujetos diestros sanos, se

ha observado que la corteza motora del hemisferio izquierdo es más excitable, probablemente relacionado con la asimetría de organización del cerebro humano (11,23)

4.4.2 Estados de contracción del músculo : Se conoce que el estado de contracción del músculo objeto de estudio provoca cambios en la latencia y amplitud de los PEM. Al realizar una contracción tónica del músculo (denominado mecanismo de facilitación), la latencia se acorta y la amplitud aumenta; debido a que la excitación tónica de las motoneuronas conlleva a un disparo facilitado cuando éstas reciben la excitación fásica inducida por TMS. Se sabe que los cambios en latencia y amplitud son máximos para una contracción tónica del 5 al 15% de la contracción voluntaria máxima(11,23)

4.4.3 Campo magnético inducido por la bobina : Una bobina de nueve centímetros (cms) de diámetro producirá un campo magnético de 1.5 T, la de siete cms de 2. T y la de cuatro cms de 5 T. Es decir que entre más pequeño sea el tamaño, tendrá un campo magnético más fuerte en su centro. No obstante, una bobina entre más pequeña genera menos estimulación a distancia. La intensidad de campo de una bobina alcanza aproximadamente tres veces el radio de la bobina(11)

4.4.4 Forma de la bobina

Bobina circular: Cuenta con diámetros entre 110 a 113 milímetros (mm) logrando abarcar grandes áreas de estimulación. Permite un posicionamiento preciso y fácilmente reproducible. Su desventaja radica en que puede inducir un influjo de corriente más allá de la corteza motora primaria.(10,11,23)

Bobina en forma de ocho: Se caracteriza por presentar vueltas de alambre de cobre dispuestas en forma de 8 (dos círculos tangentes) de diámetro entre 75–87 mm. De esta manera, hay el doble de cables de cobre en el punto de superposición de los círculos, provocando una alta densidad de campo magnético sobre la región donde se aplica. Es, por lo tanto, una técnica con mayor focalización(10,11,23)

4.4.5 Forma de onda de pulso : Puede ser monofásica o bifásica. Al aplicar a la corteza motora un pulso monofásico por medio de una bobina en forma de ocho con orientación lateromedial se generará una activación directa de los axones corticoespinales registrando ondas D. Sin embargo, si se usa la misma bobina con orientación posteroanterior o incluso anteroposterior provocará solo ondas I sugiriendo la excitación indirecta de las células piramidales (23) Por otro lado, cuando se usa una bobina circular con una forma de onda de pulso monofásico centrada en el vértex, se provocarán corrientes inducidas de posterior a anterior que activan de manera preferencial la corteza motora. Por lo tanto, son de gran utilidad(11)

4.4.6 Objetos metálicos: Se ha comprobado que su presencia puede aumentar las corrientes inducidas. Por lo anterior, se recomienda que el uso de un estimulador magnético se evite cerca o en personas usuarias de marcapasos u otros dispositivos mecánicos o eléctrico implantado, cualquier metal en el cabeza como clips vasculares, fragmentos de bala, medidores de presión intracraneal con dispositivos metálicos, implantes cocleares ni placas óseas(11)

4.4.7 Atención visual: Es una condición en la cual se ha evidenciado afectación de manera significativa en la amplitud del PEM. En un estudio publicado en el 2018 en el Journal of

Psychiatric Practice se encontró que apartar la mirada de la mano produjo mayores amplitudes de los potenciales evocados motores (27).

4.5 (11) equipo técnico:

Se utiliza un equipo compuesto por 2 partes principales: un estimulador que contiene una batería de condensadores y una bobina (11).

4.6 Técnica

Con el fin de comprender la técnica del procedimiento es necesario entender a que hace referencia el sistema internacional 10/20. Este es un método clínico utilizado que busca una correcta ubicación de electrodos y en el caso de la estimulación magnética transcraneal un buen posicionamiento de la bobina. El nombre 10/20 se refiere a la ubicación de los electrodos a lo largo de la línea media en 10, 20, 20, 20, 20, y 10 % del total de la distancia entre el nacimiento – nacimiento. Las letras corresponden a una ubicación específica del cerebro (F: frontal, T: temporal, C: central, P: parietal, O: occipital), la letra Z indica la línea media de la cabeza. Por último, los números pares corresponden al hemisferio derecho y los impares al izquierdo. Es así como Cz se haría referencia a la parte central de la cabeza y Fz al lóbulo frontal sobre la línea media (28).

La técnica de estimulación transcraneal para miembros superiores se realiza con los siguientes parámetros: ganancia de 5 mV y una velocidad de barrido de 5 (milisegundos (ms) /división) (26)

4.6.1 Estimulación transcraneal para miembros superiores (26)

-Posición del paciente: Decúbito supino lateral o en sedente. Durante la estimulación cervical, el paciente realiza flexión del cuello.

-Se sitúan electrodos de superficie (activo) sobre los vientres musculares de los músculos a estudiar y los electrodos de superficie (de referencia) distales a ellos. El electrodo de tierra entre el activo y el de referencia.

-Estimulación transcraneal: El centro de la bobina magnética se sitúa sobre el vértex (Cz) para activar los músculos de las extremidades superiores, teniendo en cuenta el sistema 10/20.

-Estimulación cervical: El centro de la bobina se coloca en la línea media sobre la vértebra C7.

Consideraciones:

El paciente debe estar en una posición cómoda, la bobina debe encontrarse en contacto físico con el cuero cabelludo y la piel durante la estimulación, se usan estímulos entre 10-50% (promedio 20 %) de intensidad por encima del umbral cortical motor, se solicita a los pacientes que realicen un movimiento específico para lograr una equivalencia de alrededor del 10 % de las contracciones voluntarias máximas para el músculo en específico, con fines de facilitación, se proporcionan entre 2-5 estimulaciones consecutivas a cada sitio de estimulación. De cada PEM se mide la latencia reproducible más corta y la amplitud más grande. (para este último parámetro, la posición de la bobina se ajusta hasta obtenerla de manera adecuada). Posteriormente se calcula el CMCT.

4.6.2 Neuroconducción del nervio periférico motor (29)

La posición del paciente es en decúbito supino, el electrodo activo (A) se coloca a nivel de vientre muscular, el de referencia (R) se localiza ligeramente distal al electrodo activo, el electrodo de tierra (G) entre los dos anteriores. El Punto de estimulación 1 (S1), con el cátodo (Ca) a 8 cm proximal al electrodo activo, el ánodo (An) es proximal. Punto de estimulación 2 (S2) ubicando el cátodo proximal de la extremidad y dependerá del nervio que se esté evaluando, el ánodo (An) es proximal.

4.7 Contraindicaciones:

Estenosis cervical, torácica o cervical de la columna vertebral, compresión de la médula espinal, inestabilidad de la columna, fusiones en columna vertebral múltiples (más de dos), mujeres en estado de embarazo, material ferromagnético intracraneal, uso de marcapasos cardíaco(23)

4.8 Efectos adversos:

Molestia menor del cuero cabelludo estimulado y cefalea de corta duración. Se debe tener en cuenta que, a pesar del leve calentamiento de electrodos metálicos durante la TMS, dicha temperatura no es suficiente como para producir una quemadura en la piel. Se ha descrito que el riesgo de inducir focos epilépticos es remoto con estímulos únicos o repetitivos(10,23). Se han documentado solamente informes aislados de convulsiones focales durante o despuesta del procedimiento en pacientes bajo tratamiento con medicamentos que reducen de manera potencial el umbral convulsivo(30)

4.9 Correlaciones clínicas

Accidente cerebrovascular: Es una alteración aguda de la perfusión o vasculatura cerebral, siendo el origen más común el isquémico (85%) en comparación al hemorrágico (31) se considera la principal

causa de discapacidad en adultos a nivel mundial.(32) La incidencia y prevalencia varían según condiciones demográficas(33)

Estudios previos evidencian que con frecuencia el músculo parético no muestra respuesta a la estimulación cerebral o al incremento de intensidad del umbral cortical motor(10) Así mismo, se ha evidenciado que los PEM resultantes de la estimulación del hemisferio afectado frecuentemente están retrasados (es decir, con latencias aumentadas) o incluso pueden ausentarse(11). Por otra parte, existen diferentes investigaciones que han demostrado la importancia de los PEM como herramienta para predecir pronóstico, entre ellos un estudio realizado por Macdonell y colegas en 1989 donde al comparar PEM versus potenciales evocados somatosensoriales (PES) concluyeron que la presencia o no estos potenciales estaban relacionados con el grado de recuperación funcional, teniendo los PEM un valor predictivo un poco mejor con los PES(34). En 2021, fue publicado un artículo que buscaba establecer la importancia de la estimulación magnética transcraneal en el pronóstico del accidente cerebrovascular, concluyendo que la presencia de PEM eran indicativos de un pronóstico favorable en cuanto a recuperación motora de las extremidades, disfagia, afasia y funcionalidad; mientras que la ausencia de estos se asoció con mal pronóstico(12)

Esclerosis Múltiple: Es una enfermedad autoinmune crónica del sistema nervioso central que se caracteriza por la presencia de inflamación, desmielinización, gliosis y pérdida neuronal (35) Aproximadamente, 2.5 millones de personas en el mundo la padecen (36) y se cita una prevalencia general de uno en 1000 para poblaciones de ascendencia europea y una prevalencia más baja en poblaciones de ascendencia africana y de Asia oriental (37)

En pacientes diagnosticados con esta patología se han hallado PEM de baja amplitud y/o latencia prolongada, además de retrasos en el tiempo de conducción motora central (CMCT)(38) La realización de PEM proporciona un adecuado rendimiento diagnóstico. Además, proporciona datos que se pueden correlacionar con la progresión de la enfermedad en términos de discapacidad. Adicionalmente podría ser útil para la monitorización de los efectos de tratamientos modificadores de la enfermedad(14)

En un estudio publicado en 2013 (39) recomiendan el uso de los PEM en pacientes con esclerosis múltiple fenotipo remitente recurrente y resonancia nuclear magnética (RMN) cerebral no concluyente. Por otro lado, en pacientes con esclerosis múltiple fenotipo primario-progresivo recomiendan su búsqueda de excluir procesos que puedan causar un cuadro de discapacidad progresiva y confirmar la presencia de lesiones desmielinizantes. Por último, aseguran que la anomalía más típica en la esclerosis múltiple es la prolongación del tiempo de conducción motora central.

Epilepsia: Se trata de una condición de convulsiones recurrentes no provocadas (40). La incidencia ajustada por edad en Norteamérica se encuentra entre 16 de 100 000 y 51 de 100 000 años-persona. La prevalencia ajustada por edad mundial varía entre 2,2 de 1000 y 41 de 1000 (41)

La literatura ha informado umbrales más bajos para la activación de la corteza motora posterior a la TMS. Sin embargo, dicha estimulación no es capaz de activar específicamente un foco epiléptico. Por otro lado, los PEM con latencias cortas y amplitudes altas son característicos en estos pacientes(11)

Enfermedad de la neurona motora: Trastorno neurológico progresivo que afecta a las motoneuronas inferiores como superiores(42) . Se estima una incidencia cercana a dos a tres por 100000 y una frecuencia de uno por 100000 en la comunidad del sur y este de Asia(43). Estudios realizados demuestran

la ausencia de los PEM o de baja amplitud posterior a la estimulación cortical, respuestas conservadas en la estimulación de la raíz y ocasionalmente prolongación de CMCT, hallazgos que no siempre se correlacionan con los signos clínicos. En etapas iniciales de la esclerosis lateral amiotrófica esporádica, se han encontrado umbrales de estimulación magnética transcraneal reducidos de la corteza motora posiblemente en relación con la hiperexcitabilidad cortical. (10,11,13)

Desórdenes extrapiramidales: La enfermedad de Parkinson es un desorden neurodegenerativo caracterizado por bradicinesia y al menos otro síntoma de temblor o rigidez en reposo(44). Se estima una incidencia mundial entre cinco y 35 casos nuevos por cada 100000 personas al año. La prevalencia global se aproxima al 0,3 % siendo mayor después de los 80 años (45) Estudios han demostrado que en promedio el TCMC es normal haciendo relación a la normalidad que existe en las vías motoras descendentes (46). En cuanto a la amplitud se ha evidenciado un aumento de ésta, sugiriendo que las motoneuronas espinales o corticales son más excitables (16)

Mielopatía cervical: Se caracteriza por la compresión de la médula espinal en el nivel cervical de la columna vertebral que genera signos de motoneurona (47) Se estima una prevalencia de la mielopatía cervical degenerativa en Norteamérica de 1.120 por un millón de personas y una incidencia de hospitalizaciones de cuatro por 100.000 personas-año (48) Se ha evidenciado prolongación en el CMCT posiblemente en relación con la conducción lenta en las fibras corticoespinales desmielinizadas. Adicionalmente se cree que a pesar de que la amplitud de los PEM puede ser inestable, una asimetría de su morfología de más del 50% podría ser relevante para el diagnóstico (15)

5. Propósito

Tomando como punto de partida la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los valores de referencia de los potenciales evocados motores con estimulación magnética del nervio ulnar y mediano en adultos sanos en una IPS de Bogotá, Colombia en el año 2023? Sumado a la importancia clínica que tiene este estudio neurofisiológico en patologías del sistema nervioso y la escasa disponibilidad de valores en pacientes sanos a nivel mundial y de manera importante en Latinoamérica y en la población colombiana; se decide realizar este estudio cuyo objetivo es establecer los valores de referencia para el nervio mediano y ulnar (correspondiente al músculo APB y ADM, respectivamente) en un Centro de salud especializado en Medicina Física y Rehabilitación en Bogotá, Colombia en 2023.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Establecer los valores de referencia de potenciales evocados motores con estimulación magnética del nervio mediano y ulnar en sujetos sanos, evaluando características demográficas, antropométricas y parámetros propios de los potenciales de acción motor compuesto evocados (latencia, amplitud, tiempo de conducción de conducción motora central), en un Centro de salud especializado en Medicina Física y Rehabilitación en Bogotá, Colombia en 2023.

6.2 Objetivos específicos

- Identificar el método y la técnica para medir potenciales evocados motores con estimulación magnética en pacientes sanos.
- Categorizar los valores de potenciales evocados motores con estimulación magnética según edad, sexo e índice de masa corporal.
- Describir los resultados de latencia, amplitud y tiempo de conducción motor central de los potenciales evocados motores con estimulación magnética en el nervio ulnar y mediano obtenidos.

7. Materiales y métodos

Esta investigación se realizó como parte del proceso de formación de la especialidad de Medicina física y rehabilitación en la Universidad El Bosque, previa aprobación por parte del Director del programa (Anexo 1).

La presente investigación se llevó a cabo en la IPS Carlos Eduardo Rangel Galvis S.A.S, ubicada en la ciudad de Bogotá, institución que apoyó el desarrollo del proyecto facilitando los equipos de electrodiagnóstico (incluyendo el de estimulación magnética) y el ordenador para la toma y registro de los potenciales evocados motores, contando con la autorización de la IPS (Anexo 1 y 5) y los registros de mantenimiento de los equipos (Anexo 2, 3 y 4).

Las investigadoras tuvieron tiempo destinado dentro del desarrollo de la residencia médica para llevar a cabo la recolección de datos y el análisis de estos, logrando así la recopilación total de la información para el procesamiento estadístico y la obtención de los resultados.

Los recursos económicos fueron asumidos por las investigadoras.

8. Aspectos metodológicos

8.1 Tipo de estudio

Estudio observacional descriptivo de tipo corte transversal de evaluación de valores fisiológicos

8.2 Población

Sujetos adultos que asistieron a la IPS Rangel en Bogotá, Colombia que cumplieron y aceptaron participar en el estudio.

8.3 Muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia a través de la participación de personas que acudieron a la IPS Rangel en Bogotá, Colombia con edades entre 18-65 años, de nacionalidad colombiana, que fueran familiares o acompañantes de los pacientes y que tuvieran interés en participar en la investigación luego de una explicación clara de la misma y quienes posterior a un interrogatorio sobre antecedentes y un examen físico completo, cumplieron con los criterios de inclusión (proceso que se le realizó por medio de una lista de chequeo).

Una vez obtenida la muestra, se procedió a establecer los valores de referencia de los potenciales evocados motores con estimulación magnética de los nervios ulnar y mediano, los cuales se presentaron en forma de valores absolutos o relativos (porcentajes o proporciones) para los análisis respectivos.

Tamaño de muestra n :

Al tratarse de un estudio descriptivo de evaluación de valores fisiológicos, la evidencia establece que se recomienda incluir entre 30 y 50 participantes(49) De igual manera, teniendo en cuenta que el

desenlace es un fenómeno poco estudiado en la literatura médica, se consideró un estudio exploratorio, que no tenía objetivos que implicaran la prueba de hipótesis, no hubo justificación estadística para calcular el tamaño de muestra. Sin embargo, con el objetivo de garantizar el poder estadístico suficiente se calculó el tamaño de la muestra necesaria.

Con una confianza del 95% que corresponde a un valor de $Z= 1,96$, una precisión máxima definida por el grupo de investigación del 15% ($d: 0,15$) y la prevalencia p de 50% ($p: 0,5$). Se aplicó la fórmula del tamaño de la muestra:

$$n = \left(\frac{Z}{d}\right)^2 p * (1 - p)$$

$$n = \left(\frac{1.96}{0.15}\right)^2 0.5 * (0.5) = 42.68$$

Por lo tanto, el número mínimo de participantes que se incluyeron en la muestra fue de 43 personas.

Cabe resaltar que se evaluaron 4 nervios por participante, para un mínimo total de 172 nervios, de los cuales se describieron 2 variables correspondientes a los potenciales evocados motores (latencia y amplitud) y tercera variable que se establece mediante una operación matemática de los valores previamente establecidos. Por lo tanto, la unidad de análisis fue cada valor de cada nervio estudiado.

8.4 Criterios de Selección

Criterios de inclusión:

- Personas entre los 18 y 65 años.
- Participantes de nacionalidad colombiana.
- Participación voluntaria y firma de consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- Mujeres en estado de embarazo
- Sujetos con marcapasos cardíaco
- Individuos con antecedentes o patologías diagnosticadas del sistema nervioso central o periférico tales como:
 - Eventos cerebrovasculares.
 - Lesiones espinales.
 - Esclerosis múltiple.
 - Esclerosis lateral amiotrófica.
 - Epilepsia. o Enfermedades neurodegenerativas.
 - Lesiones de plexo braquial.
 - Lesiones de nervio periférico en miembro superior
- Antecedente de patología de la columna cervical
- Antecedente de cirugía del sistema nervioso central
- Signos y/o síntomas que sugieran lesión de nervio periférico de miembros superior

- Sujetos con trastorno neurocognitivo
- Personas con patología psiquiátrica demostrada
- Toma de medicamentos bloqueadores de sodio y calcio
- Toma de medicamentos antidepresivos

8.5 Variables

Tabla 1. Matriz de variables

Nombre	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición
Edad	Tiempo cronológico medido en años de una persona	Edad al momento de ingreso a la investigación	Cuantitativa discreta: por años y categórica
Sexo	Sexo correspondiente a las características físicas sexuales	Sexo registrado en cédula de ciudadanía	Cualitativa nominal: Masculino Femenino

Peso	Valor de peso medido	Peso en Kilogramos resultante del examen físico actual	Cuantitativa continua
Talla	Estatura medida en metro de una persona	Estatura en metros resultante del examen físico actual	Cuantitativa continua
IMC (índice de masa corporal)	Indicador de la relación entre el peso y la talla de una persona	Valor de peso en Kilogramos dividido en talla en metros al cuadrado	Cualitativa
Latencia	Valor de tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo sobre la corteza motora (latencia del estímulo cortical), región medular (latencia del estímulo medular) y nervio motor, sensitivo o mixto (latencia del nervio periférico) y el inicio de la deflexión del potencial de acción motor. Refleja el tiempo de conducción corticomotora.	Tiempo transcurrido entre el inicio del estímulo sobre la corteza motora, región medular, nervio mixto y el pico de deflexión del potencial de acción motor expresado en milisegundos (ms)	Cuantitativa continua

Amplitud	Valor del potencial evocado motor medido en milivoltios al estimular la corteza motora, región medular y nervio motor, sensitivo o mixto entre el inicio de la deflexión del potencial de acción motor. Refleja la suma de las descargas corticoespinales descendentes (ondas D o I)	Diferencia máxima de voltaje entre la línea basal y el pico máximo expresado en milivoltios.	Cuantitativa continua
Tiempo de conducción motora central	Tiempo que comprende la activación de las estructuras corticales, la conducción por la vía corticoespinal, la activación de las motoneuronas espinales y la conducción a lo largo del nervio periférico hasta el músculo.	Diferencia en la latencia entre las respuestas musculares provocadas a nivel cortical y la raíz medular (cervical), expresada en milisegundos.	Cuantitativa continua

8.6 Métodos y técnicas para la recolección de la información

Previa autorización del Comité de investigación o Ética de la Universidad El Bosque y de la IPS Rangel (ver anexo 8) Rehabilitación se procedió a la recolección de los datos (ver anexo 6), se seleccionaron

participantes sanos definiéndose así: persona sin antecedente alguno de patología del sistema nervioso (central y/o periférico) o trastorno cognitivo a lo largo de su vida.

Para esto, se abordó en sala de espera de la IPS Rangel a los acompañantes y/o familiares de los pacientes, realizando una presentación personal de las investigadoras y posterior a ello una invitación para la participación de un proyecto de investigación del programa de Medicina Física y Rehabilitación de la Universidad El Bosque, haciéndoles una breve explicación del mismo. Una vez dieron su aprobación, se procedió al ingreso a un consultorio en el cual se amplió la información sobre el propósito de la investigación y en qué consistía la prueba; se explicó que se colocarían dos electrodos sobre la palma de la mano y un tercer electrodo sobre el dorso. Posteriormente se realizaría un estímulo eléctrico (el cual pudo ser incómodo, pero no doloroso) sobre el antebrazo. De esta manera se obtendría un primer registro. A continuación, se procedería con un segundo estímulo, esta vez con la bobina magnética en la región posterior del cuello y un tercer estímulo en la cabeza. Los estímulos se repetirían entre 3 a 5 veces y serían llevados a cabo en ambos brazos, teniendo una duración de aproximadamente 25 minutos. A cada participante se le indicó que al finalizar el estudio podía retomar sus actividades con total normalidad. Adicionalmente, se les dio a conocer los causales de retiro por parte de las investigadoras, los riesgos e incomodidades asociadas a la prueba, beneficios obtenidos, el manejo de su privacidad y confidencialidad además de sus derechos como participante. De igual manera se les informó que una vez finalizada su prueba, si lo deseaban, se les entregaría una copia de los resultados. Al aceptar la participación, se le interrogó acerca de antecedentes patológicos, farmacológicos, quirúrgicos, hospitalarios y familiares. Posteriormente se realizó una lista de chequeo sobre signos y síntomas de patologías que pudiesen configurar factores de confusión (anomalías que alteren la vía motora de los

miembros superiores) que lo excluyeran de la investigación. Una vez completados se procedió a la firma del consentimiento informado y fue citado para la realización del procedimiento en la IPS Rangel Rehabilitación, Edificio Altos del Bosque, piso 2, consultorio 1. Laboratorio de Electrodiagnóstico

Los participantes ingresaron al consultorio en la fecha y hora programada, se realizó la presentación de las investigadoras identificándose con nombre completo y el cargo que corresponde a médicos residentes del posgrado de Medicina Física y Rehabilitación de la Universidad del Bosque. Se le indicó dejar sus objetos personales (aretes, anillos, relojes, cadenas, pulseras) en un locker y se le entregó una bata desechable, dándole la instrucción de quedarse en ropa interior y ponerse la bata con la abertura hacia atrás. Luego se registraron datos personales (nombres completos, tipo y número de documento de identidad, nacionalidad, sexo y edad.) y se realizó la toma de peso, talla y cálculo de IMC, los cuales fueron registrados en el formato de recolección de datos.

Teniendo en cuenta la estandarización del método y la técnica de la prueba, registradas en la literatura (25) para la medición de los potenciales evocados motores con estimulación magnética de miembros superiores en pacientes sano cuyo primer paso es la realización de la neuroconducción en el nervio periférico motor objetivo del miembro superior, se inició posicionando al paciente en decúbito supino, colocando el electrodo activo a nivel del vientre muscular relacionado al nervio estudiado además del electrodo de referencia localizado ligeramente distal al electrodo activo; con un último electrodo, el de tierra, situado entre el electrodo activo y el de referencia. Se realizó un estímulo a nivel distal de la extremidad, con correcta ubicación del cátodo y el ánodo, con una duración de pulso eléctrico de 200 ms y una intensidad de corriente que inició a 0 mA (miliamperios) con incrementos de a 10 mA hasta la

generación de un PAMC cuya amplitud fue proporcional a la intensidad de la corriente. Una vez el PAMC alcanzó la máxima amplitud, se acrecentó la corriente otro 20% para asegurar una estimulación supramáxima. En segundo lugar, se verificó en el protocolo TMS una ganancia de 5 mV y una velocidad de barrido de 5 (ms/división) y se solicitó al participante realizar una flexión del cuello para la realización de la estimulación cervical ubicando el centro de la bobina en la línea media sobre la vértebra C7 y una segunda estimulación sobre el vértex (Cz) teniendo en cuenta el sistema 10/20 y las siguientes consideraciones:

- El paciente se situó en una posición cómoda
- La bobina se encontró en contacto físico con el cuero cabelludo y la piel durante la estimulación.
- Se usó estímulos entre 10-50% (promedio 20 %) de intensidad por encima del umbral cortical motor.
- Se solicitó al participante realizar un movimiento específico y lograr una equivalencia de alrededor del 10 % de las contracciones voluntarias máximas para el músculo en específico, con fines de facilitación.
- Se proporcionó entre 2-5 estimulaciones consecutivas a cada sitio de estimulación.
- Se midió en cada PEM la latencia reproducible más corta y la amplitud más grande (para este último parámetro, la posición de la bobina se ajusta hasta obtenerla de manera adecuada).
- Posteriormente el calculó el CMCT

El protocolo que se utilizó en la presente Investigación se realizó con el siguiente orden:

1. Estímulo del nervio mediano derecho

2. Estímulo a nivel espinal (C7)
3. Estímulo a nivel cortical: sobre el vértex (Cz – sistema 10/20)
4. Estímulo del nervio mediano izquierdo
5. Estímulo a nivel espinal (C7)
6. Estímulo a nivel cortical: sobre el vértex (Cz – sistema 10/20)
7. Estímulo del nervio cubital derecho
8. Estímulo a nivel espinal (C7)
9. Estímulo a nivel cortical: sobre el vértex (Cz – sistema 10/20)
10. Estímulo del nervio cubital izquierdo
11. Estímulo a nivel espinal (C7)
12. Estímulo a nivel cortical: sobre el vértex (Cz – sistema 10/20)

Se programó en el equipo Sierra Summit Cadwell laboratories, Inc. 19027205AC027053 modelo 2017 EE. UU. el protocolo TMS (Magnetic Stimulation) para miembros superiores (Ganancia (gain) = 5K, velocidad de barrido (Sweep) = 5) así como los músculos objetivo correspondientes a cada uno de los nervios (APB para el nervio mediano y ADM para el nervio ulnar) derecho e izquierdo.

Después el/la participante se acostó en la camilla en posición decúbito supino (boca arriba) o en posición sedente, se realizó el montaje de los electrodos de captación y el de tierra y se procedió a realizar el primer estímulo eléctrico basándose en la técnica descrita por Buschbacher et al (28).

En primer lugar, para la evaluación del nervio mediano se colocaron 2 electrodos tipo copa, marca Cadwell Laboratories, Inc. modelo 302694-200 del año 2017: Un primer electrodo de 12 x 15 mm de área que funcionó como electrodo de captación (de registro o activo (A) posicionado a mitad de camino entre el punto medio de la parte distal del pliegue de la muñeca y la primera articulación metacarpofalángica (MCF).

Un segundo electrodo de referencia (R) situado ligeramente distal a la primera articulación MCF. Y un tercer y último electrodo, el de tierra (G) de 25 mm de diámetro, marca Cadwell Laboratories, Inc. Modelo 302150-200 del año 2017) localizado en el dorso de la mano o en caso de ocurrir interferencia, entre el electrodo activo y el de referencia.

Para el estudio del nervio ulnar se usaron electrodos con los mismos diámetros y marcas que los previos. En cuanto al electrodo activo (A), se posicionó en la eminencia hipotenar, a medio camino entre el hueso pisiforme y la quinta articulación metacarpofalángica (MCF). El electrodo R se ubicó distal a la quinta MCF. El electrodo de tierra (G) se colocó sobre el dorso de la mano o en caso de interferencia, este fue posicionado entre el electrodo A y el de R. Se usó micropore marca 3M para adosar los electrodos a la piel y TEN 20 como conductor y método de aislamiento de interferencia entre los electrodos y la piel.

Posterior al montaje, se procedió a la realización de un estímulo distal tanto para el nervio mediano como para el ulnar. Este se hizo por medio de un estimulador (parte del equipo de electrodiagnóstico Sierra ® Summit Cadwell Laboratories). Para el estudio del nervio mediano, el cátodo (C) se colocó 8 cm proximal al electrodo activo, en una línea medida primero hasta el punto medio del pliegue distal de

la muñeca y luego a un punto ligeramente cubital al tendón del Flexor carpi radialis. El ánodo (An) estuvo proximal. Con respecto al nervio ulnar, se posicionó el cátodo (C) a 8 cm proximal al electrodo activo, en una línea medida ligeramente radial al tendón del Flexor carpi ulnaris. El ánodo (An) se posicionó proximal.

Respecto a la duración del pulso eléctrico e intensidad de corriente, se usaron conceptos tomados en el texto de electromiografía y trastornos neuromusculares (24)

Tanto para la estimulación del nervio mediano como ulnar, se usó una duración de pulso eléctrico de 200 ms y una intensidad de corriente que inició a 0 mA (miliamperios) con incrementos de a 10 mA hasta generar un PAMC cuya amplitud fue proporcional a la intensidad de la corriente. Una vez el PAMC alcanzó la máxima amplitud, se acrecentó la corriente otro 20% para asegurar una estimulación supramáxima.

Se guardaron los datos obtenidos, referentes a amplitud medido en milivoltios (mV) y latencia medida en milisegundos (ms) para el nervio mediano como ulnar.

Para la obtención de los potenciales evocados motores (PEM) con estimulación magnética se usaron datos de técnicas descritas por Delisa et al (25)

Se le indicó al participante que tome posición decúbito lateral (o sedente en caso de incomodidad) con la extremidad superior correspondiente en extensión. Posteriormente se le pidió que realizaran un movimiento con el fin de contactar los pulpejos del dedo pulgar y el dedo meñique de manera leve y sin hacer presión (con el fin de activar aproximadamente el 10 % de las neuronas piramidales).

Por medio de una bobina simple circular MCF-B65 de 14 cms perteneciente al equipo de estimulación magnética marca MagPro R20-Magventure Ref: 9016E0861 Company Ltd, Georgia, Estados Unidos que emitió ondas bifásicas, se realizó un primer estímulo a una intensidad inicial del 60 %, la cual fue aumentando hasta lograr una contracción del músculo objetivo: Abductor pollicis brevis correspondiente al nervio mediano o el abductor digiti minimi en caso del nervio ulnar (con un máximo del 100 %), considerado este como el umbral cortical motor. Con base a este valor se incrementó un 20% adicional logrando así una estimulación supramáxima. Se procedió a realizar de 3 a 5 estímulos (según tolerancia del participante) y se escogió el PEM de mayor amplitud y menor latencia.

El primer estímulo se realizó a nivel transvertebral sobre la apófisis espinosa del cuerpo vertebral cervical C7 (ubicando el centro de la bobina justo en el relieve generado por la apófisis espinosa) y el segundo estímulo sobre el cuero cabelludo a nivel del vértex o en el punto Cz según el Sistema internacional 10/20. Se realizó la medición de los potenciales evocados motores de la primera onda provocada. La duración total de la prueba fué de aproximadamente 25 minutos y cada participante se le evaluó 4 nervios (nervio ulnar derecho e izquierdo, nervio mediano derecho e izquierdo).

Una vez obtenidos los resultados, estos fueron recolectados en una base de datos realizado en el programa de Microsoft Excel que contenía los siguientes datos: fecha de realización de procedimiento, número de estudio, nombres, apellidos, tipo de documento, número de identificación, sexo, edad, talla, IMC, valor de la latencia (ms) derecha e izquierda, valor de la amplitud (mV) derecha e izquierda, valor del tiempo de conducción motora central derecha e izquierda. Se procedió entonces a realizar el análisis de los resultados. Los responsables de la recolección de los datos fueron el Doctor Carlos Rangel,

coordinador del Programa de Medicina Física y Rehabilitación de la IPS Rangel Rehabilitación, la doctora Camila Montaña y Karen Garzón, residentes de Medicina Física y Rehabilitación de la Universidad El Bosque.

8.7 Limitaciones y control de posibles sesgos

Se trató de una investigación realizada en un único centro. Se evidenció una distribución poco balanceada entre el número de participantes durante el análisis por subgrupos. Por otro lado, No se evaluaron los miembros inferiores, factor que podría ser importante para el análisis de su influencia en la relación entre talla y latencia del PEM cortical y medular.

Con el fin de verificar que los participantes cumplieran con todos los criterios de inclusión planteados en el estudio, se tomaron dos medidas: La primera se trató de un interrogatorio sobre sus antecedentes patológicos (que incluía trauma), farmacológicos, quirúrgicos, hospitalarios, familiares; la segunda, una lista de chequeo enfocada en un examen físico neurológico completo. Ambas medidas tuvieron como objetivo descartar antecedentes y/o signos clínicos de enfermedad del sistema nervioso. Para confirmar que se trataran de participantes colombianos y verificar edad, se solicitó documento de identidad a cada participante.

Respecto a los equipos usados, se constató que estuvieran en buenas condiciones y que contaran con su respectiva hoja de mantenimiento preventivo.

El estudio se realizó bajo estricto orden según lo indicado en la metodología, la cual se realizó con base en la literatura. Adicionalmente, la investigación fue supervisada de manera permanente por un médico especialista en Medicina Física y Rehabilitación.

Por último, se realizó la incorporación de los datos obtenidos en un archivo de Excel, el cual fue verificado en tiempos diferentes por las dos investigadoras para finalmente realizar el respectivo análisis estadístico de la información.

9. Aspectos estadísticos o plan de análisis

Para el análisis de los datos se evaluó la normalidad de las variables del estudio por medio de la prueba de Shapiro Wilk y análisis gráfico por medio del histograma. Se realizó el análisis univariado para los estímulos obtenidos, aplicando medidas de tendencia central y de dispersión. Se utilizaron frecuencias y porcentajes para describir las variables categóricas. Se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión para describir las variables numéricas. Asimismo, se realizó un análisis estadístico por subgrupos evaluando la prueba de chi-cuadrado y la prueba exacta de Fisher para comparar los grupos de acuerdo con las variables: edad, sexo, IMC y talla con valor significativo una $p < 0,05$. Igualmente, se aplicó una ANOVA para el análisis multivariado entre sexo y talla. Se utilizó el programa Software estadístico Stata 18.0 para el análisis estadístico de los datos.

10. Aspectos éticos

Teniendo el conocimiento previo por parte de los investigadores con respecto a la normalización para investigación en seres humanos basados en el Código de Núremberg, el reporte Belmont y la Declaración de Helsinki; acorde a la Resolución 8430 de 1993, emitida por el Ministerio de salud de Colombia, la investigación fue catalogada como riesgo mínimo teniendo en cuenta que se realizó un procedimiento común: examen físico y estimulación magnética transcraneal con la cual la probabilidad de afectación al participante no es significativa debido a que se trata de una exploración indolora cuyas incomodidades más frecuentes son (8,10)

1. Molestia menor del cuero cabelludo estimulado
2. Cefalea de corta duración

Por lo anterior se requirió de consentimiento informado (ver anexo 7). Contando con previa autorización y aprobación por parte del Comité de Ética de la universidad el Bosque (Ver anexo 8).

La presente investigación contó con todos los permisos y tuvo como deber proteger la vida, salud, dignidad, integridad, intimidad, confidencialidad y el derecho a la autodeterminación de la información personal de las personas que van a participar. Teniendo presente los cuatro principios básicos que contemplan la ética dentro de la investigación con seres humanos (50)

1. El principio de la autonomía trata acerca del reconocimiento del sujeto moral y la promoción del agente racional y libre en la relación médico-paciente. Es por ello que esta investigación se realizó posterior a la aceptación y diligenciamiento de un consentimiento informado previamente aprobado por el comité de ética de la Universidad del Bosque, siendo este un modelo básico de toma de decisiones clínicas con elementos iniciales (competencia para entender y decidir, y voluntariedad a la hora de

decidir, sin coacciones, persuasiones o manipulaciones); elementos informativos (exposición y comprensión de la información, recomendaciones de un plan) y elementos de consentimiento (decisión de someterse o no a una intervención y autorización del plan elegido), que dió la oportunidad al paciente de decidir si deseaba participar o no en la investigación ya que tenía total libertad de aceptar o rechazar el mismo.

2. El principio de beneficencia se centra en el respeto a la dignidad de la persona humana y exige una obligación positiva hacia los pacientes donde se les proporcione beneficios, protección de sus intereses y promoción de su bienestar. Esto implica un deber de responsabilidad en calidad y excelencia de los cuidados en la atención sanitaria. Por ello el fin de esta investigación fue la identificación de valores de referencia de potenciales evocados motores por estimulación magnética en el nervio mediano y ulnar (miembros superiores) respetando la integridad y dignidad de los participantes con el propósito de otorgarles beneficios y promocionando el bienestar no solo al individuo en particular sino a la población colombiana en general.

3. El principio de no maleficencia precisa no hacer daño de manera intencional, refiriéndose a los actos que causan, permiten o exponen a un paciente (o participante) a riesgos de manera innecesaria. En ningún momento durante esta investigación se puso en riesgo al participante, ni hubo daño al mismo, contando desde el primer momento con su consentimiento informado para la realización de la prueba y con el libre albedrío de decidir si se le practicaba o no, así como la determinación de culminarla después de darle un inicio. Se afirmó que la prueba es segura, indolora y fue realizada por personal entrenado.

4. El principio de la justicia que garantiza el derecho a la salud. Nuestro principal objetivo fue la identificación de los valores de referencia de los potenciales evocados motores por estimulación

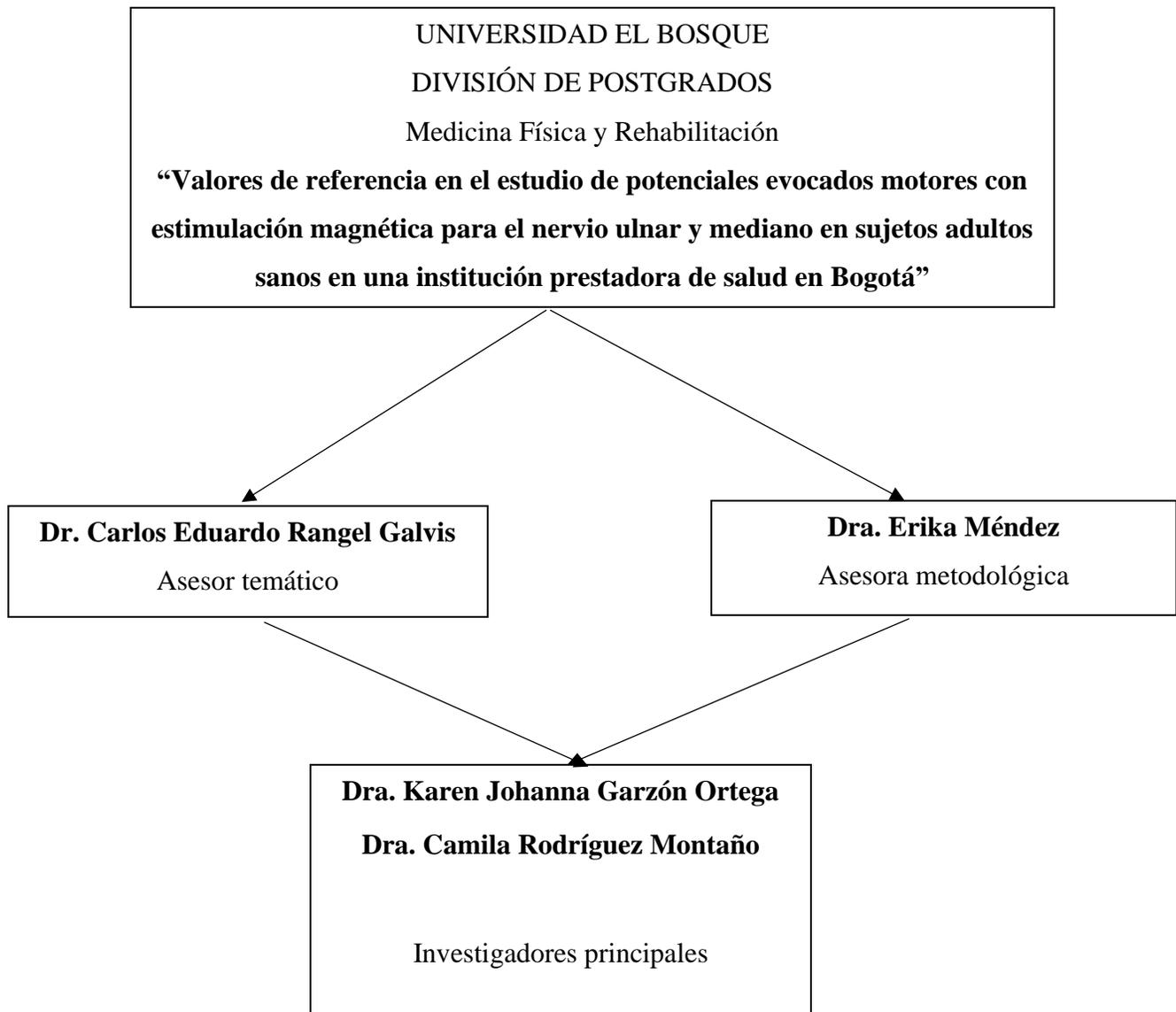
magnética en el nervio mediano y ulnar (miembros superiores), para ser tomados en cuenta y de esta manera incluirlos dentro los protocolos, o en su defecto crearlos; logrando así, complementar la historia clínica, examen físico y estudios adicionales, con el fin de proporcionar diagnósticos más precisos, otorgar datos pronósticos y establecer tratamientos más dirigidos.

En cuanto a la identificación de la muestra del estudio, los participantes fueron abordados en la sala de espera de la IPS Rangel, allí se les ofreció la oportunidad de participar en el estudio. A aquellos que mostraron interés en participar se les realizó una explicación de la metodología de estudio, sus objetivos, tiempo requerido, seguridad de la investigación y los posibles eventos que podrían presentar: molestia menor en el cuero cabelludo estimulado y dolor de cabeza de corta duración. De igual manera se realizó un interrogatorio completo acerca de los datos personales y antecedentes, así como un examen físico (osteomuscular y neurológico) que garantizó el cumplimiento de los criterios de inclusión del estudio. Una vez se confirmó los participantes aptos para el estudio, se procedió a entregar en físico el consentimiento informado donde se amplió la información de la prueba, con posterior explicación y aclaración de manera verbal de cualquier duda. Ante la época de Post -pandemia actual se le explicó al participante que el estudio sería llevado a cabo bajo protocolo por emergencia epidemiológica por el COVID 19, previo lavado de manos según la OMS en los 5 momentos, con utilización de equipo de protección personal incluyendo tapabocas quirúrgico, bata antifluido y las medidas de protección del paciente, realizando limpieza y desinfección de los equipos, camilla y sillas después de la atención a cada paciente. Por último, se les informó que la investigación se basó en protocolos de privacidad y confidencialidad de la información dado que se mantendría un anonimato de los datos personales de los participantes, explicando que las únicas personas con acceso a la información serían los investigadores.

Además, el registro de la información quedó consignada en un computador propiedad de la IPS Rangel, el cual no saldrá de la institución y será protegido por claves que únicamente los investigadores conocerán. El tiempo de custodia será de 2 años y los datos que se anunciarán únicamente estarán en relación con los valores obtenidos en la investigación. Adicionalmente se aclaró que no se publicará información personal de ninguna índole. Una vez firmado, se citó al participante para la realización de la prueba. Una vez finalizada esta, se brindó información acerca del resultado inmediato de forma verbal con envío del resultado de la investigación de manera resumida, con lenguaje entendible y se les agradeció por haber hecho parte de la investigación.

11. Organigrama

Figura 1 Organigrama



12. Cronograma

Tabla 2 Cronograma

ACTIVIDAD	MES 1-6	MES 7-9	MES 10- 12	MES 12-13	MES 14-16	MES 17-20	MES 20-21	MES 22	MES 23
Realización de anteproyecto									
Presentación al comité de investigación									
Construcción de instrumento de recolección final									
Recolección de la información									
Análisis									
Discusión y conclusiones									
Presentación									
Difusión y utilización de los resultados									

13. Presupuesto

Tabla 3 Relación de rubros para el estudio.

Investigador	Investigación del proyecto	Dedicación (horas/semana)	Tiempo de dedicación
Camila Montaña Rodríguez	Investigadores principales	5 horas/semana	24 meses
Karen Johanna Garzón Ortega			
Total, salario			\$ 30.200.000,00

Equipo	Justificación	Valor Depreciación
Sierra® Summit Cadwell Laboratories, Inc.	Uso para la toma de potenciales evocados motores de nervio ulnar	\$14.000.000(10% del valor del equipo)
Computador HP, Intel core I5	Uso para el registro, análisis y base de datos del estudio	\$ 350.000 (10% del valor del equipo)
MAGVENTURE MAGPRO R20	Realización de estímulo magnético a nivel de la vía motora central	\$ 6.803.356 (10% del valor del equipo)
Total, salario		\$ 21.153.356,00

Materiales y/o Reactivos	Valor
Fotocopias formatos de consentimiento informado, criterios de inclusión y exclusión	\$ 160.000,00
Papelería para archivo de estudio (carpetas, hojas blancas para impresión)	\$ 100.000,00
1 cartucho negro para impresora	\$ 80.000,00
Total	\$ 340.000,00

Servicios Técnicos	Justificación	Valor
Mantenimiento a los 200 procedimientos completos de potenciales evocados motores con estimulación magnética del nervio ulnar del estudio	Calibración de los equipos para evitar errores en los resultados del estudio	\$ 220.000,00
Total		\$ 220.000,00

Total final		\$ 21.713.356,00
--------------------	--	-------------------------

14. Resultados

Caracterización sociodemográfica de muestra poblacional

En el estudio se evaluaron un total de 48 participantes, excluyendo 3 (uno por enfermedad de Guillain barré, uno por antecedente de epilepsia y el último por edad de 70 años). Se incluyeron 45 participantes, la mayoría mujeres (57,70 %) con edad promedio de 32 años. Esto correspondió a un análisis de 90 nervios medianos (correspondiente al músculo APB) y 90 nervios ulnares (correspondiente al músculo ADM) sobre los cuales se practicó el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética. No se encontraron efectos adversos significativos, únicamente dos participantes presentaron cefalea leve posterior al estudio (<5%) que resolvió de forma inmediata.

Adicional a la lista de chequeo y al examen físico que sirvió para descartar el antecedente de enfermedad del sistema nervioso, se realizó un estudio de neuroconducción motora para el nervio mediano al APB y el nervio ulnar al ADM el cual además de ser un componente de análisis del estudio de PEMEM, representó una medida extra para descartar afectación de la vía motora a nivel de nervio periférico, que pudiera influir en los resultados de este estudio electrofisiológico, principalmente en la latencia del estímulo cortical (51); verificando que todos los participantes tuvieran resultados dentro de los valores de referencia para nuestra población (52).

El peso promedio fue de 65,48 Kg, mientras que, la talla promedio fue 165,64 cm. De acuerdo con la evaluación por IMC, se obtuvo un promedio de 23,84 kg/m². De esta manera, se encontró que la mayoría de la población se encontraba en rango normal (73,33%). La mayoría de los participantes se encontraron

en el grupo de edad entre 18 a 40 años. Al comparar entre hombres y mujeres, la edad promedio fue similar, mientras que el peso y la talla se encontraron ligeramente superiores en hombres (Tabla 4).

Tabla 4. Variables sociodemográficas por sexo de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una Institución prestadora de salud en Bogotá.

Variable	Mujeres	Hombres
	Total (n=26)	Total (n=19)
Edad (años) promedio, (DE)	33,11 (9,79)	31,63 (9,42)
Edad (años), n (%)		
18-40	22 (84,6)	17 (89,47)
41-52	3 (11,5)	1 (5,26)
53-65	1 (3,8)	1 (5,26)
Peso (Kg), promedio (DE)	60,88 (10,14)	71,76 (8,46)
Talla (cm), promedio (DE)	159,96 (5,37)	173,42 (5,49)
IMC (Kg/m ²), Promedio (DE)	23,78 (4,18)	23,91 (2,94)
IMC (Kg/m ²)		
<18,5	1 (3,8)	-
18,5-24,9	18 (69,2)	15 (78,95)
25-29,9	5 (19,2)	4 (21,05)
>30	2 (7,7)	-

Kilogramos (Kg), centímetros (cms), metros cuadrados (m²), Índice de masa corporal (IMC), desviación estándar (DE).

Valores de referencia para la población de estudio

Se reportan en la tabla 5 los valores obtenidos de los estímulos realizados (periférico, medular y cortical) en la vía motora de los músculos *abductor pollicis brevis* (APB) y *abductor digiti minimi* (ADM) (inervados por el nervio mediano y ulnar respectivamente). Se encontraron valores similares de acuerdo con la lateralidad respecto a las latencias, amplitudes y TCMC para los músculos APB y ADM (anexo 9 y 10).

Tabla 5. Valores de referencia para el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) y Abductor digiti minimi (nervio ulnar) de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia.

Valores de referencia totales			Promedio	DE	Mínimo	Máximo	
APB	Cortical	Latencia (ms)	19,71	1,56	16,00	23,60	
		Amplitud (mV)	4,76	1,76	1,30	9,30	
		Diferencia de amplitud lado-lado (%)	17,27	12,47	0,00	59,38	
	Medular	Latencia (ms)	12,56	1,14	10,20	15,20	
		Amplitud (mV)	5,23	3,54	1,00	14,70	
		Diferencia de amplitud lado-lado (%)	15,87	11,82	0,00	54,72	
	CMCT			7,15	1,13	4,40	10,30
	Periférico	Latencia (ms)	3,04	0,42	2,20	4,10	
		Amplitud (mV)	10,96	2,66	6,10	18,40	
		Diferencia de amplitud lado-lado (%)	12,77	8,98	0,00	34,11	
	Relación PEM/PAMC ^a			45,59	18,21	8,39	90,91
	ADM	Cortical	Latencia (ms)	19,24	1,65	15,50	22,60
Amplitud (mV)			4,63	1,47	1,60	7,70	
Diferencia de amplitud lado-lado (%)			14,34	8,82	2,04	34,72	
Medular		Latencia (ms)	12,62	1,29	10,10	15,60	
		Amplitud (mV)	3,32	2,17	1,00	11,20	
		Diferencia de amplitud lado-lado (%)	18,56	11,41	0,00	37,93	
CMCT			6,62	1,30	3,00	11,40	
Periférico		Latencia (ms)	2,53	0,30	2,00	3,40	
		Amplitud(mV)	9,52	1,69	5,70	13,30	
		Diferencia de amplitud lado-lado (%)	11,00	6,79	0,93	28,30	
Relación PEM/PAMC ^a			49,29	15,18	17,02	98,67	
Abductor pollicis brevis (APB), Abductor digiti minimi (ADM), Tiempo de conducción motora central (CMCT), milisegundos (ms), milivoltios (mV), desviación estándar (DE), potencial evocado motor (PEM), potencial de acción motor compuesto (PAMC).							
^a Relación PEM/PAMC, corresponde a la amplitud del PEM evocado por estimulación magnética cortical dividido por la amplitud del PAMC obtenido por estimulación eléctrica del nervio periférico							

Se encontró una diferencia mayor al 50% entre las amplitudes lado a lado en dos participantes. El primero para el estímulo cortical y medular del APB (56,67% y 54,72 %) y el segundo para el estímulo cortical del APB (59,38%). Para el ADM, el rango de diferencia de lado a lado para el estímulo cortical estuvo entre 2,04 y 32,72 % y para el medular entre 0 y 37,93%. La relación de amplitud PEM/PAMC (que corresponde a la amplitud del PEM evocado por estimulación magnética cortical dividido por la amplitud del PAMC obtenido por estimulación del nervio periférico) demostró una media para el APB de 45,29 % y 49,29% para el ADM. Respecto al APB, dos participantes presentaron una diferencia inferior al 15 % (con valores de 8,39 % y 14,86%). Mientras que, para el ADM el rango se encontró un rango entre 17,02 % y 98,67%. En general la amplitud del PEM del estímulo cortical fue menor respecto al medular.

Análisis de valores de referencia por subgrupos

Únicamente, la latencia cortical del nervio cubital tuvo diferencias estadísticamente significativas entre los estímulos de acuerdo con diferentes grupos de edad ($P < 0,001$). Por lo tanto, los demás estímulos no presentaron diferencias en cuanto a la edad. Al comparar por sexo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la latencia cortical y medular del nervio mediano ($P < 0,001$) y cubital ($P = 0,000$), así como la amplitud medular cubital ($P = 0,0097$). En la tabla 6 se presentan los valores de referencia por subgrupos de sexo. Con respecto a la talla, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la latencia del PEM cortical y medular para los 2 músculos ($P < 0,0001$) (Tabla 8). Asimismo, la amplitud medular del cubital también presentó diferencias estadísticamente significativas

(P=0,0018). En la tabla 7 se describen valores de referencia por subgrupos de talla mayor y menor a 165 cm. Respecto al TCMC, se identificaron diferencias estadísticamente significativas para talla en el APB (P=0,0365). Comparando por IMC, únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la amplitud cortical del nervio mediano (P=0.0399).

Tabla 6. Valores de referencia de latencia por sexo para el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) y Abductor digiti minimi (nervio ulnar) de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia.

Valores de referencia de latencias (ms) por sexo						
Variable			Promedio	DE	Mínimo	Máximo
APB	Mujeres	Cortical	19,04	1,35	16,00	22,10
		Medular	11,98	0,94	10,20	14,60
	Hombres	Cortical	20,61	1,35	18,20	23,60
		Medular	13,36	0,88	11,80	15,20
ADM	Mujeres	Cortical	18,59	1,45	15,50	21,90
		Medular	11,92	1,02	10,10	14,10
	Hombres	Cortical	20,13	1,49	15,70	22,60
		Medular	13,58	0,95	11,30	15,60

Tabla 7. Valores de referencia de latencias por talla para el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) y Abductor digiti minimi (nervio ulnar) de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia.

Valores de referencia de latencias (ms) por talla						
Variable			Promedio	DE	Mínimo	Máximo
APB	≤165 cm	Cortical	18,74	1,15	16,00	20,90
		Medular	11,82	0,86	10,20	13,90
	>165 cm	Cortical	20,71	1,27	18,20	23,60
		Medular	13,33	0,85	11,80	15,20
ADM	≤165 cm	Cortical	18,35	1,37	15,50	21,90
		Medular	11,70	0,86	10,10	14,10
	>165 cm	Cortical	20,17	1,38	15,70	22,60
		Medular	13,58	0,89	11,30	15,60

Abductor pollicis brevis (APB), Abductor digiti minimi (ADM), milisegundos (ms), desviación estándar (DE)

Tabla 8. Diferencias por sexo, talla, índice de masa corporal y por edad en los potenciales evocados motores en el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) y Abductor digiti minimi (nervio ulnar)

Diferencias por variables			Por sexo Valor de la diferencia (Valor P)	Por talla Valor de la diferencia (Valor P)	Por IMC Valor de la diferencia (Valor P)	Por edad Valor de la diferencia (Valor P)
APB MEDIANO	Cortical	Latencia (ms)	-1.571 (<0.001)	-1.961 (<0.001)	-0.1917 (0.2996)	0.28 (0.393)
		Amplitud (mV)	-0.362 (0.279)	0.026 (0.4719)	-0.7180 (0.0399)	-0.309 (0.408)
	Medular	Latencia(ms)	- 1.383 (<0.001)	-1.463 (<0.001)	0.030 (0.5457)	0.070 (0.771)
		Amplitud(mV)	(0,997)	(-0.735)	(-0.7317)	(0.9967)
	CMCT		-0.188 (0.438)	-0.498 (0.0365)	-0.2224 (0.2005)	0.2113 (0.3788)
	Relación de amplitud PEM/PAMC		-1.465 (0.354)	0.439 (0.9099)	-5.493.574 (0.0981)	0.6110 (0.8747)
ADM CUBITAL	Cortical	Latencia (ms)	1.542 (<0.000)	-71.276 (<0.001)	-11.433 (0.256)	-0.3351 (<0.001)
		Amplitud (mV)	0.207 (0.512)	0.8927 (0.3745)	-0.5537 (0.5812)	-0.2613 (0.4034)
	Medular	Latencia (ms)	1.666 (<0.000)	-97.626 (<0.001)	-0.0242 (0.9358)	-0.1543 (0.286)
		Amplitud (mV)	(0.0097)	(0.0018)	(0.9645)	(0.7806)
	CMCT (ms)		0.1244 (0.656)	-0.5015 (0.6173)	-13.718 (0.1736)	-0.1808 (0.5127)
	Relación de amplitud PEM/PAMC ^a (%)		2.249 (0.490)	-0.6473 (0.5191)	-10.332 (0.3044)	-1.673.527 (0.3019)

Abductor pollicis brevis (APB), Abductor digiti minimi (ADM), milisegundos(ms), milivoltios (mV), índice de masa corporal (IMC), potencial evocado motor (PEM), potencial de acción motor compuesto (PAMC)

^aRelación PEM/PAMC, corresponde a la amplitud del PEM evocado por estimulación magnética cortical dividido por la amplitud del PAMC

Análisis multivariado de valores de referencia por subgrupos

Se realizó un análisis multivariado para comparar por sexo y talla, encontrando diferencias estadísticamente significativas para la latencia medular y cortical del APB ($P=0,000$) y ADM ($P=0$). Incluso, la amplitud del estímulo medular del ADM presentó diferencias estadísticamente significativas ($P=0,0065$).

15. Discusión

Este es el primer estudio en Colombia que determina los valores de referencia de las características propias de los potenciales evocados motores (latencia, amplitud, TCMC) del músculo *abductor pollicis brevis* (APB), innervado por el nervio mediano, y del *abductor digiti minimi* (ADM, correspondiente al nervio ulnar o cubital). En comparación, los resultados de estímulos del actual estudio son consistentes con investigaciones previas (6,8,51,53–58) (ver anexo 14 (59,60)). Por ejemplo, el tiempo de conducción motora central (CMCT) tuvo un promedio de 6.62 y 7.15 para el ADM y APB, respectivamente. Adicionalmente, se realizó un análisis por subgrupos con las variables evaluadas encontrando que el sexo y la talla presentan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p < 0.01$). Por otro lado, es crucial considerar la premisa de que la diferencia menor al 50 % de la amplitud de los PEM lado a lado disminuye la posibilidad de presentar patologías del sistema nervioso (23,55). Esto, ya que se identificaron 2 participantes aparentemente sanos con una diferencia mayor a este porcentaje. De esta manera, se sugiere evaluar críticamente el punto de corte establecido para nuestra población.

En principio, la edad promedio del presente estudio fue de 32 años, semejante a lo que reporta la literatura previamente (6,8,51,53,57,58). Lo cual se justifica en la inclusión de participantes sanos, así como en la relación directa entre edad y patologías del sistema nervioso como: enfermedades de motoneurona, enfermedad de Alzheimer o parkinson (61–63). Asimismo, la talla promedio en hombres fue mayor respecto a las mujeres (173.42 vs. 159.96 cm). Por lo cual, se trata de un resultado consistente con estudios previos (56,57).

Con respecto a los efectos secundarios, únicamente 2 participantes presentaron cefalea leve posterior a la estimulación magnética. De manera similar, se ha reportado dicho fenómeno en otros estudios (5,8,57) También, lo han descrito en la Asociación estadounidense de Medicina neuromuscular y electrodiagnóstico (AANEM, por sus siglas en inglés) en 1990. Además, sugieren que el uso de la estimulación magnética parecer ser segura en pacientes con epilepsia o trauma craneoencefálico previo. De igual forma, otros autores han identificado situaciones similares previamente (10,23). No obstante, en la literatura se recomienda excluir dichas patologías dado que existen reportes donde se han evidenciado convulsiones focales aisladas durante o después del estudio, solo en pacientes que usaban medicamentos que disminuían el umbral convulsivo (30).

Al comparar entre las lateralidades de los sujetos de estudio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las características del PEM. Mientras que, Claus et al en Alemania reportó resultados similares en participantes sanos, con músculo objetivo el ADM (6). Similarmente, un estudio en Francia, sobre los músculos bíceps braquial, ADM, recto femoral y tibial anterior en 50 sujetos sin enfermedades neurológicas previas concluyeron datos comparables (57). Incluso, en México se realizó un estudio para estandarizar los valores de referencia de PEM con estimulación magnética sobre 32 músculos de las extremidades superiores e inferiores, deduciendo que no existen diferencias estadísticamente significativas entre lados(8)

Por otro lado, la literatura expone que una diferencia menor al 50 % de la amplitud de los PEM lado a lado disminuye la posibilidad de presentar patologías del sistema nervioso (23,55), en nuestro estudio se

identificaron 2 participantes con una diferencia mayor a este porcentaje. De forma que, lo cual es un llamado de atención para la comunidad científica a saber que el 50% pudiera no ser necesariamente el punto de corte para nuestra población, en vista de que se trataban de personas sanas. Lo que sugiere la realización de más estudios en poblaciones con características demográficas similares a las nuestras.

Adicionalmente, como parte del estudio de PEMEM, se realizó la estimulación supramáxima del nervio periférico, obteniendo un PAMC máximo. La amplitud pico a pico de éste, es útil para el cálculo de la relación PEM/PAMC. Esta cobra importancia tomando en cuenta que existe una reducción normal en la amplitud del PEM con relación al PAMC periférico máximo a consecuencia de la dispersión temporal a lo largo de la vía corticomotora asociada a la cancelación de fase por la excitación asincrónica de las unidades motoras. De esta forma, la amplitud del PEM cortical siempre debe estar relacionada con la amplitud máxima del PAMC (59).

Por lo anterior, se analizó dicha relación obteniendo una media para el APB de 45.29 % y 49.29 % para el ADM, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables. Eisen et al(55) encontró hallazgos similares al correlacionarla con la edad, concluyendo que eran variables independientes. Adicionalmente, se evidenció dos participantes con una diferencia menor al 15%. La literatura internacional (59) indica que en músculos de la mano, si la relación es inferior a este porcentaje o si los valores están 2.5 o 3 desviaciones estándar por debajo de la media de los datos normativos, se podría considerar anormal al representar una pérdida de células corticomotoneuronales. En este sentido, es llamativo que una de las participantes también presentó un valor de diferencia lado a lado mayor al

50% del PEM cortical. Considerando que se trataba de una persona sin antecedentes de enfermedad neurológica ni hallazgos al examen físico que sugirieran la misma. Dicho resultado sugiere que se requieren más estudios para evaluar la aplicabilidad de este umbral en una población con nuestras características demográficas. Por supuesto que, no es posible descartar un antecedente neurológico en la infancia desconocido por la participante.

En general, la amplitud del PEM del estímulo cortical fue menor respecto al medular. Al revisar la literatura previa, se demostró que ha ocurrido lo mismo en un estudio realizado en Taiwan en 1980 por Chu et al (56). Mientras que, no se observaron diferencias en la amplitud del PEM del APB entre hombres y mujeres. Incluso, se han encontrado resultados similares en el estudio de Dávalos et al en 2010, en México (8) . Por otro lado, la amplitud media del PEM cortical y medular del ADM fue sutilmente mayor en mujeres, con una diferencia significativa para el PEM medular. Furby et al evaluó 50 voluntarios sanos en Francia para obtener datos normales de latencias, amplitudes, áreas y umbrales, además de la relación entre el PEM con la altura y el sexo en músculos de miembros superiores e inferiores, incluyendo el ADM. En dicho estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos (57).

Por otra parte, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la latencia del PEM cortical y medular entre sexos para los 2 músculos, con una relación directamente proporcional entre altura y latencia. Asimismo, se estimó que la estatura promedio en hombres fue superior obteniendo latencias más prolongadas. Previamente, se ha descrito este fenómeno en estudios con diferentes contextos como: Chu et al, Furby et al, Barker et al y Ghezzi et al (51,56–58). También, Chu et al en Taiwán realizaron

un estudio indicando que los tiempos de conducción desde el estímulo medular hasta el músculo de la mano, específicamente el ADM, se correlaciona con la altura. Una de las hipótesis planteadas se basa en que la longitud de los brazos (envergadura) tiene una relación directa con la estatura (56). Dado lo anterior suponemos que, si una persona es más alta, será mayor su envergadura. Entonces, el tiempo desde el estímulo cortical o medular hasta el sitio de registro de la mano va a ser mayor. De manera similar, Vucic et al (64), encontró una importante correlación entre la longitud del brazo y la latencia del potencial evocado motor de la eminencia tenar.

Es importante tener en cuenta que Ghezzi et al (58), en su estudio en Italia hacia 1991, explica que los PEMS transcraneales se correlacionan mejor con altura del cuerpo que con la longitud del brazo. Por lo cual se recomienda considerar esa variable en la práctica clínica. Por el contrario, otro estudio en Francia hacia 1991, indicó que a pesar de la existencia de la relación entre la altura y el tiempo de conducción cortical y medular, éstas no se debían a una correlación entre la corteza, el tiempo de conducción cervical y la estatura; sino que se debería a la relación entre la corteza y el tiempo de conducción lumbar (57).

Para establecer la influencia del sexo y la talla como variables independientes sobre el PEM, se realizó un análisis multivariado, encontrando que las dos se asocian de manera significativa con la latencia medular y cortical de ambos músculos, además con la amplitud del estímulo medular del ADM. En contraste, Chu et al (56) encontró que un subgrupo de participantes con tallas muy similares (entre 163.5-166 cms aproximadamente), analizado de manera adicional en su estudio, no se hallaron diferencias

estadísticamente significativas entre hombres y mujeres para el estímulo cortical, medular ni para el CMCT.

En cuanto a la edad, se observó una tendencia a una menor amplitud y mayor latencia en los participantes mayores. Únicamente, se presentaron diferencias estadísticamente significativas para la latencia cortical del nervio cubital. Diferentes autores han descrito un hallazgo similar en estudios por Dávalos et al, Ghezzi et al y Eisen et al (8,55,58). Por ejemplo, en el anterior estudio relacionan tal fenómeno a la pérdida gradual de neuronas corticales (entre el 36 y 60 %) y de las células del asta anterior (aproximadamente el 25%). Principalmente, entre la segunda y novena década de la vida, que cobra mayor importancia al reconocer que menos del 5 % de la población neuronal total corresponde a motoneuronas de gran diámetro y conducción rápida y solo el 2% representan los axones piramidales mielinizados de diámetros mayor a 11 μm , las cuales son las responsables de una latencia más corta y componente de mayor amplitud del PEM. Además, se explica que el umbral para la estimulación magnética aumenta de manera significativa en la infancia y sólo hacia los 8 años sería factible realizarla de manera rutinaria; dato importante para estudios a futuro en este grupo etáreo. Incluso, en otro estudio indican que sería posible realizarlo incluso desde el primer año de vida (59).

El CMCT promedio de los músculos evaluados fue similar entre los subgrupos de género, edad, talla e índice de masa corporal. Únicamente se observaron diferencias estadísticas en la talla del APB. Estos resultados concuerdan con las conclusiones de Ghezzi et al (58), quienes, al explorar la relación entre las medidas neurofisiológicas del PEM en el músculo de la eminencia tenar y la altura, encontraron una

significativa correlación positiva en el CMCT. Ahora bien, Claus et al, Udupa et al y Chu et al (6,56,65) no encontraron diferencias estadísticamente significativas. Este último autor, apunta que la falta de correlación entre altura y CMCT se debe probablemente a que la longitud de la cabeza al cuello no está necesariamente en relación con la altura. En el estudio realizado por Udupa et al(65) en 2013 sugieren que al ser más corta la distancia de conducción desde la corteza motora a los segmentos cervical en comparación a la de los segmentos lumbares, el CMCT a los músculos de las extremidades superiores tendrán una mínima o nula correlación con la altura, a diferencia del CMCT a los segmentos a nivel lumbar que si verá afectada. Adicionalmente describen que los valores de un adulto del CMCT se alcanzan entre los 2 y 4 años y hacia los 6 años para músculos de miembros superiores e inferiores, respectivamente. A partir de esa edad, no se esperaría que tuvieran relación significativa hasta aproximadamente los 70 años, etapa en la cual inicia un descenso progresivo por aumento del PMCT, a consecuencia del compromiso de nervios periféricos y atrofia muscular, dato importante que se recomienda tener en cuenta para la realización del estudio en pacientes longevos.

Respecto al IMC, únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la amplitud cortical del nervio mediano. En la literatura no se encontraron estudios donde se evalúe el IMC respecto a las variables neurofisiológicas del PEM. Teniendo en cuenta nuestros hallazgos, sería interesante que se incluyeran en investigaciones a futuro. Finalmente se evidenció variabilidad en la amplitud de las características de los PEM en relación a las variables demográficas, lo que podría que está en concordancia con autores como Kimura et al (10), quienes sugieren que la amplitud puede no ser muy

confiable para el análisis de los PEMEM. Por tal razón, se insiste en la importancia de obtener la relación PEM/PAMC.

Fortalezas

Se realizó el primer estudio para determinar valores de referencia de potenciales evocados con estimulación magnética en nuestro país. También, obtuvimos una muestra mayor a la estimada en el planteamiento del protocolo de acuerdo con la literatura previa. Los estudios fueron realizados por personal entrenado en el tema (Médico fisiatra y residentes del programa de Medicina física y rehabilitación). De manera complementaria, se realizó un control de calidad y riesgo de efectos adversos con la lista de chequeo y un examen físico previo al estudio que sirvió para descartar el antecedente de enfermedad del sistema nervioso, disminuyendo sesgos en el presente estudio. Todos los participantes toleraron el estudio, presentando efectos adversos sin relevancia clínica. A diferencia de los estudios previamente realizados, se dieron a conocer valores de referencia para las características de los PEM con respecto a la talla con valores menores o mayores de 165cm; así como para subgrupos por sexo.

16. Conclusiones y recomendaciones

Se realizó el primer estudio en Colombia que determinó valores de referencia de potenciales evocados motores con estimulación magnética para el nervio mediano y cubital correspondiente al músculo APB y ADM. Se obtuvieron datos semejantes a los reportados en la literatura internacional. Se encontraron hallazgos que sugieren una relación significativa entre las variables demográficas de talla y sexo, y la latencia cortical y medular del PEM; lo que permitió describir adicionalmente valores de referencia para estos subgrupos. Se evidenciaron algunas diferencias estadísticamente significativas al analizar por edad e IMC. Sin embargo, los datos obtenidos sugieren poca relación entre edad e IMC y las características propias del PEM. Dada la variabilidad de la amplitud de los PEM obtenidos, es importante analizar la relación PEM/PAMC. Se necesitan más estudios que evalúen músculos restantes de miembros superiores e inferiores, además de investigaciones incluyan población pediátrica.

Se recomienda el uso de los potenciales evocados motores con estimulación magnética para el estudio de patologías neurológicas (ver anexo 13 (64,65)). Reconociendo sus beneficios al ser indolora y no invasiva. Gracias a la disponibilidad de valores de referencia en nuestra población, es posible su correcta interpretación y aplicación clínica.

17. Referencias bibliográficas

1. Maertens De Noordhout A, Rothwell JC, Thompson PD, Day BL, Marsden CD. Percutaneous electrical stimulation of lumbosacral roots in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 1988 [cited 2022 Sep 29];51(2):174–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2831302/>
2. Barash D, Crockett C, Hamilton WD, Holm R, Lewis J, Lockard J, et al. Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. *Nature* 1980 285:5762 [Internet]. 1980 [cited 2022 Sep 29];285(5762):227–227. Available from: <https://www.nature.com/articles/285227a0>
3. Cracco RQ. Evaluation of conduction in central motor pathways: techniques, pathophysiology, and clinical interpretation. *Neurosurgery* [Internet]. 1987 Jan [cited 2021 Nov 26];20(1):199–203. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3543724/>
4. Hahn CD, Emerson RG. Electroencephalography and Evoked Potentials. In: Jankovic MD J, Mazziotta MD PhD JC, Pomeroy MD PhD SL, Newman MD NJ, editors. *Bradley and Daroff's Neurology in Clinical Practice* [Internet]. 2022. p. 430-446.e10. Available from: <https://www.clinicalkey.es/#!/content/3-s2.0-B9780323642613000358>
5. Uozumi T, Tsuji S, Murai Y. Motor potentials evoked by magnetic stimulation of the motor cortex in normal subjects and patients with motor disorders. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* [Internet]. 1991 [cited 2021 Nov 26];81(4):251–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1714818/>
6. Claus D. CENTRAL MOTOR CONDUCTION: METHOD AND NORMAL RESULTS.
7. Livingston SC, Ingersoll CD. Intra-rater reliability of a transcranial magnetic stimulation technique to obtain motor evoked potentials. *International Journal of Neuroscience*. 2008 Feb;118(2):239–56.
8. Arturo J, Leyva D, Cecilia D, Añorve Borquez R, Eugenio J, Rojas D, et al. Potenciales evocados magnéticos. Estandarización de valores de referencia. Vol. 43, Jesús Arturo Dávalos Leyva y cols. 26 *Neurol Neurocir Psiquiat. Ene*; 2010.
9. Borrego Camilo. Potenciales evocados motores. Evaluación no invasiva de la vía motora en sujetos normales y en pacientes con enfermedades neurológicas. *Acta Médica Colombiana*. 1992;17.
10. Kimura J. Motor evoked potentials. Cuarta. OXFORD University press; 2013. 525–572 p.
11. Chiappa K. Evoked motor potentials. Tercera. Lippincott Williams & Wilkins ; 1997. 487–507 p.
12. Karatzetzou S, Tsiptsios · Dimitrios, Terzoudi A, Aggeloussis N, Konstantinos Vadikolias ·. Transcranial magnetic stimulation implementation on stroke prognosis. *Neurological Sciences* [Internet]. [cited 2023 Jan 26];1:3. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10072-021-05791-1>
13. Hess CW, Mills KR, Murray NMF, Schriefer TN. Magnetic brain stimulation: Central motor conduction studies in multiple sclerosis. *Ann Neurol*. 1987 Dec;22(6):744–52.

14. Bejarano B, Bianco M, Gonzalez-Moron D, Sepulcre J, Goñi J, Arcocha J, et al. Computational classifiers for predicting the short-term course of Multiple sclerosis. 2011 [cited 2023 Jan 27]; Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2377/11/67>
15. Yu Z, Pan W, Chen J, Peng X, Ling Z, Zou X. Application of electrophysiological measures in degenerative cervical myelopathy. *Front Cell Dev Biol.* 2022 Aug 9;10:1536.
16. Kandler, R. H., Jarratt, J. A., Sagar, H. J., Gumpert, E. J., Venables, G. S., Davies-Jones, G. A., & Jordan, N. (1990). Abnormalities of central motor conduction in Parkinson's disease. *Journal of the neurological sciences*, 100(1-2), 94–97. [https://doi.org/10.1016/0022-510x\(90\)90018-i](https://doi.org/10.1016/0022-510x(90)90018-i).
17. Calvo-Merino B, Haggard P. Transcranial magnetic stimulation. Applications in cognitive neuroscience. *Rev Neurol.* 2004 Feb 16;38(4):374–80.
18. Escudero Torrella J. Potenciales evocados motores por estimulación magnética cerebral transcraneal en la enfermedad vascular cerebral isquémica. 1993 [cited 2022 Oct 1]; Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=227134&info=resumen&idioma=SPA>
19. A&B Equipos Médicos | A&B Equipos Médicos [Internet]. [cited 2023 Oct 26]. Available from: <https://aybmedica.com/>
20. Histórico Euro/Peso colombiano (EUR/COP) - Investing.com MX [Internet]. [cited 2023 Feb 1]. Available from: https://mx.investing.com/currencies/eur-cop-historical-data?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=19583451750&utm_content=645631712795&utm_term=dsa-1944158654353_&GL_Ad_ID=645631712795&GL_Campaign_ID=19583451750https://mx.investing.com/currencies/eur-cop-historical-data?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=19583451750&utm_content=645631712795&utm_term=dsa-1944158654353_&GL_Ad_ID=645631712795&GL_Campaign_ID=19583451750&ISP=1&gclid=Cj0KCQiA2-2eBhCIARIsAGLQ2RkJ1s3ueoFZRE6g19MKyu-SfiyAj1wYxLty4DCTpsKoY8Giv7h9rYwaAvjREALw_wcB
21. Zemplényi A, Józwiak-Hagymásy J, Kovács S, Erdősi D, Boncz I, Tényi T, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation may be a cost-effective alternative to antidepressant therapy after two treatment failures in patients with major depressive disorder. *BMC Psychiatry* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Jan 31];22(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35764989/>
22. Day BL, Rothwell JC, Thompson PD, Dick JPR, Cowan JMA, Berardelli A, et al. Motor cortex stimulation in intact man. 2. Multiple descending volleys. *Brain* [Internet]. 1987 Oct [cited 2023 Jan 29];110 (Pt 5)(5):1191–209. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3676698/>
23. Lefaucheur JP. Transcranial magnetic stimulation. In: *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V.; 2019. p. 559–80.

24. Rodriguez-Martin JL, Barbanoj JM, Pérez V, Sacristan M. Transcranial magnetic stimulation for the treatment of obsessive-compulsive disorder. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2003 Apr 22 [cited 2022 Sep 30];2003(3). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12917964/>
25. Preston David C, Shapiro Bárbara. *Electromiografía y trastornos neuromusculares. Correlaciones clínicas, electrofisiológicas y ecográficas. Cuarta.* Elsevier; 23–40 p.
26. Delisa Joel. *Manual of nerve velocity and clinical neurophysiology. Tercera.* Raven Press; 305–356 p.
27. Bell SJ, Lauer A, Lench DH, Hanlon CA. Visual Attention Affects the Amplitude of the Transcranial Magnetic Stimulation-associated Motor-evoked Potential: A Preliminary Study with Clinical Utility. *J Psychiatr Pract.* 2018 Jul 1;24(4):220–9.
28. Torres A. *Análisis y clasificación de electroencefalogramas (EEG) registrados durante el habla imaginada.* [Puebla, México]: Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica; 2016.
29. Buschbacher Ralph. *Buschbacher’s Manual of nerve conduction studies. Tercera.* Newyork: demosMEDICAL; 2016. 1–86 p.
30. Classen J, Witte OW, Schlaug G, Seitz RJ, Holthausen H, Benecke R. Epileptic seizures triggered directly by focal transcranial magnetic stimulation. Vol. 94, *Electroencephalography and clinical Neurophysiology.* 1995.
31. Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, Arnett DK, Blaha MJ, Cushman M, et al. Executive Summary: Heart Disease and Stroke Statistics--2016 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation* [Internet]. 2016 Jan 1 [cited 2023 Jan 26];133(4):447–54. Available from: <https://europepmc.org/article/MED/26811276>
32. Krishnamurthi R V, Moran AE, Feigin VL, Barker-Collo S, Norrving B, Mensah GA, et al. Stroke Prevalence, Mortality and DALYs in Adults Aged 20–64 Years in 1990. *Neuroepidemiology* [Internet]. 2015 [cited 2023 Jan 26];45:190–202. Available from: www.karger.com/ned
33. Feigin VL, Forouzanfar MH, Krishnamurthi R, Mensah GA, Connor M, Bennett DA, et al. Global and regional burden of stroke during 1990–2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2014;383(9913):245–54.
34. Macdonell RAL, Donnan GA, Bladin PF. A comparison of somatosensory evoked and motor evoked potentials in stroke. *Ann Neurol.* 1989;25(1):68–73.
35. Katia Noyes PMWGM. *Impact of Diagnosis and Early Treatment on the Course of Multiple Sclerosis* [Internet]. Vol. 19. *MJH Life Sciences*; 2013 [cited 2023 Jan 27]. Available from: https://www.ajmc.com/view/a406_nov13_ms_noyes
36. Dilokthornsakul P, Valuck RJ, Nair K V, Corboy JR, Allen RR, Campbell JD. Multiple sclerosis prevalence in the United States commercially insured population. 2016;

37. Wallin MT, Culpepper WJ, Coffman P, Pulaski S, Maloni H, Mahan CM, et al. The Gulf War era multiple sclerosis cohort: age and incidence rates by race, sex and service. *A JOURNAL OF NEUROLOGY* [Internet]. [cited 2023 Jan 27]; Available from: <https://academic.oup.com/brain/article/135/6/1778/330840>
38. Hess CW, Mills KR, Murray NM. Responses in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain. *J Physiol.* 1987 Jul 1;388(1):397–419.
39. Fernández V, Valls-Sole J, Relova JL, Ragner N, Miralles F, Dinca L, et al. [Recommendations for the clinical use of motor evoked potentials in multiple sclerosis]. *Neurologia* [Internet]. 2013 Sep [cited 2022 Sep 29];28(7):408–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22995526/>
40. Huff JS, Fountain NB. Pathophysiology and Definitions of Seizures and Status Epilepticus. *Emerg Med Clin North Am.* 2011 Feb 1;29(1):1–13.
41. Banerjee PN, Filippi D, Hauser A. The descriptive epidemiology of epilepsy-a review.
42. Hardiman O, Al-Chalabi A, Chio A, Corr EM, Logroscino G, Robberecht W, et al. Amyotrophic lateral sclerosis. [cited 2023 Jan 27];17071. Available from: www.nature.com/nrdp
43. Alonso A, Logroscino G, Jick SS, Hernán MA. Incidence and lifetime risk of motor neuron disease in the United Kingdom: a population-based study.
44. Alexoudi, A., Alexoudi, I., & Gatzonis, S. (2018). Parkinson's disease pathogenesis, evolution and alternative pathways: A review. *Revue neurologique*, 174(10), 699–704. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2017.12.003>.
45. Poewe W, Seppi K, Tanner CM, Halliday GM, Brundin P, Volkman J, et al. Parkinson disease. *Nature Reviews Disease Primers* 2017 3:1 [Internet]. 2017 Mar 23 [cited 2023 Jan 27];3(1):1–21. Available from: <https://www.nature.com/articles/nrdp201713>
46. Cantello, R., Gianelli, M., Bettucci, D., Civardi, C., De Angelis, M. S., & Mutani, R. (1991). Parkinson's disease rigidity: magnetic motor evoked potentials in a small hand muscle. *Neurology*, 41(9), 1449–1456. <https://doi.org/10.1212/wnl.41.9.1449>.
47. Nakajima H, Uchida K, Taguchi T, Yamashita T, Tominaga T, Tanaka M, et al. Multicenter cross-sectional study of the clinical features and types of treatment of spinal cord-related pain syndrome. *Journal of Orthopaedic Science.* 2019 Sep 1;24(5):798–804.
48. Bakhsheshian J, Mehta VA, Liu JC. Current Diagnosis and Management of Cervical Spondylotic Myelopathy. *Global Spine J* [Internet]. 2017 Sep 1 [cited 2023 Jan 27];7(6):572–86. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28894688/>
49. García-García JA, Reding-Bernal A, López-Alvarenga JC. Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica* [Internet]. 2013 Oct 1 [cited 2023 Feb 4];2(8):217–24. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-investigacion-educacion-medica-343-articulo-calculo-del-tamano-muestra-investigacion-S2007505713727157>

50. Guzman Urrea MP. PRINCIPIOS BIOÉTICOS Y REFORMA DE LA SALUD EN COLOMBIA. Sociedad Iberoamericana de información científica [Internet]. 2021;Segunda Ed:6. Available from: <https://www.siicsalud.com/des/expertoimpreso.php/122899>
51. Barker AT FIJRJJ. Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: an introduction and the results of an initial clinical evaluation. *Neurosurgery*. 1987;20:100–9.
52. Ortiz-Corredor F, López-Monsalve Á. Aproximación a valores de referencia de estudios electrofisiológicos para el diagnóstico de Síndrome de Túnel del Carpo. *Revista de Salud Pública*. 2009 Oct;11(5):794–801.
53. Tabaraud F HJSJB JVJDM. Study of central motor pathways using cortical magnetic stimulation and spinal electrical stimulation: results in 20 normal subjects. *Rev Neurol (Paris)*. 1989;145(690).
54. Ludolph A WGMHFNEC. Electromagnetic stimulation of the nervous system. I. Normal values in the central nervous system and a comparison with electric stimulation. *EEG–EMG* . 1989;20(153).
55. Eisen A SW. AAEM minimonograph# 35: clinical experience with transcranial magnetic stimulation. *Muscle Nerve Suppl*. 1990;13:995–1011.
56. Chu NS. Motor evoked potentials with magnetic stimulation: correlations height. Vol. 74, *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*. 1989.
57. Furby A, Bourriez JL, Jacquesson JM, Mounier-Vehier F, Guieu JD. Motor evoked potentials to magnetic stimulation: technical considerations and normative data from 50 subjects. Vol. 239, *J Neurol*. 1992.
58. Ghezzi A, Callea L, Zaffaroni M, Zibetti A, Montanini R. Study of central and peripheral motor conduction in normal subjects. *Acta Neurol Scand*. 1991;84(6):503–6.
59. Groppa S, Oliviero A, Eisen A, Quartarone A, Cohen LG, Mall V, et al. A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee. Vol. 123, *Clinical Neurophysiology*. 2012.
60. Rossini PM, Burke D, Chen R, Cohen LG, Daskalakis Z, Di Iorio R, et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee. *Clinical Neurophysiology*. 2015 Jun;126(6):1071–107.
61. van Es MA, Hardiman O, Chio A, Al-Chalabi A, Pasterkamp RJ, Veldink JH, et al. Amyotrophic lateral sclerosis. Vol. 390, *The Lancet*. 2017.
62. Atri A. *The Alzheimer’s Disease Clinical Spectrum: Diagnosis and Management*. Vol. 103, *Medical Clinics of North America*. 2019.
63. Homayoun H. Parkinson disease. *Ann Intern Med*. 2018 Sep 4;169(5):ITC33–47.
64. Vucic S, Stanley Chen KH, Kiernan MC, Hallett M, Benninger DavidH, Di Lazzaro V, et al. Clinical diagnostic utility of transcranial magnetic stimulation in neurological disorders. Updated report of an IFCN committee. *Clinical Neurophysiology*. 2023 Jun;150:131–75.

65. Udupa K, Chen R. Central motor conduction time. In: Handbook of Clinical Neurology. Elsevier B.V.; 2013. p. 375–86.

18. Anexos

18.1 Anexo 9. Valores de referencia para el nervio mediano de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en un Institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Derecho				
Estimulo periférico				
Latencia (ms)	3,06	0,43	2,20	3,90
Amplitud (mV)	11,11	2,80	6,20	18,40
Estimulo medular				
Latencia (ms)	12,52	1,13	10,20	14,80
Amplitud (mV)	5,06	3,43	1,00	14,70
Estimulo Cortical				
Latencia (ms)	19,89	1,63	16,50	22,50
Amplitud (mV)	4,67	1,70	1,70	9,30
CMCT (ms)	7,37	1,21	4,50	10,30
Izquierdo				
Estimulo periférico				
Latencia (ms)	3,01	0,41	2,30	4,10
Amplitud (mV)	10,80	2,53	6,10	15,50
Estimulo medular				
Latencia (ms)	12,59	1,18	10,50	15,20
Amplitud (mV)	5,39	3,67	1,00	14,10
Estimulo Cortical				
Latencia (ms)	19,52	1,48	16,00	23,60
Amplitud (mV)	4,86	1,86	1,30	8,90
CMCT (ms)	6,93	1,01	4,40	9,70

Tiempo de conducción motora central (CMCT), milisegundos (ms), milivoltios (mV)

18.2 Anexo 10. Valores de referencia para el nervio ulnar (o cubital) de sujetos adultos sanos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Derecho				
Estimulo periférico				
Latencia (ms)	2,59	0,36	2,00	3,50
Amplitud (mV)	9,54	1,96	5,70	13,30
Estimulo medular				
Latencia (ms)	12,59	1,25	10,20	15,40
Amplitud (mV)	3,37	2,23	1,10	11,10
Estimulo Cortical				
Latencia (ms)	19,60	1,58	16,50	22,60
Amplitud (mV)	4,45	1,50	1,70	7,50
CMCT (ms)	6,84	1,30	2,70	9,40
Izquierdo				
Estimulo periférico				
Latencia (ms)	2,58	0,35	2,10	3,50
Amplitud (mV)	9,42	1,61	5,70	13,30
Estimulo medular				
Latencia (ms)	12,61	1,25	10,10	14,80
Amplitud (mV)	3,71	2,75	1,00	14,10
Estimulo Cortical				
Latencia (ms)	18,97	1,70	15,50	22,20
Amplitud (mV)	4,73	1,53	1,60	7,70
CMCT (ms)	6,29	1,37	3,00	11,40

Tiempo de conducción motora central (CMCT), milisegundos (ms), milivoltios (mV)

18.3 Anexo 11. Valores de referencia para el músculo Abductor pollicis brevis (nervio mediano) de sujetos adultos sanos por subgrupos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en una Institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia.

NERVIO MEDIANO DERECHO							
	ESTÍMULO PERIFÉRICO		ESTÍMULO MEDULAR		ESTÍMULO CORTICAL		TCMC (ms)
	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	LATENCIA (ms)	AMPLITUD(mV)	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	RANGO PROMEDIO (DE)
	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	
SEXO							
Mujeres	2,2-3,8 3,01 (0,43)	6,2-18,4 10,76 (3,11)	10,2-14,6 11,97 (1,02)	1-14,7 5,15 (3,80)	16,5-22,1 19,16 (1,41)	2-9,3 4,57 (1,95)	4,5-9,4 7,19 (1,16)
Hombres	2,3-3,9 3,13 (0,42)	7,9-15,6 11,57 (2,29)	11,9-14,8 13,25 (0,81)	1-10,3 4,93 (2,94)	18,2-22,5 20,87 (1,37)	1,7-6,7 4,79 (1,25)	5-10,3 7,61 (1,27)
GRUPOS DE EDAD							
18-40	2,2-3,7 3,01 (0,41)	6,2-18,4 11,19 (2,85)	10,2-14,6 12,4 (1,12)	1-14,7 4,99 (3,51)	16,5-22,3 19,77 (1,63)	2-9,3 4,79 (1,62)	4,5-10,3 7,37 (1,26)
41-52	3,3-3,9 3,6 (0,29)	8,2-13,9 11,62 (2,45)	12,3-14,8 13,4 (1,04)	1,9-10 6,35 (3,35)	19,6-22,4 20,52 (1,27)	2,4-6,7 4,35 (2,17)	6,2-7,6 7,12 (0,66)
53-65	2,9-3 2,95 (0,07)	8,3-8,5 8,4 (0,14)	12,3-13,7 13 (0,98)	2,4-5,2 3,8 (1,97)	19,2-22,5 20,85 (2,33)	1,7-4 2,85 (1,62)	3,9-8,8 7,85 (1,34)
GRUPOS DE IMC^a							
<18,5 ^b (Bajo peso)	2,2 - -	13,3 - -	10,5 - -	8,8 - -	19,1 - -	2 - -	8,6 - -
18,5-24,9 (Peso normal)	2,3-3,9 3,11 (0,41)	6,2-18,4 11,03 (2,76)	10,2-14,8 12,61 (1,04)	1-14,7 5,05 (3,60)	16,5-22,4 20 (1,70)	2,3-9,3 4,85 (1,55)	4,5-10,3 7,38 (1,31)
25-29,9 (Sobrepeso)	2,3-3,5 2,91 (0,40)	7,9-15,6 10,38 (2,92)	10,6-14,6 12,42 (1,40)	1-9,3 4,8 (3,17)	17,4-22,5 19,66 (1,58)	1,7-8,5 4,7 (1,99)	6,2-8,9 7,24 (0,97)
>30 (Obesidad)	3,4-3,4 3,4 (0)	13,9-15 14,45 (0,77)	11,6-13,1 12,35 (1,06)	2,7-6,3 4,5 (2,54)	18,6-20,2 19,4 (1,13)	2,4-3,2 2,8 (0,56)	7-7,1 7,05 (0,07)

Tiempo de conducción motora central (TCMC), milisegundos (ms), milivoltios (mV); Desviación estándar (DE), Índice de masa corporal (IMC)

^aTomado del sitio web del Centro para el control y prevención de enfermedades (CDC) <https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/index.html>

^b Único participante del grupo

Valores de referencia en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética para el nervio ulnar y mediano en sujetos adultos sanos en una institución prestadora de salud en Bogotá

NERVIO MEDIANO IZQUIERDO							
	ESTÍMULO PERIFÉRICO		ESTÍMULO MEDULAR		ESTÍMULO CORTICAL		CMCT (ms)
	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	LATENCIA (ms)	AMPLITUD(mV)	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	RANGO PROMEDIO (DE)
	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	
SEXO							
Mujeres	2,3-3,8 2,93 (0,38)	6,1-15,5 10,97 (2,92)	10,5-13,9 11,97 (0,87)	1-14,1 5,63 (4,18)	16-20,9 18,91 (1,30)	1,3-8,9 4,64 (2,03)	5,1-9,1 6,94 (0,86)
Hombres	2,4-4,1 3,1 (0,44)	7,9-13,8 10,56 (1,90)	11,8-15,2 13,45 (0,95)	1-9,6 5,05 (2,90)	18,2-23,6 20,35 (1,31)	1,7-8,5 5,15 (1,58)	4,4-9,7 6,89 (1,20)
GRUPOS DE EDAD							
18-40	2,3-4,1 2,95 (0,40)	6,1-15,5 10,96 (2,62)	10,5-15,2 12,47 (1,17)	1-14,1 5,29 (3,72)	16-21,7 19,36 (1,40)	1,3-8,9 4,97 (1,81)	4,4-9,1 6,89 (0,96)
41-52	3,1- 3,8 3,47 (0,29)	8,2-12 10,27 (1,74)	12,7-14,4 13,2 (0,81)	1,7-9,8 7,22 (3,74)	18,7-20,7 19,87 (0,85)	2,1-6,5 4,55 (2,23)	6-7,2 6,67 (0,61)
53-65	3-3,2 3,1 (0,14)	8,7-8,8 8,75 (0,07)	13,9-13,9 13,9 (0)	2,3-4,8 3,55 (1,76)	20,2-23,6 21,9 (2,40)	1,7-4,6 3,15 (2,05)	6,3-9,7 8 (2,40)
GRUPOS DE IMC^a							
<18,5 ^b (Bajo peso)	2,6 - -	14,8 - -	10,5 - -	12,4 - -	17,7 - -	2,2 - -	7,2 - -
18,5-24,9 (Peso normal)	2,4-4,1 3,09 (0,41)	6,4-15,3 10,55 (2,36)	10,5-15,2 12,70 (1,16)	1-14,1 5,28 (3,73)	16,6-21-7 19,63 (1,34)	2,5-8,9 5,23 (1,62)	4,4-9,1 6,93 (0,97)
25-29,9 (Sobrepeso)	2,3-3,2 2,74 (0,32)	6,1-14,6 10,61 (2,75)	10,8-13,9 12,55 (1,14)	1-9 4,88 (2,99)	16-23,6 19,41 (2,04)	1,7-7,2 4,48 (2,04)	5,2-9,7 6,85 (1,26)
>30 (Obesidad)	2,8-3,1 2,95 (0,21)	12-15,5 13,75 (2,47)	11,6-12,7 12,15 (0,77)	2,5-9,2 5,85 (4,73)	18,7-19,4 19,05 (0,49)	1,3-2,1 1,7 (0,56)	6-7,8 6,9 (1,27)

Tiempo de conducción motora central (CMCT), milisegundos (ms), milivoltios (mV); Desviación estándar (DE), Índice de masa corporal (IMC)

^aTomado del sitio web del Centro para el control y prevención de enfermedades (CDC) <https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/index.html>

^b Único participante del grupo

18.4 Anexo 12. Valores de referencia para el Abductor digiti minimi (nervio ulnar) por subgrupos en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética en sujetos adultos sanos una Institución prestadora de salud en Bogotá, Colombia

NERVIO ULNAR (O CUBITAL) DERECHO							
	ESTÍMULO PERIFÉRICO		ESTÍMULO MEDULAR		ESTÍMULO CORTICAL		TCMC (ms)
	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	
	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)
SEXO							
Mujeres	2,1-3,1 2,46 (0,27)	5,7-12,6 10,01 (1,72)	10,2-14,1 11,93 (1,01)	1,1-11,1 3,72 (2,50)	16,5-21,8 18,78 (1,40)	1,8-7,4 4,53 (1,45)	4,4-9,4 6,84 (1,21)
Hombres	2-3,4 2,61 (0,33)	5,7-13,3 8,98 (1,92)	11,3-15,4 13,51 (1,07)	1,2-4,7 2,42 (1,05)	18,8-22,6 20,56 (1,27)	2,2-7,5 4,45 (1,43)	5,1-9,2 7,05 (1,07)
GRUPOS DE EDAD							
18-40	2-3,4 2,53 (0,31)	5,7-13,3 9,60 (1,98)	10,2-15,4 12,56 (1,29)	1,1-11,1 3,29 (2,21)	16,5-22,6 19,56 (1,51)	1,8-7,5 4,46 (1,42)	4,5-9,4 7 (1,11)
41-52	2,3-2,9 2,62 (0,32)	9,4-10,4 9,82 (0,41)	11,5-14,1 12,6 (1,19)	1,9-3,5 2,77 (0,67)	17,1-22 18,57 (2,30)	2,2-6,7 4,65 (1,90)	4,4-7,9 5,97 (1,45)
53-65	2,3-2,4 2,35 (0,07)	8-9,1 8,55 (0,77)	11,9-14,8 13,35 (2,05)	1,2-2,1 1,65 (0,63)	19,3-22,2 20,75 (2,05)	3,8-5,8 4,8 (1,41)	7,4-7,4 7,4 (0)
GRUPOS DE IMC^a							
<18,5 ^b (Bajo peso)	2,2 - -	11,7 - -	10,2 - -	4,7 - -	17,8 - -	3,6 - -	7,6 - -
18,5-24,9 (Peso normal)	2-3,4 2,59 (0,31)	5,7-13,3 9,48 (1,94)	10,4-15,4 12,78 (1,27)	1,1-11,1 3,26 (2,38)	16,5-22,6 19,71 (1,63)	2,2-7,5 4,62 (1,52)	4,4-9,4 6,93 (1,16)
25-29,9 (Sobrepeso)	2,1-2,8 2,36 (0,23)	7,3-12,2 9,6 (1,83)	11,3-14,8 12,46 (1,20)	1,2-4 2,7 (1,03)	17,6-22,2 19,47 (1,39)	3,5-5,8 4,46 (0,93)	5,1-9,2 7,01 (1,24)
>30 (Obesidad)	2,3-2,4 2,35 (0,07)	9,7-10,3 10 (0,42)	11,2-11,5 11,35 (0,21)	2,7-3,5 3,1 (0,56)	17,1-18,1 17,6 (0,70)	1,8-4,3 3,05 (1,76)	5,6-6,9 6,25 (0,91)

^aTiempo de conducción motora central (CMCT), milisegundos (ms), milivoltios (mV); Desviación estándar (DE), Índice de masa corporal (IMC) <https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/index.html>

^b Único participante del grupo

Valores de referencia en el estudio de potenciales evocados motores con estimulación magnética para el nervio ulnar y mediano en sujetos adultos sanos en una institución prestadora de salud en Bogotá

NERVIO ULNAR (O CUBITAL) IZQUIERDO							
	ESTÍMULO PERIFÉRICO		ESTÍMULO MEDULAR		ESTÍMULO CORTICAL		CMCT (ms)
	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	LATENCIA (ms)	AMPLITUD(mV)	LATENCIA (ms)	AMPLITUD (mV)	
	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)	RANGO PROMEDIO (DE)
SEXO							
Mujeres	2,1-3,2 2,5 (0,29)	6,3-13,3 9,63 (1,56)	10,1-13,8 11,9 (1,04)	1-11,2 4,07 (2,62)	15,5-21,9 18,39 (1,49)	1,6-7,7 4,89 (1,59)	4,3-11,4 6,49 (1,40)
Hombres	2,1-3,1 2,57 (0,29)	5,7-11,9 9,22 (1,46)	12,4-15,6 13,65 (0,82)	1-5,8 2,63 (1,24)	15,7-22 19,69 (1,58)	2,3-7,7 4,56 (1,42)	3-8 6,03 (1,32)
GRUPOS DE EDAD							
18-40	2,1-3,1 2,52 (0,29)	5,7-13,3 9,43 (1,58)	10,1-14,6 12,60 (1,23)	1-11,2 3,59 (2,33)	15,6-21,9 18,94 (1,64)	1,6-7,7 4,73 (1,53)	3-11,4 6,34 (1,40)
41-52	2,3-3,1 2,62 (0,35)	9-10,5 9,6 (0,69)	10,9-14 12,22 (1,41)	1,4-4,3 3,27 (1,37)	17,1-22 18,67 (2,24)	2,7-6,1 4,35 (1,39)	4,9-8 6,45 (1,28)
53-65	2,2-2,7 2,45 (0,35)	8,1-11,2 9,65 (2,19)	12,7- 15,6 14,15 (2,05)	1,1-1,6 1,35 (0,35)	18,6-20,1 19,35 (1,06)	5-7,1 6,05 (1,48)	4,5-5,9 5,2 (0,98)
GRUPOS DE IMC^a							
<18,5 ^b (Bajo peso)	2,3 - -	9,2 - -	10,1 - -	5,7 - -	15,5 - -	4,7 - -	5,4 - -
18,5-24,9 (Peso normal)	2,1-3,2 2,59 (0,29)	5,7-13,3 9,38 (1,58)	10,1-14,6 12,74 (1,23)	1-11,2 3,56 (2,51)	15,7-22 19,26 (1,65)	2,3-7,7 4,87 (1,56)	3-11,4 6,51 (1,46)
25-29,9 (Sobrepeso)	2,1-2,9 2,38 (0,28)	7,9-12 9,75 (1,60)	11,6-15,6 12,91 (1,22)	1,1-4,5 2,73 (1,11)	16,4-20,1 18,45 (1,16)	3,2-7,1 4,74 (1,24)	4,5-7 5,54 (0,91)
>30 (Obesidad)	2,3-2,4 2,35 (0,07)	9,4-9,8 9,6 (0,28)	10,9-11,1 11 (0,14)	3,6-4,3 3,95 (0,49)	17,1-18 17,55 (0,63)	1,6-4,2 2,9 (1,83)	6,2-6,9 6,55 (0,49)

^aTiempo de conducción motora central (CMCT), milisegundos (ms), milivoltios (mV); Desviación estándar (DE), Índice de masa corporal (IMC) <https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/index.html>

^b Único participante del grupo

18.5 Anexo 13. Características de los potenciales evocados motores en diversas patologías (Udupa, Steve)

	Ausencia PEM	CMCT	Amplitud	Latencia Cortical	RMT	CSP
Trastornos neurodegenerativos						
Esclerosis lateral amiotrófica		Prolongación	Aumento (FT)		Normal, disminución o aumento	
Variantes de ELA ^a		Prolongación				
Demencia						
Enfermedad de Alzheimer					Disminución	
Demencia frontotemporal		Prolongación		Aumento		
Trastornos del movimiento						
Enfermedad de Parkinson		Normal (FT), prolongación (PE),disminución	Aumento (en reposo), Disminución (en contracción)		Normal ^f , disminución	Disminución (estado OFF)
Parkinsonismo atípico ^b		Prolongación				
Enfermedad de Huntington					Normal, aumento	Normal, disminución
Distonía		Normal ^c , ausente o prolongación			Normal	
Síndrome de Tourette					Normal	Disminución
Mielopatía						
Mielopatía espondilítica cervical		Prolongación				
Lesiones de la médula espinal			Normal ^d , Disminución (LC)	Aumento	Normal (LC)	
Epilepsia			Normal		Disminución (EG), normal (EF)	Aumento (EG)
Epilepsia mioclónica		Disminución				
Migraña						
Sin Aura					Normal, aumento o disminución	
Con Aura					Normal	Disminución
Esclerosis Múltiple		Prolongación	Disminución	Aumento		
Accidente cerebrovascular	x	Prolongación	Disminución	Aumento		
Trastornos cerebelosos ^e		Prolongación				
Trastornos del nervio facial	x					
EPOC		Prolongado				
SAHOS		Disminución				

Esclerosis lateral amiotrófica (ELA), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), síndrome de apnea hipoapnea del

^a Amiotrofia monomérica braquial, neuropatía motora hereditaria distal con características piramidales, esclerosis lateral prim

^b Atrofia múltiple sistémica, parálisis supranuclear progresiva, demencia difusa con cuerpos de Lewy

^c Con mayor frecuencia

^d En los músculos y dentro de los 5 segmentos por debajo de la lesión de la médula durante el 70% de la contracción voluntaria máxima en comparación con el reposo

^e Ataxia de Friedreich y ataxia espinocerebelosa tipo 2

18.6 Anexo 14. Valores normales de potenciales evocados motores con estimulación magnética en miembros superiores

(Modificado de Gropa et al y Rossini et al)										
Referencia	País	Músculo	LEC (DE) (ms)	D/I Dif (DE) (ms)	Amplitud LEC (DE) (mv)	LEM (DE) (ms)	D/I Dif (DE) (ms)	Amplitud LEM (DE) (mv)	CMCT (DE) (ms)	D/I Dif (ms)
Barker (1987)	Estados Unidos	APB	21,1 (1,5)			13,1 (1,1)			8,0(1,2)	
Tabaraud (1989)	Francia	APB	21,8 (1,8)			14,4 (1,4)			7,2(1,8)	
Ludolph (1989)	Alemania	APB	21,4 (1,5)			14,8 (1,2)			6,6(1,4)	
Eisen (1990)	Estados Unidos	APB	20,2 (1,6)	6,5 (2,0)	6,0 (2,6)				6,5(2,0)	
Uozumi (1991)	Japón	APB	17,4 (1,3)		7,33 (1,47)					
Ghezzi(1991)	Italia	Eminencia tenar	20,5(2,0)			13,6 (1,0)			6,9(1,3)	
Dávalos (2010)	México	APB	17,9(1,4)		2,1 6,8 (1,7)	11,8 (1,6)		2,3 7,3(1,9)	6,1(0,6)	1,3
Chu (1989)	Taiwán	ADM	18,8 (1,2) (M)			11,8(1,0)			7,0(0,8)	
Chu (1989)	Taiwán	ADM	19,7 (1,0) (H)			12,7 (1,1)			7,1(1,1)	
Claus (1990)	Alemania	ADM	19,7 (1,0)			14,0 (1,5)			6,0(0,9)	2,4
Furby (1991)	Francia	ADM	20,5(1,2)						7,0(0,9)	
Barker(1987)	Estados Unidos	ADM	20,5(1,7)			13,1 (1,1)			7,4 (1,2)	
Dávalos (2010)	México	ADM	17,1 1,3)		2,2 8,3(1,9)	11,7 (1,7)		2,2 8,6(1,3)	5,4 (0,5)	1,4

Abductor pollicis brevis (APB), Abductor digiti minimi(ADM), milisegundos (ms); milivoltios (mv), latencia del estímulo cortical (LEC), latencia del estímulo medular (LEM), Tiempo de conducción motor central (CMCT), diferencia lado a lado (D/I Dif), mujeres (M), Hombres (H)