

**DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA EN LOS ESTUDIOS  
DE NEUROCONDUCCIÓN DE MIEMBRO SUPERIOR E INFERIOR EN  
ADULTOS**

**Dra. Maria Fernanda Nieto Garcia**

**Dra. Maria Johanna Ceron Casañas**

**Residente de Medicina Física y Rehabilitación**

**Universidad El Bosque**

**Postgrado de Medicina Física y Rehabilitación**

**Bogotá, 2019**

**DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA EN LOS ESTUDIOS  
DE NEUROCONDUCCIÓN DE MIEMBRO SUPERIOR E INFERIOR EN  
ADULTOS**

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

Autora: Dra. Maria Fernanda Nieto Garcia

Residente de III año de Medicina física y Rehabilitación

Universidad El Bosque

Celular: 30114726948. E-mail: [mafenieto06@hotmail.com](mailto:mafenieto06@hotmail.com)

Dra. Maria Johanna Ceron Casañas

Residente de II año de Medicina física y Rehabilitación

Universidad El Bosque

Celular: 3017873937. E-mail: [majito\\_ceron@hotmail.com](mailto:majito_ceron@hotmail.com)

Asesor Temático: Dr. Carlos Rangel Galvis

Médico especialista en Medicina Física y Rehabilitación

Director postgrado Medicina Física y Rehabilitación Universidad El Bosque

Celular: 3138912937. E-mail [edugalvis@yahoo.es](mailto:edugalvis@yahoo.es)

Asesor Metodológico: Dr. Fernando Yaacov Peña

Investigación de postgrados Universidad El Bosque

Celular: 3133948606. E-mail: [fpenam@unbosque.edu.co](mailto:fpenam@unbosque.edu.co)

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

## **Agradecimientos**

Expreso mi más sincero agradecimiento a:

El Dr. Carlos Rangel Galvis que con su conocimiento y amplia experiencia nos acompañó en el proceso investigativo.

El Dr. Fernando Peña que siempre estuvo dispuesto a brindar las asesorías de manera oportuna para el desarrollo de este proyecto, explicando cada paso a seguir.

A la IPS Rangel por inspirarnos para desarrollar este tema en particular, dado a la calidad humana del personal de salud que se ve reflejado en la atención de un gran flujo de pacientes generando un pronto diagnóstico, pronóstico y recuperación de los pacientes, además por permitir la realización del presente estudio.

A nuestras familias por siempre apoyarnos incondicionalmente para lograr obtener el título de especialistas en Medicina Física y Rehabilitación.

## Tabla de contenido

RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	13
1. INTRODUCCIÓN .....	16
2. MARCO TEÓRICO.....	20
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	47
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	48
5. JUSTIFICACIÓN.....	49
6.. OBJETIVOS .....	50
6.1. OBJETIVO GENERAL: .....	50
6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS: .....	50
7. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	51
7.1. TIPO DE ESTUDIO: .....	51
7.2. POBLACIÓN DE REFERENCIA Y MUESTRA: .....	51
7.3. <i>Tamaño y obtención de la muestra:</i> .....	51
7.4. <i>Criterios de inclusión:</i> .....	51
7.5. <i>Criterios de exclusión:</i> .....	52
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
9. PLAN DE ANÁLISIS.....	62
10. ASPECTOS ÉTICOS.....	63
11. CRONOGRAMA.....	66

<b>12.</b>	<b>PRESUPUESTOS</b> .....	<b>68</b>
<b>13.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>70</b>
<b>14.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>82</b>
<b>15.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>86</b>
<b>16.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>87</b>
<b>17.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>91</b>
17.1.	ANEXO 1. CARTA ASIGNACIÓN DE AESOR.....	91
17.2.	ANEXO 2. AUTORIZACIÓN POR PARTE DE LA IPS RANGEL.....	92
17.3.	ANEXO 3 . CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	93
17.4.	ANEXO 4. FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	100
17.5.	ANEXO 5. CERTIFICADO HABILITACIÓN IPS CARLOS RANGEL GALVIS S.A.S.....	102
17.6.	ANEXO 6. AUTORIZACIÓN COMITÉ DE ÉTICA.....	104

## **Lista de Tablas**

<i>Tabla 1: Valores normales de neuroconducción motora en adultos en miembros superiores</i>	17
<i>Tabla 2. Valores normales de neuroconducción sensitiva en adultos en miembros superiores</i>	18
<i>Tabla 3. Valores normales de neuroconducción motora en adultos en miembros inferiores</i>	19
<i>Tabla 4. Valores normales de neuroconducción sensitiva en adultos en miembros inferiores</i>	19
<i>Tabla 5. Operacionalización de las variables</i>	53
<i>Tabla 6. Características de los pacientes</i>	70
<i>Tabla 7. Valores de neuroconducción motora y sensitiva del Nervio Mediano</i>	71
<i>Tabla 8: Valores de neuroconducción motora y sensitiva del Nervio Cubital</i>	72
<i>Tabla 9. Valores de neuroconducción motora y sensitiva del Nervio Radial</i>	73
<i>Tabla 10. Valores de neuroconducción motora del Nervio Tibial</i>	74
<i>Tabla 11. Valores de neuroconducción motora del Nervio Peroneo</i>	75
<i>Tabla 12. Valores de neuroconducción sensitiva del Nervio Sural</i>	75
<i>Tabla 13. Valores de neuroconducción sensitiva y motora del Nervio Mediano de acuerdo al sexo</i>	76
<i>Tabla 14. Diferencias en la neuroconducción sensitiva y motora del Nervio Cubital de acuerdo al sexo</i>	77
<i>Tabla 15. Diferencias en la neuroconducción sensitiva y motora del Nervio Radial de acuerdo al sexo</i>	77

*Tabla 16. Diferencias en la neuroconducción motora del Nervio Tibial de acuerdo al sexo.....78*

*Tabla 17. Diferencias en la neuroconducción motora del Nervio Peroneo de acuerdo al sexo.....78*

*Tabla 18. Diferencias en la neuroconducción sensitiva del Nervio Sural de acuerdo al sexo.  
.....78*

***Lista de gráficas***

*Figura 1: Neuroconducción: ulnar motor*.....36

*Figura 2: Neuroconducción: mediano sensitivo ortodrómico* .....38

*Figura 3: Neuroconducción: mediano sensitivo antidrómico* .....38

## Resumen

**Introducción:** Los estudios de conducción nerviosa (NCS) son un componente fundamental de la evaluación electrodiagnóstica, brindan una valiosa información de la función neuromuscular, dirigen al médico, proporcionan un diagnóstico, pronóstico, localización topográfica y evaluación del tratamiento de numerosas afecciones del aparato neuromuscular; el valor clínico de la NCS se ve atenuado por una variedad de condiciones entre estas la diferencia poblacional en cuanto a características fenotípicas, biológicas y ambientales, teniendo en cuenta que en Colombia los valores normales de referencia se extrapolan de valores estadounidenses o europeos, refleja la importancia de establecer estándares de normalidad en la NCS según las características demográficas, por lo que se buscará determinar los parámetros de normalidad en población adulta sana con características específicas con el fin que esto sirva de referencia para analizar mejor los datos de neuroconducción en Colombia.

**Objetivos:** Determinar valores de referencia en neuroconducciones sensitivas y motoras de los nervios periféricos de miembro superior e inferior, en individuos sanos.

**Método:** Estudio transversal, descriptivo, se realizaron estudios de neuroconducción sensitiva y motora en nueve nervios periféricos en 100 individuos sanos.

**Resultados:** se examinaron 100 participantes todos de procedencia Colombiana, con un predominio de sexo femenino en el 61% , y una dominancia derecha en el 91% de la población abarcada, el estudio arrojó los siguientes valores: edad en años con una mediana de 32 y un rango intercuartílico de 28-41, IMC con una mediana de 23.6 y un rango intercuartílico de 21.6-26.1, la temperatura con una mediana de 35.6 y un rango intercuartílico de 35.3-35.9. En cuanto a los nervios evaluados se evidenció: el Mediano

motor la latencia con una mediana de 2.9 y un rango intercuartílico de 2.7-3.1, la amplitud con una mediana de 10.0 y un rango intercuartílico de 8.4-12, la velocidad de conducción con una mediana de 63.5 y un rango intercuartílico de 60 – 66.7, el nervio Mediano sensitivo la latencia con una mediana de 3.0 y un rango intercuartílico de 2.8-3.1, la amplitud con una mediana de 90.15 y un rango intercuartílico de 69.3-119.6, la velocidad de conducción con una mediana de 47 y un rango intercuartílico de 45-50, el nervio Ulnar motor la latencia con una mediana de 2.2 y un rango intercuartílico de 2-2.4, la amplitud con una mediana 10.2 y un rango intercuartílico de 9-11.1, la velocidad de conducción con una mediana de 72.5 y un rango intercuartílico de 67-76, el nervio Ulnar sensitivo la latencia con una mediana de 2.8 y un rango intercuartílico de 2.5-2.9, la amplitud con una mediana de 63.85 y un rango intercuartílico de 46.13-87.1, la velocidad de conducción con una mediana de 50 y un rango intercuartílico de 48-56, el nervio Radial motor la latencia con una mediana de 1.65 y un rango intercuartílico de 1.2-2, la amplitud con una mediana de 5.65 y un rango intercuartílico de 4.63-6.5, la velocidad de conducción con una mediana de 68.5 y un rango intercuartílico de 64-73.75, el nervio Radial sensitivo la latencia con una mediana de 2.4 y un rango intercuartílico de 2.3-2.7, la amplitud con una mediana de 27.65 y un rango intercuartílico de 21.23-38.9, la velocidad de conducción con una mediana de 56 y un rango intercuartílico de 52-61, el nervio Tibial la latencia con una mediana de 3.4 y un rango intercuartílico de 3.0-4.18, la amplitud con una mediana de 13.5 y un rango intercuartílico de 11-17.28, la velocidad de conducción con una mediana de 53 y un rango intercuartílico de 50-56, el nervio Peroneo la latencia con una mediana de 3.05 y un rango intercuartílico de 2.7-3.7, la amplitud con una median de 6.7 y un rango intercuartílico de 4.83-8.3, la velocidad de conducción con una mediana de 58.1 y un rango intercuartílico de 51.8 - 64.4, el nervio Sural la latencia con una mediana de 3 y

un rango intercuartílico de 2.8-3.3, la amplitud con una mediana de 24 y un rango intercuartílico de 18.9-33.43 y la velocidad de conducción con una mediana de 47 y un rango intercuartílico de 42-50.

**Conclusiones:** Los resultados de conducción nerviosa en la población abarcada mostraron una variabilidad con respecto a la referencia internacional, evidenciando la importancia de estandarizar estos datos arrojados en tablas con los valores de referencia en cada población específica, dada las diferencias antropométricas y sociodemográficas.

**Palabras claves:** neuroconducciones, adulto, sano, miembro superior, miembro inferior, nervios, motor, sensitivo, latencia, amplitud, velocidad de conducción, Mediano, Ulnar, Radial, Tibial, Peroneo, Sural.

## Abstract

**Introduction:** nerve conduction studies (NCS) are a fundamental component of electrodiagnostic evaluation, they give valuable information of the neuromuscular function, lead the doctor, provide a diagnosis, prognosis, topographic location and evaluate the treatment of a variety of conditions of the neuromuscular system; the clinical value of the NCS looks attenuated by a multicity of variables, among them there is the demographic difference regarding the phenotypic, biological and environmental aspects, taking into account that normal reference values in Colombia get extrapolated from Europe and the United States, the importance of establishing normal standards based on demographic characteristics gets reflected, so that is the reason why determining the normal parameters in healthy adult people with specific characteristics will be sought in order that this serves as a reference to better analyze neuroconduction data in Colombia.

**Objectives:** to determine reference values in sensory and motor neuroconductions of the upper and lower peripheral nerves in healthy individuals

**Methods:** transversal, descriptive study, sensory and motor neuroconduction studies where performed in nine peripheral nerves in a hundred healthy individuals.

**Results:** a hundred participants were examined, all of them from Colombian origin, with predominance of female gender in the 61% and a right laterality in the 91% of the population studied, the study yielded the next values: age in years with a median of 32 and an interquartile range of 28-41, BMI with a median of 23.6 and an interquartile range of 21.6-26.1, the temperature with median of 35.6 an interquartile range of 35.3-35.9. With regards of the evaluated nerves it was evidenced: the median motor latency with median of 2.9 and an interquartile range of 2.7-3.1, the amplitude with a median of 10.0 and an

interquartile range of 8.4-12, the conduction velocity with a median of 63.5 an interquartile range of 60-66.7, the median sensory nerve the latency with a median of 3.0 an interquartile range of 2.8-3.1, the amplitude with a median of 90.15 and an interquartile range of 69.3-119.6, the conduction velocity with a median of 47 and an interquartile range of 45-50, the Ulnar motor nerve latency with a median of 2.2 and an interquartile range of 2-2.4, the amplitude with a median 10.2 and an interquartile range of 9-11.1, the conduction velocity with a median of 72.5 and an interquartile range of 67-76, the Ulnar nerve sensory latency with a median of 2.8 and an interquartile range of 2.5-2.9, the amplitude with a median of 63.85 and an interquartile range of 46.13-87.1, the conduction velocity with a median of 50 and an interquartile range of 48-56, the Radial motor nerve the latency with a median of 1.65 and an interquartile range of 1.2-2, the amplitude with a median of 5.65 and an interquartile range of 4.63-6.5, the conduction velocity with a median of 68.5 and an interquartile range of 64-73.75, the Radial nerve sensory latency with a median of 2.4 and an interquartile range of 2.3-2.7, the amp with a median of 27.65 and an interquartile range of 21.23-38.9, the conduction velocity with a median of 56 and an interquartile range of 52-61, the Tibial nerve latency with a median of 3.4 and an interquartile range of 3.0- 4.18, the amplitude with a median of 13.5 and an interquartile range of 11-17.28, the conduction velocity with a median of 53 and an interquartile range of 50-56, the Peroneal nerve latency with a median of 3.05 and an interquartile range from 2.7-3.7, the amplitude with a median of 6.7 and an interquartile range of 4.83-8.3, the conduction velocity with a median of 58.1 and an interquartile range of 51.8-64.4, the Sural nerve latency with a median of 3 and an interquartile range of 2.8-3.3, the amplitude with a median of 24 and an interquartile range of 18.9-33.43 and the conduction velocity with a median of 47 and an interquartile range of 42-50.

**Conclusions:** The results of nerve conduction in the population studied showed a variability in comparison with the international reference, proving the importance of standardizing this data obtained in tables with the reference values in each specific population, given the anthropometric and sociodemographic differences.

**Key words:** neuroconductions, adult, healthy, upper limb, lower limb, nerves, motor, sensory, latency, amplitude, conduction velocity, median, ulnar, radial, tibial, peroneo, sural.

## 1. Introducción

Los estudios de neuroconducción constituyen uno de los componentes principales de la evaluación electrofisiológica, permite evaluar las funciones motoras y sensitivas periféricas, mediante el registro de una respuesta electrofisiológica evocada sobre un nervio o músculo mediante la aplicación de un estímulo eléctrico, es especialmente útil en el diagnóstico de la enfermedad de nervio periférico o neuropatías, debe interpretarse teniendo en cuenta el escenario clínico y de esta manera sirven como una extensión útil del examen neurológico. En los últimos años este tema ha sido de gran interés debido a que aporta datos clínicos útiles para el diagnóstico de diversas patologías que afectan al sistemas nerviosos central, periférico y del aparato neuromuscular; es importante el conocimiento de las generalidades del electrodiagnóstico con el fin de poder tomar decisiones acerca de cuál modalidad de estudio neurofisiológico es el indicado. (1,2,3,5)

Estos estudios se basan en la estimulación eléctrica con pulsos seguros de un nervio periférico y el registro del potencial de acción resultante que puede ser sensitivo o motor que se generan en fibras sensitivas o motoras respectivamente registrado con electrodos de superficie para los potenciales sensitivos sobre en trayecto del nervio y para los potenciales motores sobre el músculo específico, proporcionando la información sobre el estado del nervio, músculos o unión neuromuscular. Los resultados de los estudios pueden revelar información en tamaños y velocidad del impulso eléctrico realizado, donde el tamaño nos revela el número de fibras nerviosas presentes y la velocidad de la integridad de la mielina que se encuentra recubriendo cada nervio estimulado. (5,6,7,8,9)

Antes de la realización del estudio, se debe realizar una breve historia clínica y un examen

físico de enfoque neurológico, se debe tener en cuenta los factores que pueden modificar el resultado como la edad, la temperatura y edema. El procedimiento es muy seguro y no invasivo; durante la realización siempre se indica la colocación de los electrodos y los estímulos aplicados en cada extremidad. En cuanto a los efectos secundarios son muy raros, en ocasiones puede experimentar molestias durante el examen. (5,6,7,8,9)

Los resultados de los estudios electrodiagnósticos nos ayudan al diagnóstico de trastornos nerviosos tanto local como generalizado, radiculopatías, plexopatías, trastornos musculares y de la unión neuromuscular. Cuando se realizan estudios de electrodiagnóstico en nuestro país estos se interpretan tomando valores de referencia de laboratorios estadounidenses o europeos sin tener en cuenta las diferencias demográficas y antropométricas. (5,6,7,8,9)

La técnicas y valores de referencia de conducción nerviosa de rutina en adultos que se utilizan actualmente de extremidades superiores e inferiores tanto motores como sensitivos se muestra en la tabla 1,2,3,4.

**Tabla 1. Valores normales de neuroconducción motora en adultos en miembros superiores.**

Nervio	captado	Amplitud (mV)	Velocidad de conducción (m/s)	Latencia (ms)	Distancia (cm)
Mediano	Abductor pollicis brevis (APB)	$\geq 4.0$	$\geq 49$	$\leq 4.4$	7

Ulnar	Abductor digiti minimi (ADM)	$\geq 6.0$	$\geq 49$	$\leq 3.3$	7
Radial	Extensor indicis propius (EIP)	$\geq 2.0$	$\geq 49$	$\leq 2.9$	4 – 6

***Tabla 2. Valores normales de neuroconducción sensitiva en adultos en miembros superiores.***

Nervio	Captado	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Velocidad de conducción (m/s)	Latencia (ms)	Distancia (cm)
Mediano	2 dedo	$\geq 20$	$\geq 50$	$\leq 3.5$	13
Ulnar	5 dedo	$\geq 17$	$\geq 50$	$\leq 3.1$	11
Radial	Tabaquera	$\geq 15$	$\geq 50$	$\leq 2.9$	10

**Tabla 3. Valores normales de neuroconducción motora en adultos en miembros inferiores.**

Nervio	Captado	Amplitud (mV)	Velocidad de conducción (m/s)	Latencia (ms)	Distancia (cm)
Tibial	Abductor hallucis brevis (AHB)	$\geq 4.0$	$\geq 41$	$\leq 5.8$	9
Peroneo	Extensor digitorum brevis (EDB)	$\geq 2.0$	$\geq 44$	$\leq 6.5$	9

**Tabla 4. Valores normales de neuroconducción motora en adultos en miembros inferiores.**

Nervio	Captado	Amplitud ( $\mu$ V)	Velocidad de conducción (m/s)	Latencia (ms)	Distancia (cm)
Sural	Tobillo posterior	$\geq 6$	$\geq 40$	$\leq 4.4$	14

## 2. Marco teórico

El estudio de conducción nerviosa periférica constituye uno de los componentes principales de la evaluación electrofisiológica para la identificación y el estudio de la neuropatía periférica y la enfermedad neuromuscular, lo que permite definir el tipo fisiopatológico de la lesión nerviosa, su distribución, gravedad y el grado de afectación del nervio motor o sensorial mediante el empleo de corrientes eléctricas aplicadas como estímulo, registrando la activación muscular o nerviosa el cual permite hacer un registro eléctrico del potencial de acción generado sobre el nervio correspondiente, en el que miden la fuerza y la velocidad de los impulsos que se propagan a lo largo de un nervio periférico, utilizando un estimulador bipolar colocado en la superficie de la piel, realizando una medida cuantitativa de estos, mucho más exacta y objetiva, siendo de gran valor en la evaluación confirmando o descartando el diagnóstico presuntivo inicial, estableciendo el pronóstico. En la rehabilitación orienta el tratamiento, realiza seguimiento en el curso evolutivo de la enfermedad y evalúa los resultados de la terapéutica aplicada, que les permitan orientar objetivamente el manejo clínico.(1,2,3,9,10 )

Es una herramienta crítica para definir localización topográfica y evaluación del tratamiento de numerosas afecciones del aparato neuromuscular y de otras estructuras constituido por las motoneuronas del asta anterior de la médula espinal, las raíces nerviosas motoras, sensitivas, el ganglio espinal, los plexos, los nervios periféricos, la unión neuromuscular, los efectores somáticos correspondiente al músculo, los efectores viscerales, las terminaciones nerviosas sensitivas en piel y músculo, así como las estructuras somáticas y viscerales de algunos nervios craneales. Su integridad es

indispensable para garantizar funciones claves para la supervivencia, tales como la movilidad y la sensibilidad, su afección implica generalmente dolor o disfunción motora en algún grado. Estas técnicas proporcionan una idea de la fisiopatología de una lesión nerviosa como la desmielinización o la pérdida de axones. Al cuantificar el grado de pérdida de axón, se puede estimar el pronóstico para la recuperación de lesiones de neuronas motoras inferiores. Finalmente los métodos de electrodiagnóstico permiten rastrear cuantitativamente los procesos de enfermedad y complementar las estimaciones cualitativas que ofrece el examen clínico. (11,12,13,14,15,16)

### *Eventos históricos*

El desarrollo temprano de los estudios de conducción nerviosa se relaciono con el descubrimiento de la electricidad, esta relación se dilucido a partir de las observaciones históricas del efecto de aplicar corriente eléctrica al cuerpo de un animal y descubrir que los mismos músculos y nervios podían producir electricidad, este concepto allanó camino para la práctica de la electroterapia la cual fue común en Europa en el tratamiento de parálisis funcional u orgánica entre los siglos XVII y XIX, proporcionando la base del diagnóstico electrofisiológico. Antes de la experimentación científica en animales y humanos, la electricidad era fuente de asombro y diversión para el público en Europa. La fuente de la carga utilizada proviene de una máquina de fricción o de un rayo. Sin embargo, se necesitaba una fuente constante y confiable de electricidad para llevar a cabo una investigación rigurosa en el campo requiriendo una evolución histórica en los últimos tres siglos, el cual será descrita a continuación. (17,18,19,20)

En el siglo XVIII, el interés en la electricidad aumentó después de la invención del frasco de Leyden, diseñado por Dean von Kleist y Petrus van Musschenbroek en Leiden, 1745-1746 ; consistía en un frasco de vidrio con papel de aluminio que cubría sus superficies interna y externa, sus revestimientos de aluminio no alcanzan la boca del frasco en ninguno de los lados para evitar que la carga se mueva entre las láminas, un electrodo de varilla de metal se proyecta a través de la tapa del frasco y se conecta a la lámina interna mediante una cadena colgante lo que permite su carga, la fuente de la carga de la lámina interna era una máquina de fricción mientras que la lámina externa se conecta a tierra; las superficies interna y externa del recipiente guardaban cargas iguales pero opuestas y cuando estaban conectadas fluía una corriente eléctrica. Unos años después de esto, Benjamin Franklin logró cargar la varilla de metal de un rayo naturalmente . El frasco de Leyden les dio a los fisiólogos una forma de almacenar y generar electricidad de una manera más confiable. Se ha considerado el precursor de los condensadores o condensadores del día actual. (17,18,19,20)

Luigi Galvani (1737-1798) fue profesor de anatomía en la Universidad de Bolonia. Un día estaba disecando una rana mientras algunos de sus colegas jugaban con un frasco de Leyden y, afortunadamente, se arrojó una chispa de un conductor al mismo tiempo que Galvani tocaba el nervio de la rana con su cuchillo de metal. Informó que el cuerpo de la rana fue sacudido por una convulsión violenta , inicialmente se le ocurrió que había estimulado mecánicamente el nervio con el cuchillo sin embargo, notó que no hubo recurrencia de la contracción cuando tocó el nervio nuevamente; además cuando utilizó un cuchillo con mango de marfil, no se produjo una contracción, publicó sus hallazgos en 1791. Él creía que la electricidad era generada por el cuerpo y conducida a través del tejido

nervioso, el utilizó el término "electricidad animal" para referirse a este fenómeno. Galvani sintió que la capa aceitosa de los nervios los convertía en buenos conductores de la electricidad y como el frasco de Leyden los músculos podían recibir la electricidad del animal. (17,19,20,21)

Una seria controversia científica se desarrolló en Italia entre Galvani y Alessandro Volta (1755-1832). Volta dudaba de la naturaleza biológica del fenómeno y ponía más énfasis en la metafísica. Argumentó que la corriente que se generó en el experimento de Galvani fluía esencialmente entre dos metales diferentes, en el caso de Galvani, los metales eran el bronce de los ganchos y el hierro de las barandillas, el cuerpo de la rana proporcionaba los electrolitos, desafortunadamente para Galvani, Volta también tenía razón demostró que los espasmos musculares se producían con mayor fiabilidad si el arco metálico que conectaba el músculo y el nervio estaba compuesto por dos metales diferentes; en ese momento Volta estaba trabajando en su descubrimiento histórico la Pila Voltanica, al colocar discos alternativos de zinc y plata uno encima del otro con un trozo de tela que había sido empapado en una solución salada entre cada par, Volta pudo construir una fuente constante de electricidad que más tarde reemplazó el frasco de Leyden. En 1794, Galvani y su sobrino Aldini demostraron que aún puede producirse una contracción muscular, incluso sin metal, demostrándolo en el extremo cortado del nervio ciático al entrar en contacto con los músculos de las piernas; luego Volta argumentó que los nervios y los músculos como los metales son todavía objetos diferentes. Tres años más tarde Galvani presentó la prueba definitiva de su hipótesis colocando con cuidado el nervio ciático de la pata de la primera rana, de modo que su extremo cortado tocó el nervio ciático de la segunda pierna, descubrió

que el contacto entre los dos nervios era suficiente para producir la contracción de un músculo. (17, 20,21,22,23)

En 1838, el concepto de la electricidad animal fue revivido por Carlo Matteucci que realizó el experimento de Galvani de una manera diferente, usó una pierna completa de rana que se cortó debajo de la rodilla con solo el nervio aislado sobre ella, observó la capacidad de la contracción muscular de la rana para estimular el nervio en otra configuración de nervios musculares, cuando la primera se encontraba sobre ella. En general, los descubrimientos de Galvani fueron importantes en el sentido de que desacreditaron la creencia de que el sistema nervioso fue activado por el alma, un ejemplo histórico de vitalismo que cede al materialismo. (17,20,21,22,23,24)

El centro de investigación sobre este tema se mudó de Italia a Alemania y al norte de Europa durante el siglo XIX. En el que se descubrió que el paso de una corriente a través de una única bobina de cable conducía a un campo electromagnético que podía desviar una aguja, inventando así el primer galvanómetro. Emil Du Bois-Reymond (1818-1896) mejoró la máquina aumentando el número de bobinas a 24,000 que se formaron a partir de cinco kilómetros de cable, por lo tanto fue capaz de aumentar la sensibilidad del galvanómetro para detectar un impulso eléctrico propagado en la superficie de un músculo que se contrae voluntariamente. Con el trabajo de Du Bois-Reymond, comenzó la experimentación en sujetos humanos. (17,20,21,22,23,24)

Guillaume Benjamin Duchenne (1806-1875) ingresó a la escuela de medicina en París en 1825. Al graduarse, regresó a su casa en Bolonia para ejercer la medicina. En 1833 pudo

demostrar que los músculos pueden estimularse por vía percutánea, trabajó en el desarrollo de estimuladores y electrodos necesarios para sus experimentos, era consciente del hecho de que los diferentes músculos responderían más rápidamente si los estimulaba la corriente eléctrica en ciertos puntos de su superficie. Sin embargo, no publicó la ubicación de estos lugares. Robert Remak visitó París para ver a Duchenne demostrando la estimulación localizada, que estos puntos representan las zonas de entrada del nervio, o los puntos motores del músculo . En 1861, Wilhelm Erb usó corrientes farádicas y galvánicas para la estimulación eléctrica e identificó los puntos en los que el plexo braquial puede estimularse proximalmente (punto de Erb). (17,21,22,23, 24,25)

A comienzos del siglo XX, se había establecido el escenario para el desarrollo del estudio electrodiagnóstico mediante la invención de equipos de registro más sensibles. d'Arsonval demostró el sonido del estímulo eléctrico de los músculos mediante el uso de un teléfono en 1878 . El tubo de rayos catódicos fue inventado por Braun en 1897 . Luego, Einthoven diseñó el galvanómetro de cuerdas en 1903 y Lopicque desarrolló un equipo más preciso que tenía un disyuntor en 1907. Piper hizo uso de estos inventos para realizar neuroconducciones en el nervio cubital y registrar los potenciales musculares durante la contracción voluntaria, consideró la frecuencia de estos potenciales registrados desde la superficie del músculo como la frecuencia de los impulsos neuronales que reciben, explicó sus experimentos en el primer libro sobre el tema de la electromiografía en 1912. En 1909, Lopicque definió la base de referencia como la mínima intensidad de corriente continua necesaria para la excitación muscular, y la duración de la corriente mínima necesaria para excitar el tejido muscular utilizando una doble intensidad. Estos conceptos permitieron a Edgar Adrian informar los datos de duración de la fuerza muscular en 1916, los cuales

fueron consistentes en músculos sanos con cambios predecibles durante la degeneración o recuperación muscular. (17,24,25,26,27,28)

Edgar Douglas Adrian (1889-1977) Ingresó a los estudios de medicina en el hospital de St. Bartholomew en Londres, Luego, completó su entrenamiento de neurología clínica en Queen Square. Colaboró con Detlef Bronk, un fisiólogo estadounidense, en un experimento destinado a medir el potencial de acción generado a partir de una fibra nerviosa única; intentaron cortar todas las fibras nerviosas excepto una en el nervio frénico de un gato. Adrián y Bronk supusieron que quedarían entre 3 y 4 fibras nerviosas y que si los impulsos nerviosos tenían una forma uniforme y una frecuencia regular, representarían solo una fibra nerviosa. También usaron un electrodo de aguja concéntrico y un altavoz para registrar la actividad eléctrica de las fibras musculares que son suministradas por una sola fibra nerviosa, que más tarde se conocería como "potencial de unidad motora" . Adrián más tarde ganó el Premio Nobel en 1932 y Bronk se convirtió en el sexto presidente de la Universidad Johns Hopkins. (17, 23,24, 28,29)

Joseph Erlanger (1874-1965) se graduó de la Escuela de Medicina Johns Hopkins y completó su pasantía bajo la supervisión de William Osler. En 1906, fue designado como presidente del departamento de fisiología de la Universidad de Wisconsin, donde Herbert Gasser era su alumno. Seis años más tarde, Erlanger decidió establecer su nuevo departamento de fisiología en la Universidad de Washington en San Luis e invitó a Gasser a unirse, lograron utilizar el osciloscopio de rayos catódicos de Braun para graficar el potencial de acción del nervio ciático de una rana; también descubrieron que las fibras nerviosas con diferentes diámetros tienen diferentes velocidades de conducción. Los tres

tipos de fibras nerviosas que propusieron fueron fibras tipo alfa con velocidad de conducción nerviosa de 100 m / s, tipo beta 2-14 m / s) y tipo gamma C (2 m / s). Sugirieron que las fibras tipo alfa eran las fibras aferentes para los husos musculares . Para este descubrimiento histórico, fueron galardonados con el Premio Nobel de medicina en 1944. (17, 24,25,26)

Derek E. Denny Brown (1901-1981) obtuvo su título de médico de la Universidad de Otago, Nueva Zelanda en 1924, observo la contracción muscular espontánea en pacientes con esclerosis lateral amiotrófica (ELA), se conoce comúnmente como fibrilación hasta que se publicó el informe de Denny-Brown en 1938 "Este fenómeno comúnmente llamado fibrilación, pero más propiamente llamado fasciculaciones, puede representar la descarga involuntaria intermitente de impulsos nerviosos individuales por un trastorno anormal de la neurona motora. También describió otros fenómenos electromiograficos como la miotonía y la mioquimia, incluyendo la reducción de la amplitud y la duración de los potenciales de la unidad motora (MUP) en pacientes con distrofia muscular, que se explica por la necrosis de la fibra muscular al azar dentro de la unidad motora. También se refirió a los MUP polifásicos de larga duración en pacientes con trastornos neurogénicos crónicos, lo que se debe a la presencia de brotes axonales y la agrupación de fibras musculares reinervadas. (17, 28,29,31,32,33).

Fritz Buchthal (1907-2003) se unió a la escuela de medicina en la Universidad de Friburgo en 1925. Aprobó los exámenes de admisión a la Universidad de Stanford, donde estudió anatomía, genética y fisiología. En 1928, regresó a Alemania para terminar su título de médico de la Universidad de Berlín. Luego se mudó al instituto Kaiser Wilhelm, donde

desarrolló un microelectrodo para registrar el potencial de fibra muscular individual en 1934. Después del final de la Segunda Guerra Mundial, regresó a Dinamarca para dirigir el nuevo Instituto Neurofisiológico de la Universidad de Copenhague. Su mayor logro fue informar los datos normativos actualmente utilizados de amplitudes y duraciones de los MUP en diferentes músculos individuales a diferentes edades. También describió los diferentes hallazgos de la conducción nerviosa en las neuropatías axonales y desmielinizantes. (34,35,36,37)

Martin Glover Larrabee (1910-2003) se graduó de la Universidad de Harvard en 1932 y recibió su doctorado en biofísica de la Universidad de Pensilvania en 1937. Hacia el final de la Segunda Guerra Mundial, trabajó con Robert Hodes en el hospital militar de Framingham, MA y colaboró con William German, neurólogo del Hospital Naval de Philadelphia. El grupo de Larrabee intentó medir el potencial combinado de las fibras musculares individuales de la superficie del músculo después de la estimulación supramáxima del nervio supurante por vía percutánea; más tarde conocido como el potencial de acción muscular compuesto (CMAP). Pudieron cuantificar las diferencias en las formas de onda CMAP mediante la estimulación por encima y por debajo del sitio de la lesión del nervio periférico en las víctimas de la guerra, informaron que la velocidad de conducción normal de las fibras nerviosas más rápidas que suministran los músculos intrínsecos de la mano y el pie podría oscilar entre 46 y 67 m / s. También encontraron que las tasas de recuperación después de la sutura nerviosa fueron más uniformes que la recuperación espontánea sin sutura e indicaron que la mayor parte de la recuperación se produce en el primer año después de la sutura. (17,18,19,37,38,39)

Por la misma época, George Dawson desarrolló las técnicas de promediado de señales y superposición fotográfica que eran necesarias para registrar el potencial de acción nervioso sensitivo. Posteriormente, Dawson desarrolló la técnica de estimulación digital de las neuroconducción sensorial ortodrómica en un esfuerzo por aislarlos del componente motor encontrado en las técnicas antidrómicas. El trabajo de Dawson fue ampliado y traído a la aplicación clínica por Roger W. Gilliatt (1922-1991), logrando establecer valores normativos para los estudios sensoriales medianos y cubitales, también realizó una descripción precisa de los hallazgos clínicos y electrofisiológicos observados en el verdadero síndrome de salida torácica neurogénica. El desgaste preferencial de la eminencia tenar, en lugar de la hipotenar, en tales casos se ha denominado con frecuencia como "mano de Gilliat". (17,18,19,37,38,39)

El trabajo sobre los trastornos de la transmisión de las uniones neuromusculares comenzó con Friedrich Jolly (1844-1904) de Alemania, quien describió la fatiga temprana del músculo orbicular del ojo de pacientes con miastenia grave cuando se exponen a corrientes farádicas repetitivas. Bernard Katz, después de huir al Reino Unido para escapar de la persecución nazi, describió varios aspectos fisiológicos del proceso de transmisión de las uniones neuromusculares. Su trabajo se centró en el potencial de la placa terminal en miniatura , el papel de los canales de calcio regulados por tensión presináptica y la liberación cuántica de la acetilcolina. Por este trabajo, fue galardonado con el Premio Nobel en 1970. (17, 38,39)

Edward H. Lambert (1915-2003) completó su doctorado en la Universidad de Illinois en 1938 antes de obtener su doctorado de la misma institución. Se unió a Mayo Clinic en

1943, donde estableció el primer laboratorio clínico de electromiografía en los Estados Unidos. En 1957, Lambert y Lee Eaton, que presidió el departamento de neurología de la Clínica Mayo en aquel momento, describieron una serie de seis casos que presentaban un trastorno similar a la miastenia gravis y la malignidad intratorácica, al mismo tiempo descubrieron que una serie de estímulos eléctricos que producían una disminución transitoria seguida de un aumento notable de CMAP, con incrementos comparables en la potencia muscular después de la actividad voluntaria repetitiva. También informaron que estos pacientes no respondieron a la neostigmina, como se esperaría en la miastenia gravis. Lee Eaton Continuó trabajando con su esposa y colega Vanda Lennon en la caracterización adicional de los aspectos clínicos, electrofisiológicos y serológicos del ahora conocido Síndrome miastenico de Lambert Eaton, ayudando a diferenciar los trastornos de transmisión de unión neuromuscular presináptica. (17,18,19,38,39)

Erik Stålberg comenzó a estudiar las velocidades de propagación de los impulsos eléctricos a las fibras musculares. Pudo construir un electrodo mucho más pequeño que el de Buchthal con un amplificador y filtros apropiados. Finalmente logró aislar una señal aguda reproducible, a veces múltiple. En la Segunda Guerra Mundial con la ayuda de James A. Fizzel, desarrolló el estimulador de impulsos de corriente constante. Fizzel era un ingeniero eléctrico y el jefe del Laboratorio de Pruebas de Illinois. Contribuyó al proyecto en beneficio de los pacientes y sin compensación. Ambos científicos se comunicaron con Herbert Jasper (1906-1999) en la Universidad McGill, que estaba realizando electromiografía en víctimas de guerra canadienses utilizando electrodos de aguja monopolar. En 1948, el equipo de Jasper, Golseth y Fizzel pudo diseñar y construir el prototipo de la primera máquina EMG comercializada para uso clínico. ((17,18,19,38,39)

Se puede concluir que la evolución histórica del estudio electrofisiológico se combinó con el descubrimiento moderno de la electricidad a mediados del siglo XVIII. En 1771, Galvani demostró que la estimulación eléctrica del tejido muscular animal producía contracción y, por lo tanto, nació el concepto de la electricidad animal. (17,18,19,37,38,39)

Un progreso significativo tuvo que esperar hasta principios del siglo XX cuando se inventaron los equipos capaces de amplificar y registrar los buenos potenciales bioeléctricos. En 1929, Adrian ideó un método para registrar un potencial de unidad de motor único conectando electrodos de aguja concéntricos a un amplificador y un altavoz. En 1938, Denny-Brown describió los potenciales de la fasciculación y los separó de las fibrilaciones. Hacia el final de la Segunda Guerra Mundial, Larrabee comenzó a medir el potencial de acción muscular compuesto en las víctimas de nervios de guerra sanos y heridos. En 1957, Lambert y Eaton describieron las características electrofisiológicas de un nuevo síndrome miasténico asociado con el carcinoma de pulmón. Al principio, el progreso en el campo fue realizado principalmente por los fisiólogos. Más tarde, sin embargo, los neurólogos comenzaron a contribuir no solo al describir los hallazgos electrofisiológicos, sino también al asociarles una significación clínica y, a veces, patológica. El campo se benefició enormemente de la invención de equipos que fueron capaces de amplificar pequeñas corrientes bioeléctricas a comienzos del siglo XX. Posteriormente se realizaron importantes avances científicos y técnicos durante y después de la Segunda Guerra Mundial el cual ayudó significativamente al progreso ya que proporcionó a una gran población de pacientes con lesiones nerviosas para los

investigadores , estos desarrollos han sido una combinación del intelecto humano, el trabajo duro, la perseverancia, así como el azar y la política. (17,56, 57,58,59)

### *Factores determinantes*

Aunque los estudios de conducción nerviosa se realizan ampliamente, son técnicas complejas y están sujetas a una amplia gama de artefactos, que pueden dar como resultado diagnósticos perdidos o erróneos. Los factores importantes a considerar, además de la técnica adecuada, incluyen la regulación de la temperatura de la extremidad, la edad, la altura del paciente, la regulación de la fuerza del estímulo, el registro del diseño, la colocación de los electrodos, los ajustes del filtro, ajustes de sensibilidad, la velocidad de barrido, los efectos del artefacto del estímulo, la colocación del marcador de forma de onda, la medición adecuada de la distancia entre los sitios de estimulación - registro, y las variantes de la anatomía del sistema nervioso periférico. Sin la educación, la capacitación, la experiencia adecuada en la enfermedad neuromuscular, las técnicas de electrodiagnóstico, la atención cuidadosa a las posibles fuentes de error y la información crítica necesaria para diagnosticar adecuadamente a los pacientes con neuropatía, se podría evidenciar un desperdicio de recursos y lesión del paciente. (13,14,15,16)

### *Aplicaciones clínicas*

Los nervios periféricos pueden afectarse por causas muy diversas, físicas, inmunológicas, metabólicas, nutricionales, tóxicas, hereditarias, etc. En el caso de las lesiones traumáticas el nervio puede resultar elongado, contundido, atrapado o seccionado y los estudios electrofisiológicos pueden contribuir a identificar cuál o cuáles son los nervios lesionados, el nivel topográfico en el que se ha producido la lesión, así como sus características en

cuanto al tipo y la intensidad del daño que ha ocurrido en las diferentes estructuras neurales. En las lesiones de otras etiologías interesa, además, el tipo de fibras afectadas, su extensión y nivel topográfico. Las investigaciones que responden a estas interrogantes son fundamentalmente los estudios de conducción nerviosa motora y sensitiva. En los nervios en que se confirme algún compromiso, los estudios de conducción nerviosa deben realizarse a todo lo largo del mismo y por segmentos, para poder localizar con precisión el sitio exacto de la lesión. Las lesiones de los nervios periféricos se pueden clasificar según la extensión, severidad del daño que producen sobre los axones, las vainas de mielina. Desde el punto de vista patológico hay dos procesos fundamentales que caracterizan cualquier lesión nerviosa: la degeneración axonal y la desmielinización, cuya presencia combinada y en grados variables de intensidad y extensión, constituyen toda la gama de lesiones nerviosas posibles, en el caso de las traumáticas y compresivas. (40,41,42,43)

Todas estas alteraciones electrofisiológicas se presentan en grados variables según la intensidad de la lesión nerviosa. Cuando solo se produce un compromiso mielínico ligero que se traduce en una pérdida transitoria de la función del nervio, se considera que ha ocurrido una neuropraxia que corresponde a una lesión de grado I, *en* este caso, no se observan signos de denervación en el electromiografía, pero se constata un bloqueo de la conducción nerviosa a nivel del sitio de lesión, manteniéndose normal distalmente.

[1]  
[SEP] Cuando la lesión compromete los axones además de la mielina, con grado variable de degeneración axonal parcial, corresponde a una lesión de grado II-III. Se observan fibrilaciones y potenciales positivos de denervación en el electromiografía, acompañados de retraso en la velocidad de conducción nerviosa al nivel de la lesión y disminución de la amplitud de los potenciales obtenidos distalmente a la misma. [1]  
[SEP] Las lesiones más severas,

en las que se produce una degeneración axonal total o discontinuidad nerviosa, corresponderían a lesión de grado IV-V. En este caso los signos de denervación en el electromiografía son muy intensos y hay bloqueo total de la conducción nerviosa a lo largo del nervio afectado. [1][2] En las neuropatías motoras multifocales, el diagnóstico descansa en el hallazgo de potenciales motores de amplitud y área, reducidas en más de 40 a 50 % cuando se estimula proximalmente en comparación con los obtenidos por estimulación distal. En la neuropatía diabética predominan las lesiones axonal y mielínicas, sobre todo en fibras sensitivas, uno de los primeros hallazgos es una reducción de la amplitud de los potenciales sensitivos, por otra parte en las neuropatías alcohólicas predomina la lesión mielínica, mientras que en las tóxicas principalmente por metales pesados, el daño axonal es lo predominante. [1][2] (40,44,45, 48)

#### *Estudios de conducción nerviosa*

Las neuroconducciones generalmente se pueden dividir en estudio motor donde el músculo esquelético es el objetivo de registro y estudio sensorial donde el nervio periférico es el objetivo de registro. Su interpretación complementaria es imprescindible para caracterizar numerosas enfermedades neuromusculares. La estimulación nerviosa sensorial puede ser ortodrómica o antidrómica, siendo la última la más utilizada porque tiene la ventaja de producir una mayor amplitud del potencial de acción. Cada axón motor individual dentro de un nervio suministra su propia población de fibras musculares dentro de un músculo inervado, cada axón y sus fibras musculares comprenden una unidad motora, en un sujeto normal la activación de todos los axones dentro de un nervio causa la despolarización de todas las fibras musculares en el músculo inervado por ese nervio, este potencial muscular sumado se registra luego como una forma de onda, el potencial de acción del motor compuesto (CMAP) es de una magnitud generalmente se informa en milivoltios en lugar de microvoltios. La amplitud de la onda generada y la velocidad de la conducción nerviosa proporcionan información importante con respecto a la función nerviosa, la amplitud se

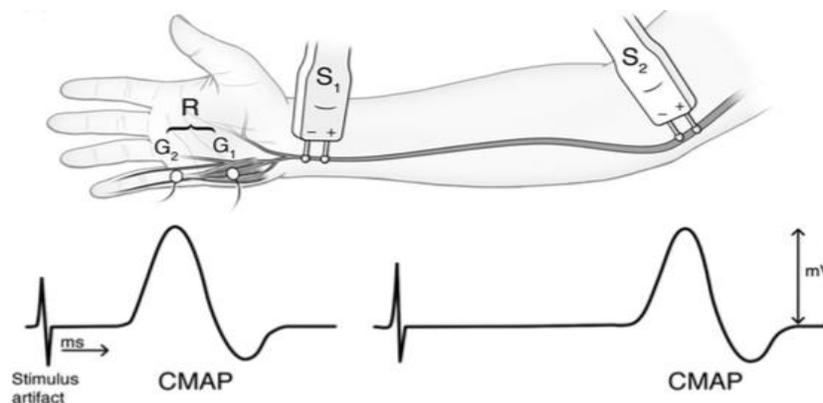
correlaciona mejor con la integridad axonal, mientras que la velocidad de conducción depende en gran medida del grado de mielinización, por ello la pérdida de amplitud sugiere una pérdida o disfunción axonal, mientras que la disminución de la velocidad de conducción o la prolongación de la latencia generalmente implica desmielinización. (9, 40, 43,44,45)

#### *Estudio de conducción nerviosa motora*

Los estudios de conducción nerviosa motora se realizan colocando un electrodo de registro G1 sobre el punto de inervación del músculo de interés, también conocido como placa terminal o punto motor, este punto se ubica sobre la mitad del vientre del músculo, un segundo electrodo de referencia G2 generalmente se coloca distalmente típicamente, esto es sobre el tendón de inserción del músculo. La estimulación supramáxima del nervio inervante se realiza luego en al menos dos puntos en el nervio en cada sitio de estimulación, se genera un potencial de acción nervioso que se propaga en ambas direcciones a lo largo del nervio. A través de la transmisión neuromuscular, el potencial de acción del nervio viajante distal genera un potencial de acción en el músculo inervado. El potencial registrado representa la despolarización sumada y en gran parte sincrónica de casi todas las fibras musculares en el músculo y se denomina apropiadamente un potencial de acción muscular compuesto (CMAP) en algunos entornos llamada onda (M) la deflexión inicial de esta forma de onda bifásica es hacia arriba se describe como una desviación negativa, lo que refleja la colocación del electrodo G1 sobre el punto de despolarización del músculo. La amplitud CMAP medida desde la línea base hasta el pico negativo, es una medida invaluable y generalmente ocurre en el orden de milivoltios (mV), debido en parte al tamaño relativamente uniforme y la tasa de propagación del potencial de acción de los axones motores periféricos, las amplitudes CMAP son generalmente similares entre los

sitios de estimulación distales y proximales , los CMAP generados más proximalmente son un poco más pequeños la amplitud CMAP documentada puede tomarse de sitios de estimulación proximal o distal, aunque el sitio elegido debe ser consistente dentro de una práctica de electrodiagnóstico. La diferencia en la latencia entre los sitios de estimulación proximal y distal dividida por la distancia entre esos sitios produce la velocidad de conducción el cual se mide en metros por segundo este método a diferencia de calcular la velocidad solo con estimulación distal y dividir por la distancia al electrodo G1, permite la medición de la conducción en un segmento más largo del nervio y diluye los efectos de cualquier error de medición de distancia. Estas características cuantificadas de la CMAP son las medidas más comunes y proporcionan información valiosa sobre la velocidad de conducción del nervio (latencia distal y velocidad de conducción) y la integridad general de la unidad motora (amplitud). Otros atributos menos comúnmente medidos incluyen el área y la duración de la CMAP, además de estas medidas cuantificadas, es crucial para el estudio inspeccionar visualmente las formas de onda para un marcado preciso. (40,43,44,45,46)

**Grafico 1. neuroconducción: ulnar motor**



Lyell K. Jones Jr, Nerve Conduction Studies: Basic Concepts and Patterns of Abnormalities. *Neurol Clin* 30 (2012) 405–427.

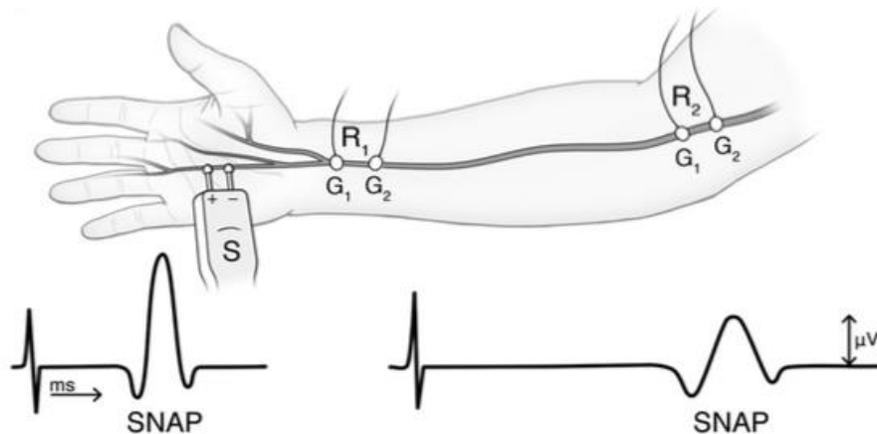
### *Estudio de conducción nerviosa sensitiva*

La estimulación de un nervio sensorial también genera un potencial de acción de propagación bidireccional que puede registrarse y medirse en otros puntos accesibles a lo largo del nervio, los potenciales registrados se denominan potenciales de acción del nervio sensorial (SNAP) y representan la despolarización sumada de toda fibra nerviosa, cuando la estimulación y el registro se realizan en un nervio mixto, las fibras sensoriales y motoras se despolarizan, pero en general las fibras sensoriales más grandes, más mielinizadas y de conducción más rápida son los componentes principales del potencial registrado; los electrodos de registro se colocan en la piel directamente sobre el nervio generalmente sobre una rama sensorial pura a una distancia fija del sitio de estimulación donde registran un potencial de acción sensorial del nervio (SNAP). La fuerza eléctrica del impulso, que refleja la cantidad de axones con éxito activado (todos los axones de un solo nervio se activan mediante esta técnica en un sujeto normal), se refleja en la amplitud de la forma de onda, que se mide en microvoltios para formas de onda sensoriales. (40,41,42,44, 48,49)

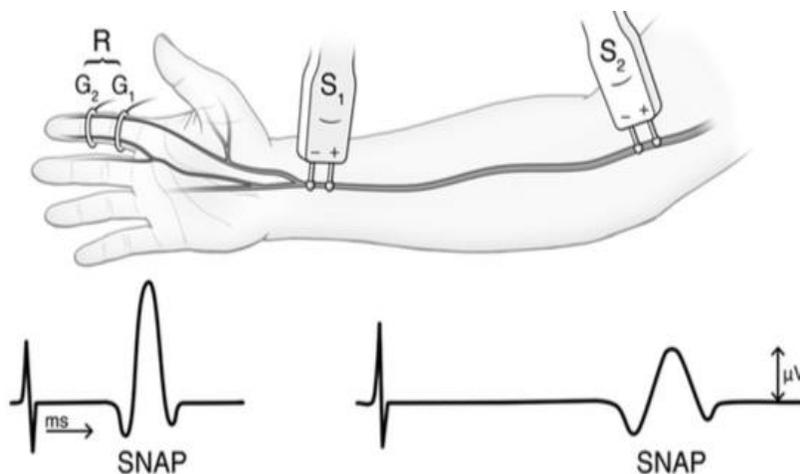
Muchos nervios sensoriales pueden estudiarse utilizando estimulación ortodrómica (estimulación distal con registro proximal, en la dirección fisiológica del flujo para impulsos sensoriales normales) o métodos antidrómicos (estimulación proximal con registro distal, opuesta a la dirección fisiológica del flujo de impulso). Las medidas de latencia y velocidad son equivalentes con cualquier método, pero los estudios antidrómicos generan amplitudes sensoriales más grandes, principalmente porque los nervios son más superficiales en los sitios de registro distal. La estimulación antidrómica a menudo activa tanto el motor como los axones sensoriales en un nervio mixto, lo que da como resultado la activación muscular concurrente. La CMAP desencadenada suele ser mucho más grande

que la respuesta sensorial, puede oscurecer parte del potencial sensorial deseado y las mediciones de latencia y amplitud pueden verse comprometidas; sin embargo una forma de onda de larga duración y retardada debería alertar al examinador sobre este artefacto. (9,40,48,49,50)

**Grafico 2. neuroconducción: mediano sensitivo ortodrómico**



**Grafico 3. neuroconducción: mediano sensitivo antidrómico**



Lyell K. Jones Jr, Nerve Conduction Studies: Basic Concepts and Patterns of Abnormalities. *Neurol Clin* 30 (2012) 405–427.

### *Elementos técnicos*

Los estudios de conducción nerviosa miden la fuerza y la velocidad de los impulsos que se propagan a lo largo de un nervio periférico, durante los estudios de conducción nerviosa, un potencial de acción se desencadena en un punto específico a lo largo del nervio utilizando un estimulador bipolar colocado en la superficie de la piel, en general los estimuladores nerviosos consisten en una sonda bipolar manual que comprende un ánodo y un cátodo. El cátodo está orientado distalmente; la piel en sitios de estimulación anticipada debe limpiarse para minimizar la impedancia; la intensidad de la estimulación se incrementa de cero a un nivel justo por encima de lo necesario para despolarizar todos los axones dentro del nervio lo que se denomina estimulación supramáxima para asegurar la activación completa, los potenciales de acción de estos axones viajan juntos por el nervio al sitio de registro, donde generan una forma de onda sumada, los estudios de conducción nerviosa presuponen que se administra estimulación supramáxima, lo que da como resultado la despolarización de todos los axones dentro del nervio analizado. El estímulo puede administrarse a una corriente constante en miliamperios o a una tensión constante en voltios, generalmente la primera, es importante asegurarse de que en cada sitio de estimulación nerviosa todos los elementos del nervio se despolaricen lo más completamente posible; esto se logra con estímulos sucesivos usando niveles crecientes de corriente hasta un punto en el que la corriente aumenta, pero el tamaño del potencial registrado no cambia por lo que se realiza con pequeños incrementos en la corriente alrededor de 10 mA con cada aumento hasta que se detecta una respuesta intermedia, la corriente se aumenta hasta que se obtiene la estimulación supramáxima, la duración del estímulo es generalmente de 0.1 milisegundos (ms) pero puede aumentarse hasta 1.0 ms si no se puede obtener una

respuesta supramáxima, hasta 100 mA de corriente. Cuando no se logra la estimulación de todos los axones dentro del nervio analizado, se produce una estimulación inadecuada o submáxima y se generan formas de onda bajas durante los estudios de conducción motora y sensorial estas pueden simular una lesión axonal y un bloqueo de conducción parcial. (40, 41,42,44, 48,49)

La velocidad de conducción puede disminuir ligeramente si los axones conductores más grandes y más rápidos no se activan porque los cálculos de velocidad de la conducción se basan en las latencias de estas fibras conductoras más rápidas. Estimular a cuatro veces el nivel umbral mínimo necesario para evocar una respuesta inicial constante es una técnica utilizada para estimar el nivel aproximado necesario para la estimulación supramáxima. Un error común es dejar de aumentar progresivamente la intensidad del estímulo tan pronto como la amplitud de la respuesta cruce al rango normal, cuando puede ser normal pero aún submáxima. Este error complica especialmente la interpretación de los estudios longitudinales y las comparaciones de lado a lado. La mayoría de la estimulación submáxima resulta de una colocación incorrecta del electrodo estimulante (lejos del nervio previsto) o de no utilizar la intensidad del estímulo adecuada, pero otros factores también pueden desempeñar un papel; la transpiración, la suciedad o el exceso de pasta de electrodos pueden derivar la corriente lejos del nervio; la piel muerta es también una barrera de estimulación, la limpieza y la abrasión suave de los sitios de estímulo pueden minimizar estos factores y reducir el artefacto. La obesidad también impide la estimulación del nervio superficial, la mayoría de las amplitudes nerviosas sensoriales, que se reducen en promedio 20% a 25% entre los tercios más altos y más bajos del índice de masa corporal. Los axones motores enfermos pueden tener una excitabilidad reducida y requieren una

estimulación de alta intensidad y larga duración (1.0 mseg), especialmente cuando hay desmielinización presente. (40, 41,42,44, 48,49)

Los principios de los estudios de conducción nerviosa implica la aplicación de pulsos eléctricos despolarizados de onda cuadrada a la piel sobre un nervio periférico que produce un potencial de acción del nervio propagado (NAP) registrado en un punto distante sobre el mismo nervio y un potencial de acción muscular compuesto (CMAP) que surge de la activación de las fibras musculares en un músculo objetivo suministrado por el nervio. En ambos casos, estos pueden registrarse con electrodos de superficie o aguja. Los electrodos de superficie están diseñados para proporcionar información sobre la totalidad de un músculo estimulado, proporcionando datos sobre el tiempo que tardan los axones más rápidos en conducir un impulso al músculo y el tamaño de la respuesta. Los electrodos de aguja para NCS brindan información muy precisa sobre el tiempo de conducción, pero debido a que registran solo un área pequeña de músculo o nervio, dan poca información dificultando el análisis numérico. (40,54,55,56,57)

La colocación incorrecta o inconsistente del electrodo de registro es un error común durante los estudios de conducción nerviosa. La colocación convencional de electrodos para estudios de conducción nerviosa motora implica colocar el electrodo activo (G1) sobre el vientre muscular en el punto motor (el punto superficial más cercano a la unión neuromuscular) y el electrodo de referencia (G2) en un punto eléctricamente inactivo en el tendón del músculo, aproximadamente de 3 a 4 cm más distal. Después de la estimulación del nervio motor, este montaje produce una forma de onda con una gran deflexión inicial negativa (hacia arriba). Una deflexión positiva inicial (hacia abajo) que precede a la

desviación negativa más grande indica un posicionamiento incorrecto del electrodo G1 lejos del punto del motor o un potencial conducido por el volumen desde otro músculo diseminación del estímulo. (1,2,3,40,46,48)

Un Potencial invertido: la onda positiva grande inicial y la onda negativa posterior más pequeña aparecen cuando los electrodos de registro activo y de referencia se invierten. Para los estudios sensoriales, el electrodo de registro debe colocarse lo más cerca posible del nervio, ya que la amplitud del potencial de acción del nervio sensorial disminuye rápidamente al aumentar la distancia entre el nervio y el electrodo de registro. En consecuencia, incluso presionando suavemente el electrodo de superficie hacia el nervio aumenta la amplitud del SNAP en un 10% a 20%. El tamaño más grande de los dedos también aumenta la distancia entre el nervio y el electrodo de registro. Por estas y otras razones, como la impedancia de la piel y el tejido. Las formas de onda motoras y sensoriales se ven afectadas por esta distancia, especialmente la amplitud y la duración de la forma de onda. Con las velocidades normales de conducción nerviosa, la distancia óptima entre estos electrodos para una captura adecuada es de 3 a 4 cm. La mayoría de los electrodos de barra fija utilizan esta distancia. (1,2,3,9,40,46,48)

Por lo general, se presta poca atención a los electrodos de registro. Los estudios sugieren que la amplitud de respuesta disminuye ligeramente con electrodos más grandes . Las amplitudes sensoriales caen del 10% al 15% con un 20 mm y del 20% al 25% con un electrodo de registro de 40 mm cuando se compara con un electrodo de 5 mm. La mayoría de las máquinas contemporáneas usan ajustes de filtro de alta y baja frecuencia para el registro de formas de onda sensoriales y motoras. Los ajustes del filtro afectan a las

amplitudes y latencias de la respuesta evocada, los examinadores deben conocer los ajustes de filtro estándar en sus equipos y confirmar que correspondan con los rangos utilizados para registrar los datos normativos utilizados como referencia. Si se hacen cambios por cualquier motivo, se deben considerar los efectos de estos cambios en los valores de forma de onda medidos. (1,2,3,40,46,48)

La mayoría de las máquinas actuales utilizan un algoritmo interno para marcar las formas de onda a la sensibilidad estándar y la configuración de velocidad de barrido. Sin embargo, la colocación de marcador computarizado a menudo es incorrecta y cada cursor debe revisarse y puede requerir un ajuste manual. Se debe tener cuidado de marcar todas las latencias y amplitudes con un ajuste de sensibilidad constante, ya que aumentar la forma de onda al aumentar la sensibilidad altera la posición aparente de los cursores de latencia, cambiando la latencia y la velocidad de conducción. Es tentador grabar la forma de onda a baja sensibilidad y luego ampliar la forma de onda más tarde al aumentar la configuración de sensibilidad para reajustar los marcadores. Cuanto mayor sea la configuración de sensibilidad, más corta es la latencia de una forma de onda; un ajuste de ganancia de 1 mV / división es el más comúnmente utilizado para los estudios de motor. Alterar la velocidad de barrido provoca un error similar y debe ser consistente. Una pantalla muy amplificadora también puede revelar una respuesta sensorial antidrómica más rápida, que no es evidente en los ajustes de ganancia convencionales, que puede complicar el marcado de la forma de onda. En casos de pérdida de amplitud severa, se pueden requerir ajustes de sensibilidad más altos que los habituales para medir formas de onda pequeñas. En estos casos, se recomienda una configuración de sensibilidad lo más cercana posible al estándar que permita el tamaño de la forma de onda. (40,52,53,54,55)

El artefacto de estímulo excesivo es un problema común, especialmente con estudios sensoriales. Si la línea base inicial se desplaza y no se produce un período isoeléctrico entre el estímulo y la forma de onda evocada, la forma de la onda, la amplitud medida y la latencia de inicio se ven comprometidas; aumentar falsamente y disminuir la latencia y las medidas de amplitud pueden resultar. La amplitud sensorial es vital en la evaluación de la neuropatía periférica. La atención a la preparación de la piel, el gel de electrodo apropiado y no excesivo, la corriente inducida entre los cables de estimulación y grabación, y la conexión a tierra eficaz son las principales preocupaciones, y se recomiendan muchas otras medidas para evitar problemas . En algunos laboratorios se utilizan cables de grabación blindados, y algunas máquinas utilizan la digitalización temprana de la señal para ayudar a minimizar este problema. (40, 54,55,56,57,58)

Las reglas convencionales para marcar las formas de onda de los estudios de conducción nerviosa difieren entre los estudios motores y sensoriales. La latencia del motor distal se marca al inicio de la deflexión inicial, ya sea positiva o negativa. La duración de la forma de onda se mide desde su inicio hasta el retorno de la onda negativa a la línea base (los cálculos de área automatizada también dependen de los marcadores de duración de la forma de onda). Las amplitudes de los motores se marcan desde la línea de base hasta el pico de forma de onda negativa primaria. La latencia sensorial se marca en el pico positivo inicial de la forma de onda (latencia de inicio) o el pico negativo más grande posterior (latencia máxima); los datos de latencia normal se publican para ambos métodos, y cada laboratorio utiliza típicamente uno o el otro para las medidas de latencia sensorial. Sin embargo, la latencia de inicio solo se debe utilizar para calcular la velocidad de conducción nerviosa

sensorial. La duración de la forma de onda del sensor también se mide desde su comienzo hasta el retorno de la línea base. Las amplitudes sensoriales se miden típicamente desde el pico positivo inicial o terminal hasta el pico negativo más grande; la línea base inicial se usa si no hay un pico positivo inicial. Los errores en la ubicación del marcador, ya sea mediante algoritmo de computadora o configuraciones manuales, pueden alterar la latencia (y los cálculos de velocidad de conducción resultantes) y la duración y amplitudes, generando datos de artefactos, que pueden simular una lesión debilitante o axonal o ambas. En consecuencia, una revisión cuidadosa de la ubicación del marcador, ya sea automática o manual, es un paso esencial. Si los datos normativos de otros laboratorios se utilizan como referencia (en lugar de un conjunto de datos normativos generados localmente), las mismas reglas para la ubicación de marcadores solían requerir que se sigan los datos normativos durante las pruebas de pacientes nuevos. (1,2,3,40,46,48)

A menudo se supone que la medición de distancia entre sitios de estimulación y grabación es simple, pero los errores de medición son comunes. La distancia debe medirse desde el centro del cátodo estimulador al centro del electrodo de registro activo. El movimiento leve de la piel y la lectura incorrecta o el error de colocación de la cinta métrica son las principales causas de error. Las distancias cortas erróneas aumentan artificialmente la velocidad de conducción y reducen las latencias, enmascarando anomalías reales; distancias erróneamente largas reducen la velocidad y aumentan las latencias, imitando la lesión desmielinizante. Para un segmento de 10 cm, un error de medición de 1 cm crea aproximadamente un 10% de error en la velocidad de conducción. Este error se amplifica con distancias más cortas y en segmentos no lineales, por ejemplo, cuando un nervio se curva alrededor de una articulación. La mayoría de las medidas de superficie son

ligeramente más cortas que la longitud real del nervio, pero esta diferencia es usualmente insignificante a menos que el curso no sea lineal . La posición de las extremidades es crítica en algunas circunstancias. Por ejemplo, en estudios del nervio cubital a través del codo, el nervio se pliega cuando el brazo está extendido y es más o menos recto (pero no estirado) cuando el codo está ligeramente flexionado a 70 °, haciendo un posicionamiento estandarizado del codo (generalmente 70 × 130 ° ) crítico para las medidas de distancia en este segmento . Puede producirse una velocidad de conducción falsamente lenta a través del codo y un posible diagnóstico falso de mononeuropatía cubital si el codo es demasiado recto . La mayoría de los nervios se miden linealmente según su curso estimado, independientemente de si el nervio es anatómicamente recto. Cuando el curso de un nervio no es lineal y no se ve afectado por la posición de la articulación (p. Ej., A través del surco espiral, el hombro o la pelvis), las pinzas obstétricas proporcionan una medición de distancia más precisa. Las distancias fijas son utilizadas por muchos laboratorios para estudios sensoriales y segmentos motores distales para mejorar la consistencia de las mediciones de latencia y garantizar la precisión cuando las latencias y las velocidades se comparan con los datos normativos. Aunque la amplitud suele verse menos afectada por cambios en la distancia de un estudio a otro, la amplitud sensorial disminuye progresivamente al aumentar la distancia entre los sitios de estimulación y registro debido a la dispersión fisiológica temporal, lo que hace que las distancias estandarizadas también sean importantes para las medidas de amplitud sensorial. (40,52,53,54,55)

### 3. Planteamiento del problema

Los valores de referencia de los parámetros de neuroconducción motora y sensitiva como amplitud, latencia, duración y velocidad de conducción de los nervios periféricos de miembros superiores e inferiores en individuos sanos en Colombia, los cuáles no se han estudiado ampliamente, actualmente se utilizan parámetros de referencia que se extrapolan de valores estandarizados por investigaciones realizadas a individuos estadounidenses y europeos. En el 2009 se realizó en Colombia un estudio que aproximó algunos valores de referencia solo de los nervios mediano y ulnar el cual tuvo resultados limitados por el tamaño de la muestra.(1,2,3,4)

Teniendo en cuenta la diferencia poblacional en el país, siendo esta heterogénea en términos de características demográficas y clínicas, donde los parámetros evaluados son diferentes, se considera importante la realización de un estudio que incluya participantes que no presenten patología endocrina, inmunológica o neuromuscular, con características fenotípicas, genotípicas y antropométricas compatibles a la población latina, alcanzando un parámetro de referencia que mejore la aplicación de esta herramienta clínica orientando el diagnóstico, pronóstico y el tratamiento en la rehabilitación. (1,2,4)

#### **4. Pregunta de investigación**

Cuáles son los valores de referencia de las neuroconducciones de los nervios periféricos en miembros superiores e inferiores de la población que no presente patología neuromuscular.

## **5. Justificación**

El estudio que se realizará ayudará a estandarizar los valores de referencia de las neuroconducciones sensitivas y motoras para la evaluación asertiva de los nervios periféricos en la población abarcada en la IPS Rangel. Teniendo en cuenta que en el país los valores normales de referencia se extrapolan de valores estadounidenses o europeos, considerando que cada población posee características diferentes tanto fenotípicas, biológicas como ambientales las cuales se deben tener en cuenta en la realización de las neuroconducciones sensitivas y motoras de los nervios periféricos, asociado a la poca existencia de trabajos sobre este tema en el país, refleja la importancia de establecer estándares de normalidad en los estudios electrofisiológicos según la región en la que se está trabajando debido a las diferencias mencionadas.

En esta investigación se buscará determinar los parámetros de normalidad en población adulta sana con características específicas con el fin que esto sirva de referencia para analizar mejor los datos de neuroconducción en Colombia.

## 6. Objetivos

### *Objetivo general*

Determinar valores de referencia en neuroconducciones sensitivas y motoras de los nervios periféricos de miembro superior e inferior, en individuos sanos.

### *Objetivos específicos*

- Determinar las características sociodemográficas de la población en estudio.
- Determinar valores de referencia en neuroconducción motora y sensitiva del nervio mediano.
- Determinar valores de referencia en neuroconducción motora y sensitiva del nervio ulnar.
- Determinar valores de referencia en neuroconducción motora y sensitiva del nervio radial.
- Determinar valores de referencia en neuroconducción motora del nervio tibial.
- Determinar valores de referencia en neuroconducción motora del nervio peroneo.
- Determinar valores de referencia en neuroconducción sensitiva del nervio sural.
- Determinar los cambios generados en la realización de las neuroconducción de acuerdo al sexo y la edad.

## 7. Aspectos metodológicos

### 9.1 Tipo de estudio:

Transversal, descriptivo.

### 9.2 Población de referencia y muestra:

La población corresponde a individuos mayores de edad que no presenten patología neuromuscular (síntomas o enfermedades que comprometan el sistema nervioso periférico como diabetes, hipotiroidismo, alcoholismo, cervicobraquialgia y lumbalgias etc).

### 9.3 Tamaño y obtención de la muestra:

La muestra será obtenida con la fórmula  $n = (z/b)^2 * P*(1-P)$ ,

Donde Z= 1,96 correspondiente al 95%, b= 0,10 de precisión, P= 0.5 proporción de valores de referencia en adultos sanos atendidos en la IPS Rangel hasta completar el número de participantes según la fórmula. La muestra total será de 96 participantes. Se tomarán 110 por pérdidas posibles, como a cada participante se le examinarán 9 nervios periféricos, motores y sensitivos, la muestra total de mediciones serán 990 mediciones aproximadamente.

### 9.4 Criterios de inclusión:

- Hombre o mujer
- Edad de 18 a 70 años
- Nacidos en Sudamérica con ascendencia Sudamericana

### *9.5 Criterios de exclusión:*

- Antecedente de neuropatía por compresión o atrapamiento
- Antecedente de cáncer o quimioterapia
- Antecedente o sospecha de enfermedad neuromuscular
- Antecedente de neuropatía hereditaria / genética
- Antecedente enfermedad cardíaca o pulmonar
- Antecedente enfermedad reumática
- Dolor de espalda en cualquier nivel u otra condición similar
- Antecedente enfermedad tóxicas/metabólicas
- Síntomas de entumecimiento, hormigueo debilidad o sensaciones anormales extremidades
- Antecedente lesión del nervio periférico
- Diagnóstico de radiculopatía
- Antecedente cirugía de columna
- Impedimento para decúbito supino
- Amputación
- Embarazadas

**Tabla 5. Operacionalización de las variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Tipo de variable</b>
<b>Género</b>	Género correspondiente a características físicas sexuales.	Sexo emitido en documento de identidad.	Cualitativa
<b>Edad</b>	Tiempo cronológico medido en años de una persona.	Edad al momento de ingreso al estudio.	Cuantitativa
<b>Lateralidad</b>	Preferencia que muestran la mayoría de los seres humanos por un lado de su propio cuerpo.	Lateralidad dominante de cada participante.	Cualitativa
<b>Nacionalidad</b>	País de nacimiento de una persona.	País de nacimiento de una persona que la identifica al momento del procedimiento.	Cualitativa
<b>Ocupación</b>	Tipo de trabajo o estudio que realiza la persona.	Tipo de trabajo o estudio que realiza la persona al momento del procedimiento.	Cualitativa
<b>Índice de masa corporal</b>	Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo medida en kilogramos/metros <sup>2</sup> .	Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo medida en kilogramos/metros <sup>2</sup> al momento del procedimiento.	Cuantitativa
<b>Talla</b>	Estatura medida en metros de una persona.	Estatura en metros al momento del procedimiento.	Cuantitativa
<b>Peso</b>	Valor de peso medido en kilogramos de una persona.	Peso en kilogramos al momento del procedimiento.	Cuantitativa

<b>Temperatura corporal</b>	Magnitud escalar relacionada con la energía interna del individuo medida en grados centígrados.	Magnitud escalar relacionada con la energía interna del individuo medida en grados centígrados momento procedimiento.	Cuantitativa
<b>Latencia motora</b>	Valor de Tiempo medido en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor o mixto y la deflexión del potencial de acción en una persona.	Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor o mixto y el pico de la deflexión del potencial de acción motor al momento del procedimiento de la neuroconducción motora en una persona.	Cuantitativa
<b>Latencia sensitiva</b>	Valor de Tiempo medido en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio sensitivo o mixto y el pico de la deflexión del potencial de acción sensitivo en una persona.	Tiempo en milisegundos entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio sensitivo o mixto y el pico de la deflexión del potencial de acción sensitivo al momento del procedimiento de la neuroconducción sensitiva en una persona.	Cuantitativa
<b>Amplitud motora</b>	Valor del potencial eléctrico medido en milivoltios al estimular un nervio motor o mixto, entre el inicio de la deflexión del potencial de acción motor y su pico, en una persona.	Valor del potencial eléctrico medido en milivoltios al estimular un nervio motor o mixto, entre el inicio de la deflexión del potencial de acción motor y su pico al momento del procedimiento de la neuroconducción motora en una persona.	Cuantitativa
<b>Amplitud sensitiva</b>	Valor del potencial eléctrico medido en microvoltios al estimular un nervio sensitivo o mixto, entre el pico de la primera deflexión(pico negativo) y el pico de la	Valor del potencial eléctrico medido en microvoltios al estimular un nervio sensitivo o mixto, entre el pico negativo y positivo del potencial de acción sensitivo al momento	Cuantitativa

	segunda deflexión (pico positivo) del potencial de acción sensitivo en una persona.	del procedimiento de la neuroconducción.	
<b>Velocidad motora</b>	Unidad física de correlación entre distancia y tiempo medida en Metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor o mixto y su tiempo de registro del potencial eléctrico motor, en relación a una distancia obtenida durante el procedimiento para cada nervio en una persona.	Unidad física de correlación entre distancia y tiempo medida en Metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio motor o mixto y el tiempo de registro del potencial eléctrico motor en, relación a una distancia y predeterminada para cada nervio al momento del procedimiento de la neuroconducción motora en una persona.	Cuantitativa
<b>Velocidad sensitiva</b>	Unidad física de correlación entre distancia y tiempo medida en Metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio sensitivo o mixto y su tiempo de registro del potencial eléctrico sensitivo en relación a una distancia fija y predeterminada para cada nervio en una persona.	Unidad física de correlación entre distancia y tiempo medida en Metros/segundo, entre el inicio del estímulo eléctrico sobre el nervio sensitivo o mixto y el tiempo de registro del potencial eléctrico sensitivo en relación a una distancia fija y predeterminada para cada nervio al momento del procedimiento de la neuroconducción sensitiva en una persona.	Cuantitativa

## **8. Materiales y métodos**

Previa autorización por parte de la IPS Rangel se elegirán los participantes que serán invitados al estudio y que cumpla con los criterios de inclusión ya descritos. Dentro de estos se incluirá a los acompañantes de los usuarios que asistan a la IPS Rangel que se encuentran en la sala de espera, así mismo se invitará algunas de las personas que laboran en la IPS RANGEL como auxiliares de enfermería, enfermeras, terapeutas, médicos especialistas, trabajadores del área administrativa, personal en formación como médicos residentes y estudiantes de pregrado, para garantizar la viabilidad del estudio teniendo en cuenta que no es posible abarcar el número total de la muestra solo con los acompañantes de los pacientes que asisten a la IPS, el cual podría ser inconveniente para la realización de la investigación ya que se debe tener en cuenta que los usuarios podrían asistir solos a consulta o sus acompañantes no podrían cumplir con los criterios de inclusión.

A las personas que acepten participar se les explicará verbalmente en que consiste la investigación y si tienen el tiempo suficiente se les pedirá que lean el consentimiento informado y si aceptan la participación se les realizará la prueba de neuroconducción; si el participante no puede realizar la prueba el mismo día no se considerará para la investigación y se buscará otro participante o por último de darse la eventualidad los investigadores asumirán con el gasto del transporte, para que el participante pueda regresar y realizarse la prueba de neuroconducción.

A los participantes se les solicitará la aceptación o aprobación del procedimiento por medio de un consentimiento informado (ver anexo 3), la información se recolectará en un formulario (ver anexo 4).

Los participantes que acepten la realización del examen y posterior a la lectura y firma del consentimiento se les realizará el procedimiento en las instalaciones de la IPS Rangel, solicitando al individuo seguir al vestier del consultorio donde se hará la medición; para que se retire las prendas de vestir dejándose la ropa interior y se coloque encima de esta una bata desechable, también se pedirá que se retire elementos que interfieran con la realización del estudio. ( anillos, pulseras y reloj)

El examen electrodiagnóstico se realizará con el equipo Sierra® SummitCadwell Laboratories, Inc. 19027205AC027053 modelo 2017 EEUU.

Los electrodos de registro de disco que serán utilizados son marca Cadwell Laboratories, Inc. modelo 302694-200 del año 2017, los electrodos de registro de anillo que serán utilizados son marca Cadwell Laboratories, Inc. modelo 302788-200 del año 2017, los electrodos de registro de barra que serán utilizados son marca Cadwell Laboratories, Inc. modelo 302780-200 del año 2017, el electrodo de tierra que será utilizado es marca Cadwell Laboratories, Inc. modelo 302150-200 del año 2017, se utilizará micropore marca 3M para adosar los electrodos de disco a la piel durante el estudio de neuroconducciones. Se usará gel conductor para uso de electrodiagnóstico como interface entre los electrodos de disco, anillo y barra con la piel.

Una vez el participante este listo se le pedirá que siga a la camilla y se coloque en decúbito supino para proseguir con la estimulación nerviosa en miembro superior no dominante e inferior del mismo lado, se irán colocando los electrodos en los puntos específicos según el nervio a estimular.

Durante la realización del estudio de neuroconducción se irá explicando al participante que puede sentir un cosquilleo leve en las extremidades donde se realizará el estímulo. Si el participante se siente incomodo por la prueba y desea terminarla se retirará los electrodos y se suspenderá el proceso.

El procedimiento tendrá una duración aproximadamente de 10 minutos, y el tiempo total de enrolamiento para cada participante será de aproximadamente 1 mes.

Al terminar el protocolo del estudio de neuroconducción, el cual se describe a continuación, Se le pedirá al participantes regresar al vuestre por sus objetos personales y se habrá finalizado la prueba.

*Protocolo para realizar las neuroconducciones:*

### **10.1 Medición del nervio Mediano motor**

Sitio de captación: electrodo activo en el músculo abductor corto del pulgar en el vientre muscular y electrodo de referencia sobre el primer metacarpiano articulación de la falange.

Sitios de estimulación: articulación carpo radiocubital (muñeca medial) entre los tendones del flexor radial del carpo y palmar largo, en la fosa antecubital sobre el pulso de la arteria braquial.

### **10.2 Medición del nervio Ulnar motor**

Sitio de captación: el electrodo activo en el músculo abductor digiti minimi en el vientre muscular y el electrodo de referencia sobre el quinto metacarpiano articulación de la falange.

Sitios de estimulación: articulación carpo - radiocubital (muñeca medial) adyacente al tendón flexor cubital del carpo, debajo del codo a 3 - 4 cm distal al epicóndilo medial.

### **10.3 Medición del nervio Radial motor**

Sitio de captación: el electrodo activo en el músculo extensor indicis proprius con la mano en pronación y el electrodo de referencia sobre la estiloides cubital.

Sitio de estimulación: en el antebrazo sobre el cúbito, 4-6 cm proximal al electrodo de registro activo, debajo del surco espiral en la mitad del brazo, lateral, entre el bíceps y los músculos del tríceps.

### **10.4 Medición del nervio Mediano sensitivo**

Sitio de captación: en el índice o dedo medio con el electrodo de anillos donde en electrodo activo sobre la articulación metacarpiano-falángica y el electrodo referencia de 3 a 4 cm distalmente sobre la articulación interfalángica distal.

Sitio de estimulación: articulación carpo radiocubital (muñeca medial) entre los tendones al flexor radial del carpo y al palmar largo.

### **10.5 Medición del nervio ulnar sensitivo**

Sitio de captación: en el dedo meñique con el electrodo de anillos donde en electrodo activo sobre la articulación metacarpiano-falángica y el electrodo referencia de 3 a 4 cm distalmente sobre la articulación interfalángica distal.

Sitio de estimulación: articulación carpo radiocubital : (muñeca medial) adyacente al tendón flexor cubital del carpo

### **10.6 Medición del nervio radial sensitivo**

Sitio de captación: con el electrodo de barra, el electrodo activo sobre el nervio radial superficial, sobre el tendón extensor del pulgar, el electrodo de referencia de 3 a 4 cm distalmente sobre el Pulgar.

Sitio de estimulación: sobre el radio medio distal.

### **10.7 Medición del nervio tibial**

Sitio de captación: el electrodo activo en el músculo abductor corto del dedo gordo (hallux) a 1 cm proximal y 1 cm inferior a la prominencia navicular, el electrodo de referencia sobre la articulación metatarsofalángica del dedo gordo del pie.

Sitios de estimulación: en el tobillo medial por encima y por detrás del maléolo medial, en la fosa poplíteica en la rodilla medio-posterior sobre el pulso poplíteico.

### **10.8 Medición del nervio peroneo**

Sitio de captación: el electrodo de activo en el músculo extensor corto de los dedos, sobre el vientre muscular del pedio, el electrodo de referencia distalmente sobre la articulación metatarsofalángica del dedo pequeño del pie.

Sitios de estimulación: en el tobillo anterior, ligeramente lateral al tendón tibial anterior, debajo de la cabeza del peroné.

### **10.9 Medición del nervio sural**

Sitio de captación: el electrodo activo en el tobillo postero lateral al maléolo lateral, el electrodo de referencia de 3 a 4 cm distalmente sobre la cara lateral del pie.

Sitio de estimulación: a 14 cm proximal sobre la cara posterior-lateral de la pierna.

## 9. Plan de análisis

Se diseñará un formulario de recolección de datos. (ver anexo 4)

Se diseñará una hoja de cálculo en Excel para digitar la información y realización del análisis de la información con resultado en tablas y gráficas.

Para variables cuantitativas se obtendrán medidas de centralización como la media y la desviación estándar y para las variables cualitativas se obtendrán frecuencias y porcentajes. ( ver tabla 5. Operacionalización de las variables)

Se utilizará el programa Excel de Office y Software estadístico SPSS versión 24.

El análisis de normalidad de las variables cuantitativas se realizara a través de la prueba de *Kolmogorov-smirnov* donde la distribución de las variables que presenten una distribución normal se presentaran en las medidas de tendencia central y dispersión (media y desviación estándar) y las variables cuantitativas que cursan con una distribución no normal se presentaran con mediana y rango Intercuartílico.

## 10. Aspectos éticos

Los investigadores están familiarizados con las normas para investigación en seres humanos basados en el Código de Núremberg, el reporte Belmont y la Declaración de Helsinki.(59)

Acorde a la Resolución 8430 de 1993, emitida por el Ministerio de salud de Colombia, la investigación es catalogada como riesgo mínimo por lo tanto requiere de consentimiento informado.(ver anexo 3)

El Anteproyecto se presentará al Comité de Ética de la universidad el Bosque para su respectiva aprobación.

Esta investigación tiene como deber proteger la vida, salud , la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la información personal de las personas que van a participar en esta investigación con principios científicos aceptados.

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

### *1. Beneficencia*

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

salud y sus derechos individuales. El fin de este proyecto es crear una mejor aproximación diagnósticas que facilite el rápido diagnósticos de esta patología y por ende un inicio precoz del tratamiento; lo que a su vez va a disminuir costos en el tratamiento, así como permitirle al paciente un rápido reintegro a la sociedad laboral o tener una pronta y adecuada reorientación e su ocupación que le disminuya carga laboral con el fin de lograr una pronta recuperación para lograr su total integralidad. (59)

#### *2. No maleficencia*

Este proyecto no ocasionará daño alguno al paciente al que se le realicen las pruebas y cuestionarios propuestos, habitualmente aplicados no representando riesgo alguno y el paciente decide en qué momento finaliza la prueba (Estudio de neuroconducciones de miembros superiores e inferiores).(59)

#### *3. Justicia*

La investigación en seres humanos solo se debe realizar cuando la importancia de su objetivo sea mayor que el riesgo, por lo tanto se establecerá pautas diagnósticas que sean las más eficaces para el pronto diagnóstico y tratamiento de enfermedades de sistema nervioso periférico.(59)

#### *4. Autonomía*

La autonomía será evaluada por medio del consentimiento informado tanto verbal como escrito, por tanto en este trabajo de investigación con seres humanos, se informara a los pacientes acerca de los objetivos, métodos, ventajas previstas y los posibles riesgos inherentes al estudio, así como de las incomodidades que este pueda acarrear. Es necesario que el paciente este informado, y si lo desea podrá abstenerse de participar en el estudio y

estará en plena libertad de retirar su consentimiento de participación en cualquier momento; por tanto quienes vayan a realizar el estudio clínico deberán tener verbal y por escrito el consentimiento libremente otorgado.(59)

Cuenta con consentimiento informado donde se brinda la información necesaria, objetivo del estudio y beneficios esperados y se asegura la confidencialidad de los datos los cuales se utilizarán con fines académicos.

## 11. Cronograma

Actividad a desarrollar	1º, 2º y 3º Meses de 2018	4º y 5º Meses de 2018	6º y 12º Meses de 2018	12º Mes de 2018	12º Mes de 2018 1º Mes de 2019	12º Mes de 2018 1º Mes de 2019
Revisión bibliográfica de la literatura						
Preparación anteproyecto						
Sometimienta a evaluación						
Recolección datos						
Análisis de datos Preparación de documento final						

<b>Sustentación</b>						
<b>Publicación</b>						

## 12. Presupuesto

<b>Investigador</b>	<b>Función dentro del proyecto</b>	<b>Dedicación (horas/semana)</b>	<b>Tiempo de Dedicación</b>
Maria Johanna Ceron Maria Fernanda Nieto	Investigadores principales	5 horas / semana	12 meses
<b>Total salario</b>			\$ 16.800.000

<b>Equipo</b>	<b>Justificación</b>	<b>Valor Depreciación</b>
Sierra® Summit Cadwell Laboratories, Inc.	Uso para la toma de Neuroconducciones del estudio	\$6.000.000 (10% del valor del equipo)
Computador Dell Optiflex 755	Uso para el registro, análisis y base de datos del estudio	\$ 280.000 (10% del valor del equipo)
<b>Total</b>		\$ 6.280.000

<b>Materiales y/o Reactivos</b>	<b>Valor</b>
1 termómetro infrarrojo corporal	\$ 100.000
Fotocopias formatos de consentimiento informado, criterios de inclusión y exclusión	\$ 100.000
Papelería para archivo de estudio (carpetas, hojas blancas para impresión)	\$ 100.000
1 cartucho negro para impresora	Unidad \$ 50.000
<b>Total</b>	\$ 400.000

<b>Servicios Técnicos</b>	<b>Justificación</b>	<b>Valor</b>
Mantenimiento a los 300 procedimientos completos de Neuroconducciones del estudio	Calibración del equipo para evitar errores en el resultado del equipo durante el estudio	\$ 150.000
<b>Total</b>		\$ 150.000

<b>Gran total</b>	<b>Valor</b>
Total	\$ 23.630.000

### 13. Resultados

La población estudiada incluyó 100 participantes todos de procedencia Colombiana. La edad en años tuvo una mediana de 32 con un rango intercuartílico de 28-41, en cuanto al género hay un predominio del sexo femenino en contrando el 61% de los participantes, el 91% de la población evaluada eran de dominancia derecha.

El promedio del peso fue de 66Kg (+/- 11), la talla de los participantes tuvo una mediana de 1.65m con un rango intercuartílico de 1.59-1.72 con un IMC con una mediana de 23.6 con un rango intercuartílico de 21.6-26.1, la temperatura de los participantes tuvo una mediana de 35.6 con un rango intercuartílico de 35.3-35.9.

**Tabla 6. Características de los pacientes.**

<b>VARIABLE</b>	<b>N=100</b>
<b>Edad (años)</b>	
Mediana	<b>32</b>
Rango intercuartílico	<b>(28-41)</b>
<b>Sexo (%)</b>	
Masculino	<b>39%</b>
Femenino	<b>61%</b>
<b>Lateralidad (%)</b>	
Diestro	<b>91%</b>
Zurdo	<b>9%</b>
<b>Peso (Kg)</b>	
Promedio	<b>65.89 ± 11.0</b>
<b>Talla en metros</b>	
Mediana	<b>1.65</b>
Rango intercuartílico	<b>(1.59-1.72)</b>
<b>IMC kg/metro cuadrado</b>	
Mediana	<b>23.6</b>
Rango intercuartílico	<b>(21.6-26.1)</b>
<b>Temperatura en grados Centígrados</b>	
Mediana	<b>35.6</b>
Rango intercuartílico	<b>(35.3-35.9)</b>

Los valores normales de velocidad, amplitud y latencia se exponen para cada uno de los nervios a continuación con sus percentiles 1 Pth1 y 99 Pth99 respectivamente.

La latencia motora del nervio Mediano se encontró con una mediana de 2.9 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 2.7 a 3.1 con un percentil 1 de 2.2 y un percentil 99 en 3.79, respecto a la amplitud motora del Mediano se evidenció una mediana de 10 mV con un rango intercuartílico que se agrupó entre 8.4 a 12 con un percentil 1 de 5.3 y un percentil 99 en 18, en cuanto la velocidad de conducción motora del nervio Mediano se encontró una mediana de 63.5 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 60 a 66.7 con un percentil 1 de 51 y un percentil 99 en 73.9. (Ver tabla 7)

La latencia sensitiva del nervio Mediano obtuvo una mediana de 3 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 2.8 a 3.1, con un percentil 1 de 2.4 y un percentil 99 de 3.4; para la amplitud sensitiva del nervio Mediano se encontró una mediana de 90.1  $\mu$ V con un rango intercuartílico que se agrupó entre 69.3 a 119.6, con un percentil 1 de 27.4 y un percentil 99 de 225.6; la velocidad de conducción sensitiva del nervio Mediano tuvo una mediana de 47 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 45 a 50, con un percentil 1 de 40 y un percentil 99 de 58. (Ver tabla 7)

**Tabla 7. Valores de neuroconducción motora y sensitiva del Nervio Mediano.**

<b>Nervio</b>	<b>Mediana - RIC</b>	<b>Pth1</b>	<b>Pth99</b>
<b>MedMotLat (ms)</b>	2.9 (2.7 -3.1)	2.2	3.79
<b>MedMotAmp (mV)</b>	10.0 (8.4-12)	5.3	18
<b>MedMotVelc (m/s)</b>	63.5 (60 – 66.7)	51.02	73.99
<b>MedSenLat (ms)</b>	3.0 (2.8-3.1)	2.4	3.4

<b>MedSenAmp (<math>\mu</math>V)</b>	90.15 (69.3-119.6)	27.41	225.6
<b>MedSenVelc (m/s)</b>	47 (45-50)	40	58

**Med= Mediano Mot=motor, , Sen=Sensitivo, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

Respecto al nervio Ulnar se observó que la latencia motora del nervio Ulnar se encontró con una mediana de 2.2 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 2 a 2.4 con un percentil 1 de 1.6 y un percentil 99 en 3.29, respecto a la amplitud motora del Ulnar se evidenció una mediana de 10.2 mV con un rango intercuartílico que se agrupó entre 9 a 11.1 con un percentil 1 de 6.6 y un percentil 99 en 15.4, la velocidad de conducción motora del nervio Ulnar se observó una mediana de 72.5 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 67 a 76 con un percentil 1 de 62.5 y un percentil 99 en 89

En cuanto la latencia sensitiva del nervio Ulnar obtuvo una mediana de 2.8 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 2.5 a 2.9, con un percentil 1 de 1.8 y un percentil 99 de 3.39; la amplitud sensitiva del nervio Ulnar se encontró una mediana de 63.8  $\mu$ V con un rango intercuartílico que se agrupó entre 46.1 a 97.1 con un percentil 1 de 43.8 y un percentil 99 de 187.06; la velocidad de conducción sensitiva del nervio Ulnar tuvo una mediana de 50 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 48 a 56, con un percentil 1 de 40 y un percentil 99 de 67. (Ver tabla 8)

***Tabla 8. Valores de neuroconducción motora y sensitiva del Nervio Cubital.***

<b>Nervio</b>	<b>Mediana - RIC</b>	<b>Pth1</b>	<b>Pth99</b>
<b>UlnMotLat (ms)</b>	2.2 (2-2.4)	1.6	3.29
<b>UlnMotAmp (mV)</b>	10.2 (9-11.1)	6.6	15.4
<b>UlnMotVelc (m/s)</b>	72.5 (67-76)	62.5	89
<b>UlnSenLat (ms)</b>	2.8 (2.5-2.9)	1.8	3.39

<b>UlnSenAmp (<math>\mu</math>V)</b>	63.85 (46.13-87.1)	43.85	187.06
<b>UlnSenVelc (m/s)</b>	50 (48-56)	40	67

**Uln=Ulnar, Mot=Motor, Sen=Sensitivo, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

Los valores de referencia del el nervio Radial se observó que la latencia motora del nervio se encontró con una mediana de 1.65 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 1.2 a 2 con un percentil 1 de 0.9 y un percentil 99 en 2.5, respecto a la amplitud motora del Radial se evidenció una mediana de 5.65 mV con un rango intercuartílico que se agrupó entre 4.63 a 6.5 con un percentil 1 de 2.2 y un percentil 99 en 13.28, la velocidad de conducción motora del nervio Radial se observó una mediana de 68.5 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 64 a 73.75 con un percentil 1 de 60 y un percentil 99 en 159.6

En cuanto la latencia sensitiva del nervio Radial obtuvo una mediana de 2.4 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 2.3 a 2.7, con un percentil 1 de 1.6 y un percentil 99 de 3.09; la amplitud sensitiva del nervio Radial se encontró una mediana de 27.65  $\mu$ V con un rango intercuartílico que se agrupó entre 21.23 a 38.9 con un percentil 1 de 5.73 y un percentil 99 de 90.27; la velocidad de conducción sensitiva del nervio Radial tuvo una mediana de 56 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 52 a 61, con un percentil 1 de 45.03 y un percentil 99 de 92.95. (ver tabla 9)

***Tabla 9. Valores de neuroconducción motora y sensitiva del Nervio Radial.***

<b>Nervio</b>	<b>Mediana - RIC</b>	<b>Pth1</b>	<b>Pth99</b>
<b>RadMotLat (ms)</b>	1.65 (1.2-2)	0.9	2.5
<b>RadMotAmp (mV)</b>	5.65 (4.63-6.5)	2.2	13.28
<b>RadMotVelc (m/s)</b>	68.5 (64-73.75)	60	159.63
<b>RadSenLat (ms)</b>	2.4 (2.3-2.7)	1.6	3.09

<b>RadSenAmp (<math>\mu</math>V)</b>	27.65 (21.23-38.9)	5.73	90.27
<b>RadSenVelc (m/s)</b>	56 (52-61)	45.03	92.95

**Rad=Radial, Mot=Motor, Sen=Sensitivo, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

La conducción motora del nervio Tibial mostro en cuanto a la latencia una mediana de 3.4 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 3 a 4.18 con un percentil 1 de 2.3 y un percentil 99 en 5.99, respecto a la amplitud motora del Tibial se evidenció una mediana de 13.5 mV con un rango intercuartílico que se agrupó entre 11 a 17.28 con un percentil 1 de 4.61 y un percentil 99 en 25.59, la velocidad de conducción motora del nervio Tibial se observó una mediana de 53 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 50 a 56 con un percentil 1 de 42.03 y un percentil 99 en 65.99. (ver tabla 10)

**Tabla 10. Valores de neuroconducción motora del Nervio Tibial.**

<b>Nervio</b>	<b>Mediana - RIC</b>	<b>P1</b>	<b>P99</b>
<b>TibMotLat (ms)</b>	3.4 (3.0-4.18)	2.3	5.99
<b>TibMotAmp (mV)</b>	13.5 (11-17.28)	4.61	25.59
<b>TibMotVelc (m/s)</b>	53 (50-56)	42.03	65.99

**Tib=Tibial, Mot=Motor, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

Los valores de referencia del nervio Peroneo en cuanto a la latencia de evidencio una mediana de 3.05 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 2.7 a 3.7 con un percentil 1 de 1.7 y un percentil 99 en 4.99, respecto a la amplitud motora del Peroneo se evidenció una mediana de 6.7 mV con un rango intercuartílico que se agrupó entre 4.83 a 8.3 con un percentil 1 de 2.6 y un percentil 99 en 16.8, la velocidad de conducción motora

del nervio Peroneo se observó una mediana de 58.1 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 51.8 a 64.4 con un percentil 1 de 47.5 y un percentil 99 en 76.98. (ver tabla 11)

**Tabla 11. Valores de neuroconducción motora del Nervio Peroneo.**

<b>Nervio</b>	<b>Mediana - RIC</b>	<b>P1</b>	<b>P99</b>
<b>PerMotLat (ms)</b>	3.05 ( 2.7-3.7)	1.7	4.99
<b>PerMotAmp (mV)</b>	6.7 (4.83-8.3)	2.6	16.8
<b>PerMotVelc (m/s)</b>	58.1 (51.8 - 64.4)	47.5	76.98

**Per=Peroneo, Mot=Motor, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

La neuroconducción sensitiva del nervio Sural mostró una mediana de 3 ms con un rango intercuartílico que se agrupó entre 22.8 a 3.3, con un percentil 1 de 2.4 y un percentil 99 de 3.89; la amplitud sensitiva del nervio Sural se encontró una mediana de 24  $\mu$ V con un rango intercuartílico que se agrupó entre 18.9 a 33.43 con un percentil 1 de 5.15 y un percentil 99 de 69.94; la velocidad de conducción sensitiva del nervio Radial tuvo una mediana de 47 m/s con un rango intercuartílico que se agrupó entre 42 a 50, con un percentil 1 de 36.02 y un percentil 99 de 58. (ver tabla 12)

**Tabla 12. Valores de neuroconducción sensitiva del Nervio Sural.**

<b>Nervio</b>	<b>Mediana - RIC</b>	<b>P1</b>	<b>P99</b>
<b>SurSenLat (ms)</b>	3 (2.8-3.3)	2.4	3.89
<b>SurSenAmp (<math>\mu</math>V)</b>	24 (18.9-33.43)	5.15	69.94
<b>SurSenVelc (m/s)</b>	47 (42-50)	36.02	58

**Sur=Sural, Sen=Sensitivo, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

A continuación se compara los valores en la neuroconducción de los diferentes nervios evaluados de acuerdo al sexo encontramos que algunas variables presentan diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres.

Respecto a la neuroconducción sensitiva del nervio Mediano se encontró que la amplitud mostro diferencia estadísticamente significativa, con un valor de  $p 0.001$ .(Ver tabla 13)

**Tabla 13. Valores de neuroconducción sensitiva y motora del Nervio Mediano de acuerdo al sexo.**

<b>Nervio</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>	<b><math>p^*</math></b>
<b>MedMotLat (ms)</b>	3	2.8	0.011
<b>MedMotAmp (mV)</b>	10	10	0.744
<b>MedMotVelc (m/s)</b>	63	64	0.009
<b>MedSenLat (ms)</b>	3	2.9	0.001
<b>MedSenAmp (<math>\mu</math>V)</b>	74	101	<0.001
<b>MedSenVelc (m/s)</b>	47	48	0.005

**Med= Mediano Mot=motor, , Sen=Sensitivo, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

Las velocidades de neuroconducción del nervio Ulnar presentaron diferencias estadísticamente significativas de acuerdo al sexo a nivel sensitivo, donde la amplitud y la velocidad de conducción sensitiva mostraron diferencias estadísticamente significativas.

con un valor de  $p 0.001, 0.005$  respectivamente. (Ver tabla 14)

**Tabla 14. Diferencias en la neuroconducción sensitiva y motora del Nervio Cubital de acuerdo al sexo.**

<b>Nervio</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>	<b>p*</b>
<b>UlnMotLat (ms)</b>	2.3	2.1	<0.001
<b>UlnMotAmp (mV)</b>	9.8	10.4	0.17
<b>UlnMotVelc (m/s)</b>	70.0	73	0.104
<b>UlnSenLat (ms)</b>	2.8	2.6	<0.001
<b>UlnSenAmp (μV)</b>	49.6	72.2	<0.001
<b>UlnSenVelc (m/s)</b>	50	54	<0.001

**Uln=Ulnar, Mot=Motor, Sen=Sensitivo, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

El nervio Radial encontró diferencias estadísticamente significativas de acuerdo al sexo en las mediciones de neuroconducción sensitiva donde la amplitudes y velocidades de conducción muestra un valor de  $p < 0.001$  y  $0.001$  respectivamente. (ver tabla 15)

**Tabla 15. Diferencias en la neuroconducción sensitiva y motora del Nervio Radial de acuerdo al sexo.**

<b>Nervio</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>	<b>p*</b>
<b>RadMotLat (ms)</b>	1.8	1.6	0.210
<b>RadMotAmp (mV)</b>	5.8	5.5	0.422
<b>RadMotVelc (m/s)</b>	68	69	0.876
<b>RadSenLat (ms)</b>	2.6	2.4	0.005
<b>RadSenAmp (μV)</b>	22.3	35.1	<0.001
<b>RadSenVelc (m/s)</b>	52	58	<0.001

**Rad=Radial, Mot=Motor, Sen=Sensitivo, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

El nervio Tibial en cuanto a la latencia mostró una diferencia estadísticamente significativa de acuerdo al sexo con un valor  $p$  de  $0.009$ . (Ver tabla 16)

**Tabla 16. Diferencias en la neuroconducción motora del Nervio Tibial de acuerdo al sexo.**

<b>Nervio</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>	<b><i>p</i>*</b>
<b>TibMotLat (ms)</b>	3.8	3.1	0.009
<b>TibMotAmp (mV)</b>	13.5	13.5	0.986
<b>TibMotVelc (m/s)</b>	53	54	0.440

**Tib=Tibial, Mot=Motor, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

El nervio Peroneo no se encontró diferencias estadísticamente significativas en las mediciones de conducción según el sexo de este nervio ( $p= 0.33$ ,  $P=0.13$ ,  $P=0.26$ ) para latencia, amplitud y velocidad respectivamente. (Ver tabla 17)

**Tabla 17. Diferencias en la neuroconducción motora del Nervio Peroneo de acuerdo al sexo.**

<b>Nervio</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>	<b><i>p</i>*</b>
<b>PerMotLat (ms)</b>	3.1	3	0.326
<b>PerMotAmp (mV)</b>	7.3	6.6	0.132
<b>PerMotVelc (m/s)</b>	56	59	0.260

**Per=Peroneo, Mot=Motor, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

En nervio Sural no se encontró diferencias estadísticamente significativas según el género. (Ver tabla 18)

**Tabla 18. Diferencias en la neuroconducción sensitiva del Nervio Sural de acuerdo al sexo.**

<b>Nervio</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>	<b><i>p</i>*</b>
<b>SurSenLat (ms)</b>	3.2	2.9	0.035
<b>SurSenAmp (μV)</b>	20.4	26.5	0.24
<b>SurSenVelc (m/s)</b>	44	48	0.23

**Sur=Sural, Sen=Sensitivo, Lat=Latencia, Amp=Amplitud, Velc=Velocidad de conducción.**

#### *COMPARACION DE MEDICIONES SEGÚN LATERALIDAD*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas según la lateralidad en las mediciones realizadas en ninguno de los nervios.

#### *COMPARACIONES SEGÚN LOS GRUPOS ETARIOS*

Para este análisis se estratifico la edad en 3 grupos: Menores de 30 años, de 31 a 50 años y mayores de 50 años.

##### *Nervio Mediano*

Al realizar un análisis por edades se encontró diferencias significativas en la amplitud sensitiva ( $p=0.02$ ). Donde la mediana en los menores de 30 años fue de 107.5 μV, en el grupo de 30 a 50 años de 82.2 μV y en los mayores de 50 años de 74 μV.

##### *Nervio Cubital*

Al realizar un análisis por edades se encontró diferencias significativas a nivel en la neuroconducción sensitiva de acuerdo a los grupos etarios ( $p=0.046$ ,  $p=0.049$ ). Donde la

mediana en la latencia sensitiva del nervio en los menores de 50 años fue de 2.7 ms y en los mayores de 50 años de 2.9 ms y la mediana de la velocidad sensitiva fue de 52 m/s para los menores de 50 años y 48 m/s para los mayores de 50.

#### *Nervio Radial*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos de edad las mediciones en el nervio radial.

#### *Nervio Tibial*

Se encontró diferencias estadísticamente significativas a nivel de la amplitud motora según la edad ( $p=0.006$ ). Encontrándose una mediana de 15.1 mV para los menores de 30 años, de 13 mV entre los 30 a 50 años y de 11 mV para los mayores de 50 años.

#### *Nervio Peroneo*

No hubo diferencias estadísticamente significativas en las mediciones del nervio peroneo según la edad.

#### *Nervio Sural*

La conducción sensitiva mostró diferencias estadísticamente significativas en la amplitud según la edad. Con mediana de 28.5  $\mu$ V para la amplitud en los pacientes menores de 30 años, 20.4  $\mu$ V entre los 30 a 50 años y de 21.3  $\mu$ V para los mayores de 50 años.

### *COMPARACION SEGÚN IMC*

Se estratifico el valor del IMC en 2 grupos: el primero con valores por debajo o iguales a 24.9 y otro con valores iguales o mayores a 25

#### *Nervio Mediano*

La estratificación con un IMC evidencio una diferencia estadísticamente significativa en la medición de la amplitud para la sensibilidad donde se encontró un valor de 76.15  $\mu$ V para

el grupo 2, y un valor 101.0  $\mu\text{V}$  para el grupo 1 ( $p=0.008$ ). En el resto de mediciones del nervio mediano no se observaron diferencias.

#### *Nervio Cubital*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas el índice de masa corporal.

#### *Nervio Radial*

La velocidad de conducción motora mostró una diferencia estadísticamente significativa de acuerdo al IMC con un valor de 70 m/s para el grupo 1 y de 66 m/s para el grupo 2 ( $p=0.03$ )

#### *Nervio Tibial*

La amplitud en la conducción motora evidencio una diferencia estadísticamente significativa según el índice de masa corporal ( $p < 0.001$ ); pero no se evidencia diferencia clínica significativa.

#### *Nervio Peroneo*

No hubo diferencias estadísticamente significativas en las mediciones del nervio peroneo según el valor del IMC ( $p=0.99$ ,  $p=0.53$ ,  $p=0.63$ ) para la latencia, amplitud y velocidad respectivamente).

#### *Nervio Sural*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas el índice de masa corporal.

## 14. Discusión

El estudio de conducción nerviosa implica la activación de los nervios con pequeños pulsos de corriente sobre varios puntos de la piel en las extremidades, midiendo las respuestas obtenidas. Estas respuestas se mide desde el propio nervio o un músculo activado por un nervio. Esto suministrara información sobre el estado de salud del nervio, músculo o unión neuromuscular. (1,40,42)

Se analizaron datos demográficos: edad, sexo, lateralidad, peso, talla, IMC, temperatura, así como los valores diferenciados por cada nervio de miembro superior e inferior de la siguiente forma: Mediano motor, Mediano sensitivo, Ulnar motor, Ulnar sensitivo, Radial motor, Radial sensitivo, Tibial, Peroneo y Sural; se calcula por cada nervio latencia, amplitud, velocidad de conducción, en los participantes del estudio que cumplieron con los criterios de inclusión y se compararon según las referencias internacionales.

En esta investigación se analizaron los valores obtenidos, se compararon con la literatura internacional y a su vez se analizaron por sexo, edades e índice de masa corporal para determinar si se encontraban diferencias estadísticamente significativas.

Se analizaron los diferentes nervios de los participantes del estudio que cumplieron con los criterios de inclusión y se compararon según las referencias internacionales encontrando el siguiente resultado:

En el nervio Mediano motor las latencias son menores; las amplitudes y velocidades de conducción son mayores; el nervio Ulnar motor las latencias no tienen diferencia; las

amplitudes y velocidades de conducción son mayores; el nervio Radial motor las latencias son mayores; las amplitudes y velocidades de conducción son mayores; el nervio Tibial motor las latencias no tienen diferencia; las amplitudes y velocidades de conducción son mayores; el nervio Peroneo motor las latencias son menores; las amplitudes y velocidades de conducción son mayores.

En el nervio Mediano sensitivo las latencias no tienen diferencia; las amplitudes son mayores y velocidades de conducción son menores; el nervio Ulnar sensitivo las latencias y las amplitudes son mayores y las velocidades de conducción son menores; el nervio Radial sensitivo latencias no tienen diferencia; las amplitudes y velocidades de conducción son menores: el nervio Sural sensitivo las latencias, las amplitudes y velocidades de conducción son menores.

Estos valores están relaciones y difieren de la literatura internacional ya que la población de estudio presenta diferencias antropométricas y sociodemográficas que pueden dar los resultados analizados anteriormente. (60,61)

Con respecto a los valores de neuroconducción de los diferentes nervios evaluados de acuerdo al sexo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres de la siguiente manera:

En el nervio Tibial la latencias presentaron valores mayores en hombres; en el nervio Mediano sensitivo las amplitudes y velocidades de conducción fueron mayores en las mujeres; en el nervio Ulnar sensitivo las amplitudes y velocidades de conducción se encontraron mayor mujeres que en hombres; en el nervio Radial sensitivo la amplitud y velocidad de conducción los valores fueron mayores en mujeres.

Analizando estos resultados y comparándolos con la literatura encontramos que a nivel sensitivo podemos encontrar amplitudes menores con dedos de grueso calibre, podríamos asumir que las mujeres tiene dedos mas delgados y por lo cual las amplitudes son mayores en estas, en cuanto a las velocidades de conducción donde son mayores en mujeres que en hombres y revisando la literatura podemos encontrar que esta diferencia se puede aclarar por que el tejido subcutáneo es mas grueso en los hombres y este interfiere con la velocidad de conducción. (60,61)

Sin embargo estas diferencias no fueron evidente en todos los nervios evaluados; se realizo una búsqueda de la literatura encontrando pocos artículos que hablen sobre esta relación por lo cual a futuro se podría proponer nuevos estudios con muestras similares de hombres y mujeres y poder descarta si hay diferencia significativa en neuroconducción por genero.

Al analizar los resultados de neuroconducción nerviosa comparándola con la lateralidad de los individuos evaluados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas según la lateralidad de los nervios evaluados.

Cuando comparamos los resultados de neuroconducción nerviosa por edades encontramos lo siguiente según el nervio evaluado:

El nervio Mediano sensitivo a mayor edad menor amplitud; el nervio Ulnar sensitivo a mayor edad menor velocidad de conducción y mayor latencia; el nervio Radial no se encontró diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la edad; el nervio Tibial a mayor edad menor amplitud; el nervio Peroneo no se encontró diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la edad; el nervio Sural a mayor edad menor amplitud.

Estos hallazgos son compatibles con lo revisado en la literatura ya que la función nerviosa disminuye en las personas con mayor edad y este hecho está respaldado por evidencia anatómica que muestra un número reducido de fibras nerviosas con el envejecimiento (60,61,62,63)

Según los resultados de los estudios de neuroconducción nerviosa de los diferentes nervios comparándolo con el IMC se encontró que en algunos nervios hubo diferencia estadísticamente significativa como en otros no; teniendo en cuenta que en este estudio la mayoría de los pacientes se encontraban con IMC por debajo de 25 se debería proponer la realización de nuevos estudios donde se incluyan también pacientes con IMC superior para determinar si hay diferencias significativas en los resultados de neuroconducción en los diferentes grupos según el IMC.

## 15. Conclusiones

Los resultados de las neuroconducciones mostraron diferencias entre la población de estudio y la referencia internacional, dejando como clave importante que se deben estandarizar los valores de referencia de cada población dadas las diferencias antropométricas y sociodemográficas.

En los participantes de sexo femenino se encontró un aumento de las amplitudes y las velocidades de conducciones en los nervios sensitivos. A mayor edad se encontró un aumento en las latencias, disminución de las amplitudes y velocidades de conducción en nervios motores y sensitivos.

Se recomienda para estudios futuros ampliar la diversidad de participantes con el fin de lograr determinar los valores de referencia mas precisos para la población colombiana esto a su vez podría brindar un mejor diagnostico, pronostico y tratamiento de las patologías neuromusculares.

## 16. Referencias

1. David C. Preston, Barbara E. Shapiro. Electromyography and neuromuscular disorders. Second Edition. 2005, 1998 Elsevier.
2. Wee AS, Ashley RA. Effect of interelectrode recording distance on morphology of the antidromic sensory nerve action potentials at the finger. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1990;30(2):93–6. [SEP]
3. Watson JC, Daube JR. Compound muscle action potentials. In: Daube JR, Rubin DI, editors. *Clinical neurophysiology*. 3rd edition. Oxford: Oxford University Press; 2009. p. 327–67.
4. Wang SH, Robinson LR. Considerations in reference values for nerve conduction studies. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 1998;9(4):907–23, viii. [SEP]
5. Walter R. Frontera, Joel A. DeLisa, Delisa's physical medicine & rehabilitation, fifth edition, vol I.
6. Volta A. Letter to Sir Joseph Banks, March 20, 1800, On electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1800;90:403–31. [SEP]
7. Sorenson E. Sensory nerve action potentials. In: Daube JR, Rubin DI, editors. *Clinical neurophysiology*. 3rd edition. Oxford: Oxford University Press; 2009. p. 239–56. [SEP]
8. Rubin, Devon I. Technical issues and potential complications of nerve conduction studies and needle electromyography. *Neurologic Clinics*. 2012; 30(2): 685-710.
9. Perry, J. David. Electrodiagnosis in musculo-skeletal disease. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*. 2005; 19 (3 SPEC. ISS.): 453-466.
10. Parry GJ, Linn DJ. Conduction block without demyelination following acute nerve infarction. *J Neurol Sci* 1988;84(2-3):265–73. [SEP]
11. Ortiz Corredor Fernando, López Monsalve Ángela. Aproximación a valores de referencia de estudios electrofisiológicos para el diagnóstico de Síndrome de Túnel del Carpo. *Rev. salud pública* 2009; 11 (5): 794-801.
12. Olney RK, Lewis RA, Putnam TD, et al. Consensus criteria for the diagnosis of multifocal motor neuropathy. *Muscle Nerve* 2003;27(1):117–21. [SEP]
13. Misra UaK J. History of clinical neurophysiology. In: *Clinical neurophysiology, nerve conduction, electromyography, evoked potentials*. India New Delhi: Elsevier; 2006. p. 1–10. [SEP] McComas A. Galvani's Spark: The Story of the Nerve Impulse. USA, New York: Oxford University Press; 2011. [SEP]
14. Matteucci C. Mémoire sur l'électricité animale. *Annales de Chimie et de Physique* 1834;56:439–43. [SEP]
15. Mallik, Arup, Weir, A. I. Nerve conduction studies: Essentials and pitfalls in practice. *Neurology in Practice*. 2005; 76 (2)
16. Lyell K., Jones Jr. Nerve Conduction Studies: Basic Concepts and Patterns of Abnormalities. *Neurol Clin* 30 (2012) 405–427. [SEP]
17. Lyell K. Jones Jr, MD . Nerve Conduction Studies: Basic Concepts and Patterns of Abnormalities. *Neurol Clin* 30 (2012) 405–427. [SEP]. Elsevier Inc.
18. Lapicque L. Presentation d'un chronaximetre clinique. *Compt Rend Soc Biol* 1915;78:695–8. [SEP]

19. Lopicque L. Premiere approximation d'une loi nouvelle de l'excitation electrique basee sur un conception physique du phenomene. *Compt Rend Soc Biol* 1907;62:615–9.
20. Lambert E. Diagnostic value of electrical stimulation of motor nerves. In: Pinelli P, editor. *Progress in electromyography*. Amsterdam: Elsevier; 1962. p. 9–16.
21. Krarup C. Pitfalls in electrodiagnosis. *J Neurol* 1999;246(12):1115–26. [SEP]
22. Kincaid JC, Brashear A, Markand ON. The influence of the reference electrode on CMAP configuration. *Muscle Nerve* 1993;16(4):392–6. [SEP]
23. Kimura J. Kugelberg lecture. Principles and pitfalls of nerve conduction studies. *Electroencephalography Clin Neurophysiol Suppl* 1999;50:12–5.
24. Kazamel, Mohamed, Warren, Paula Province. History of electromyography and nerve conduction studies: A tribute to the founding fathers. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2017; 43: 54-60
25. Jones, Lyell K. Nerve conduction studies: Basic concepts and patterns of abnormalities. *Neurologic Clinics*. 2012; 30(2): 405-427
26. Jamieson PW, Giuliani MJ, Martinez AJ. Necrotizing angiopathy presenting with multifocal conduction blocks. *Neurology* 1991;41(3):442–4. [SEP]
27. Hodes R, Larrabee MG, German W. The human electromyogram in response to nerve stimulation and the conduction velocity of motor axons; studies on normal and on injured peripheral nerves. *Arch Neurol Psychiatry* 1948;60 (4):340–65.
28. Gooch, Clifton L. Weimer, Louis H. *The Electrodiagnosis of Neuropathy: Basic Principles and Common Pitfalls*. *Neurologic Clinics*. 2007; 25 (1): 1-28
29. Gilliatt RW, Sears TA. Sensory nerve action potentials in patients with peripheral nerve lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1958;21(2):109–18.
30. Galvani L. De viribus electricitatis in motu musculari *Commentarius De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii* 7:363–418; 1791. [SEP]
31. Fuller G, Bone I (eds). *Neurophysiology*. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005;76 Suppl 2:ii1-46. Available from URL: [http://jnnp.bmj.com/content/vol76/suppl\\_2/](http://jnnp.bmj.com/content/vol76/suppl_2/)
32. Falck B, Stalberg E. Motor nerve conduction studies: measurement principles and interpretation of findings. *J Clin Neurophysiol* 1995;12(3):254–79. [SEP]
33. Duchenne GB (1855) *De l'electrisation localisee et de son application a la pathologie et la therapeutique* Bailliere, Paris. [SEP]
34. Deuschl G, Eisen A (eds). *Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology*. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1999 Suppl 52 (2nd edition). Amsterdam: Elsevier Science; 2000. Stevens JC, Smith.
35. Denny-Brown D. Interpretation of the electromyogram. *Arch Neurol Psychiatry* 1949;61(2):99–128. [SEP]
36. Denny-Brown D, Foley JM. Myokymia and the benign fasciculation of muscular cramps. *Trans Assoc Am Phys* 1948;61:88–96.
37. Cornblath DR, Sumner AJ, Daube J, et al. Conduction block in clinical practice. *Muscle Nerve* 1991;14(9):869–71 [discussion: 867–8]. [SEP]
38. Clifton L, Gooch MD, Louis H, Weimer MD. *The Electrodiagnosis of Neuropathy: Basic Principles and Common Pitfalls*. *Neurologic Clinics* 25 (2007) 1–28.
39. Chen, Shan, Andary, Michael, Buschbacher, Ralph, Del Toro, David, Smith, Benn, So, Yuen, Zimmermann, Kuno, Dillingham, Timothy R. Electrodiagnostic reference values for upper and lower limb nerve conduction studies in adult populations.

- Muscle & Nerve. 2016; 54 (3): 371-377
40. Campbell WW. The value of inching techniques in the diagnosis of focal nerve lesions. Inching is a useful technique. *Muscle Nerve* 1998;21(11):1554–6 [discussion: 1561].
  41. C. Krarup. Nerve conduction studies in selected peripheral nerve disorders. *Curr Opin Neurol*. 2002. 15: 579-93
  42. Buschbacher RM. Body mass index effect on common nerve conduction study measurements. *Muscle Nerve* 1998;21(11):1398–404.
  43. Buchthal F, Rosenfalck P. Action potential parameters in different human muscles. *Acta Psychiatr Neurol Scand* 1955;30(1–2):125–31.
  44. Buchthal F, Pinell P, Rosenfalck P. Action potential parameters in normal human muscle and their physiological determinants. *Acta Physiol Scand* 1954;32(2–3):219–29. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-1716.1954.tb01168.x>.
  45. Buchthal F, Guld C, Rosenfalck P. Action potential parameters in normal human muscle and their dependence on physical variables. *Acta Physiol Scand* 1954;32(2–3):200–18. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-1716.1954.tb01167.x>.
  46. Bromberg MB, Jaros L. Symmetry of normal motor and sensory nerve conduction measurements. *Muscle Nerve* 1998;21(4):498–503.
  47. British Society for Clinical Neurophysiology [homepage]. Available from URL: <http://www.bscn.org.uk>
  48. Brazier MA. The emergence of electrophysiology as an aid to neurology. In: Aminoff MJ, editor. *Electrodiagnosis in clinical neurology*. Philadelphia: Churchill Livingstone; 1999. p. 3–14.
  49. BE, Weaver AL, et al. Symptoms of 100 patients with electromyographically verified carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve*. 1999;22(10):1448-56
  50. Aldini G. De animali electricitate dissertationes duae. Lucheron, Bologna; 1794.
  51. Adrian EDBD. The discharge of impulses in motor nerve fibres: Part II. The frequency of discharge in reflex and voluntary contractions. *J Physiol* 1929;67:119–51.
  52. Adrian ED. The electrical reactions of muscles before and after nerve injury. *Brain Dev* 1916;39:1–33.
  53. OhS. Nonphysiological factors affecting nerve conduction. In: *Clinical electromyography: nerve conduction studies*. 3<sup>rd</sup> edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003. p. 311–26.
  54. Ulnar Neuropathy at the Elbow AANEM Task Force. Practice parameter for electrodiagnostic studies in ulnar neuropathy at the elbow: summary statement of the American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. *Muscle Nerve* 1999;22(3):408–11.
  55. Checkles NS, Russakov AD, Piero DL. Ulnar nerve conduction velocity: effect of elbow position on measurement. *Arch Phys Med Rehabil* 1971;52(8):362–5.
  56. Denny-Brown D, Pennybacker JB. Fibrillation and fasciculation in voluntary muscle. *Brain* 1938;61:311–34.
  57. Braun F. Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufs variabler Ströme. *Annalen der Physik und Chemie* 1897;60:552–9.
  58. Adams RD, Denny-Brown D, Pearson CM. *Diseases of muscle: a study in*

- pathology. 2nd ed. New York: Harper & Brothers; 1953.<sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>
59. World Medical Association (AMM). Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. World Med Assoc Inc [Internet]. 2013; 1–8. Available from: <http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3>.
  60. Yumi Fujimaki, Satoshi Kuwabara, Yasunori Sato, Sagiri Iose, Kazumoto Shibuya, Yukari Sekiguchi, Saiko Nasu, Yuichi Noto, Junko Taniguchi, Sonoko Misawa. The effects of age, gender, and body mass index on amplitude of sensory nerve action potentials: Multivariate analyses. *Clinical Neurophysiology* 120 (2009).
  61. Senthil Kumari K R, Umamaheswari Kannan, Aruna B Patil, Influence of age, height, gender on median and ulnar nerve conduction study. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology Online* 2018. Vol 8, Issue 2.
  62. <sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub> Murat Alemdar, Effects of gender and age on median and ulnar nerve sensory responses over ring finger. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 24 (2014) 52–57.
  63. Charles F Bolton, Kristine M Carter, Human sensory nerve compound action potential amplitude: variation with sex and finger circumference. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 1980, 43, 925-928.

### **Anexo 3. Consentimiento informado**

#### **Parte 1: Información acerca de la investigación**

##### TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

*“Determinación de los valores de referencia en los estudios de neuroconducción de miembro superior e inferior en adultos ”*

##### NÚMERO DE PROTOCOLO

NUR 057

##### NOMBRE DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL

Dra. Maria Fernanda Nieto Garcia

Dra. Maria Johanna Ceron Casañas

##### INTRODUCCIÓN

###### ¿POR QUÉ SE VA A REALIZAR ESTA INVESTIGACIÓN?

Porque es importante conocer los valores de normalidad de las conducciones nerviosas de los brazos y piernas de las personas sanas en Colombia, ya que esto permitirá realizar un mejor diagnóstico, pronóstico y tratamiento, en enfermedades que afectan los nervios que salen de la columna vertebral, y enfermedades del músculo tales como neuropatía por compresión o atrapamiento, neuropatías genéticas o hereditarias, asociadas a diabetes, enfermedad de la tiroides, lesión del nervio periférico y radiculopatías.

Estos valores normales en Colombia se toman de valores de referencia de población extranjera.

###### ¿EN QUÉ CONSISTE ESTA INVESTIGACIÓN?

En medir con unos electrodos que se colocan sobre la piel, la conducción de los nervios en miembros superiores e inferiores, con el fin de saber el estado de los nervios de las extremidades que transmiten la sensibilidad y la movilidad.

### ¿QUÉ TENGO QUE HACER SI PARTICIPO EN ESTA INVESTIGACIÓN?

Si usted acepta participar en esta investigación se solicitará que firme este consentimiento informado. Para dar inicio a la realización de este estudio se colocarán unos electrodos en la piel, se aplicará unos estímulos de corriente de baja intensidad para finalmente obtener las medidas de las conducciones nerviosas de los miembros superiores e inferiores; cabe resaltar que este procedimiento hace parte de los exámenes rutinarios que se hacen en pacientes con enfermedades neuromusculares como parte de la atención en salud, este no implica un estudio experimental.

### ¿CUÁNTAS PERSONAS PARTICIPARÁN EN ESTA INVESTIGACIÓN?

Aproximadamente 110 personas mayores de edad

### ¿CUÁNTO TIEMPO ESTARÉ EN ESTA INVESTIGACIÓN?

Estará solo el día de la prueba de neuroconducción que toma 10 minutos, en caso de ser necesario podría solicitársele repetir la prueba por lo cual agradecemos si podemos contar con su apoyo por un tiempo mínimo de 1 día, máximo de 1 mes.

Si usted acepta la participación se le realizará la prueba de neuroconducción, si no puede realizar la prueba el mismo día no se considerará la realización del procedimiento y no será participante del estudio, o por último de darse la eventualidad los investigadores asumirán con el gasto del transporte, para que usted pueda regresar y realizarse la prueba de neuroconducción.

### ¿PUEDO RETIRARME DE LA INVESTIGACIÓN DE MANERA VOLUNTARIA EN CUALQUIER MOMENTO?

No tendrá repercusión alguna, continuará recibiendo toda la atención y servicios ofrecidos por la IPS.

### ¿QUÉ PASA SI ME RETIRO DE LA INVESTIGACIÓN?

No tendrá repercusión alguna.

¿POR QUÉ PODRÍA EL INVESTIGADOR PRINCIPAL RETIRARME DE LA INVESTIGACIÓN TEMPRANAMENTE?

Si siente alguna molestia que impida realizar adecuadamente el procedimiento, este se cancelará.

¿CUÁLES SON LOS RIESGOS O INCOMODIDADES ASOCIADOS A ESTA INVESTIGACIÓN?

Las mediciones de conducción nerviosa son un estudio muy seguro y no invasivo, los estímulos de corriente eléctrica son de muy baja intensidad, por lo cual rara vez existe un efecto adverso. Aunque son muy raros se podría eventualmente presentar, enrojecimiento en la piel, rasquiña en la zona donde se coloca el electrodo.

El participantes durante el estudio podría sentir los estímulos bajos de corriente pero estos solo serán durante la realización del procedimiento no posterior a este.

¿HAY RIESGOS RELACIONADOS CON EL EMBARAZO?

Aunque hay evidencia de que las bajas intensidades de corriente en neuroconducción no afectan al feto es recomendable que si está en estado de embarazo nos informe para no realizar esta prueba por precaución.

¿OBTENDRÉ ALGÚN BENEFICIO AL PARTICIPAR EN ESTA INVESTIGACIÓN?

El beneficio de esta investigación lo obtendrá la comunidad médica y la población en general, pues a través del mismo se busca una mejor aproximación a los valores normales de conducción nerviosa para la población colombiana, y a futuro hacer diagnóstico preciso y oportuno según los resultados de normalidad.

¿QUÉ OTRAS OPCIONES TENGO ADEMÁS DE PARTICIPAR EN ESTA INVESTIGACIÓN?

Abstenerse de participar.

¿CÓMO SE VA A GARANTIZAR LA PRIVACIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE MIS DATOS PERSONALES?

La privacidad y confidencialidad de sus datos personales serán manejados bajo el código de ética médica, protegiendo su identidad e información personal.

Se asignó en la IPS Rangel, un archivador con seguro, especial para esta investigación, donde solo tendrá acceso los investigadores principales.

¿QUÉ SUCEDERÍA SI NO SE RESPETA LA CONFIDENCIALIDAD DE MIS DATOS?

Podrá contactar al comité de ética de la Universidad El Bosque para dar informe de ello, Teléfono PBX 571 6489000 ext. 1520.

¿TIENE ALGÚN COSTO MI PARTICIPACIÓN EN ESTA INVESTIGACIÓN?

Su participación en el estudio no generará ningún costo.

¿RECIBIRÉ ALGÚN TIPO DE COMPENSACIÓN O PAGO?

No recibirá ningún tipo de compensación o pago.

¿QUÉ PASA SI ME LESIONO O ME ENFERMO DURANTE EL EXAMEN?

Aunque las posibilidades de lesión o enfermedad son muy bajas, se prestará el servicio de atención pertinente en la IPS Rangel.

¿QUÉ PASA SI MI PRUEBA DE NEUROCONDUCCIÓN SALE ANORMAL?

En caso que su prueba sea anormal, se le entregará el reporte y se le ayudará para tramitar con la EPS que corresponda, la ampliación y estudio completo de su condición.

¿CUÁLES SON MIS DERECHOS COMO SUJETO DE INVESTIGACIÓN?

Obtener información sobre la naturaleza y propósito del estudio.

Obtener el espacio para realizar preguntas y que estas sean resultas a su completa satisfacción antes de firmar este documento o en cualquier momento después de firmarlo.

Poder retirarse como participante del estudio en cualquier momento, sin perjuicio alguno.

Obtener una copia del presente documento firmado y fechado, cuando lo requiera.

¿TENDRÉ LA POSIBILIDAD Y COMO PODRÉ ACCEDER A LA INTERVENCIÓN O AL MEDICAMENTO CUYA EFECTIVIDAD SEA COMPROBADA?

Los individuos de la población colombiana que presenten alguna enfermedad neuromuscular, en el momento que se le realice un examen de conducción nerviosa, se utilizarán los datos de normalidad obtenidos en este estudio para hacer un diagnóstico, una adecuada conclusión del examen y un tratamiento oportuno.

¿CÓMO Y EN QUÉ MOMENTO VOY A CONOCER LOS DATOS FINALES DE LA PRUEBA DE INVESTIGACIÓN?

Los datos finales de la investigación podrán ser conocidos por usted en el momento en que sea publicado una vez se consolide toda la información, o si el participante lo requiere se le entregará el resultado de la prueba con hallazgos y conclusiones.

¿QUÉ HAGO SI TENGO ALGUNA PREGUNTA O PROBLEMA?

Toda duda será resuelta por la Dra. Maria Johanna Ceron, Dra. Maria Fernanda Nieto o por el Dr. Carlos Rangel.

INFORMACIÓN DE CONTACTO DEL COMITÉ DE ÉTICA

Comité Institucional de Ética en Investigaciones, 648 9000 extensión 1520, [comiteetica@unbosque.edu.co](mailto:comiteetica@unbosque.edu.co) Calle 132 No.7A-63. Piso 2 y 3.

INFORMACIÓN DE CONTACTO DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Dra Maria Fernanda Nieto

Residente de tercer año Medicina Física y Rehabilitación – Universidad El Bosque

[mnietog@unbosque.edu.co](mailto:mnietog@unbosque.edu.co)

[telefono: 3103412846](tel:3103412846)

[Dra Maria Johanna Ceron](#)

Residente de segundo año Medicina Física y Rehabilitación – Universidad El Bosque

[mceronc@unbosque.edu.co](mailto:mceronc@unbosque.edu.co)

[telefono: 3103412846](tel:3103412846)

## **Parte 2: Formulario de Firmas.**

He sido invitado(a) a participar en el estudio “*Determinación de los valores de referencia en los estudios de neuroconducción de miembro superior e inferior en adultos*”.

Entiendo que mi participación consistirá en la realización de neuroconducciones en los miembros superiores e inferiores. Este estudio implica la activación de los nervios con pequeños pulsos de corriente eléctrica segura sobre varios puntos de la piel en las extremidades. Es un estudio muy seguro y no invasivo, por lo cual no se produce algún tipo de lesión o enfermedad.

He leído y entendido este documento de Consentimiento Informado o el mismo se me ha leído o explicado. Todas mis preguntas han sido contestadas claramente y he tenido el tiempo suficiente para pensar acerca de mi decisión. No tengo ninguna duda sobre mi participación, por lo que estoy de acuerdo en hacer parte de esta investigación. Cuando firme este documento de Consentimiento Informado recibiré una copia del mismo (partes 1 y 2).

Autorizo el uso y la divulgación de mi información a las entidades mencionadas en este Consentimiento Informado para los propósitos descritos anteriormente.

Acepto voluntariamente participar y sé que tengo el derecho de terminar mi participación en cualquier momento. Al firmar esta hoja de Consentimiento Informado no he renunciado a ninguno de mis derechos legales.

Este proyecto de investigación, ha sido estudiado, evaluado y aprobado por el Comité de Ética de la Universidad El Bosque.

Para constancia firmo a los \_\_\_\_\_ (día) \_\_\_\_\_ (mes) del 2018

---

Firma del Participante

Nombre:

Documento:

Fecha:

---

Firma del Investigador

Nombre:

Documento:

Fecha:

---

Firma del Testigo (I)

Nombre:

Documento:

Parentesco:

Dirección:

Teléfono:

---

Firma del Testigo (II)

Nombre:

Documento:

Parentesco:

Dirección:

Teléfono:

## Anexo 4. Formato de recolección de datos



DETERMINACIÓN/DE/LOS/VALORES/DE/REFERENCIA/EN/LOS/  
ESTUDIOS/DE/NEUROCONDUCCIÓN/DE/MIEMBRO/SUPERIOR/E/  
INFERIOR/EN/ADULTOS/

Fecha/del/procedimiento:	<input type="text"/>								
Nombres:	<input type="text"/>	////Apellidos:	<input type="text"/>						
Documento:	<input type="text"/>	CC	<input type="text"/>	CE	<input type="text"/>	Otro	<input type="text"/>	No:	<input type="text"/>
Edad:	<input type="text"/>	////Genero:	M	<input type="text"/>	F	<input type="text"/>			
Nacionalidad:	<input type="text"/>								
Ocupación:	<input type="text"/>								

Lateralidad:	Derecha:/	<input type="text"/>	Izquierda:	<input type="text"/>	Bilateral	<input type="text"/>
Peso:	<input type="text"/>	Talla:	<input type="text"/>	IMC:	<input type="text"/>	
Temperatura/corporal:	<input type="text"/>					

<b>1./Medición/hervio/Mediano:</b>					
Latencia/ motora:	<input type="text"/>	Amplitud/ motora:	<input type="text"/>	Velocidad/ motora:	<input type="text"/>
Latencia/ sensitiva:	<input type="text"/>	Amplitud/ sensitiva:	<input type="text"/>	Velocidad/ Sensitiva:	<input type="text"/>
<b>2.#Medición/hervio/Ulnar:</b>					
Latencia/ motora:	<input type="text"/>	Amplitud/ motora:	<input type="text"/>	Velocidad/ motora:	<input type="text"/>
Latencia/ sensitiva:	<input type="text"/>	Amplitud/ sensitiva:	<input type="text"/>	Velocidad/ Sensitiva:	<input type="text"/>

**3./Medición/hervio/Radial:**

Latencia/motora:       Amplitud/motora:       Velocidad/motora:

Latencia/sensitiva:       Amplitud/sensitiva:       Velocidad/Sensitiva:

**4./Medición/hervio/Tibial:**

Latencia/motora:       Amplitud/motora:       Velocidad/motora:

**5./Medición/hervio/Peroneo:**

Latencia/motora:       Amplitud/motora:       Velocidad/motora:

**6./Medición/hervio/Sural:**

Latencia/sensitiva:       Amplitud/sensitiva:       Velocidad/Sensitiva:

**RESPONSABLES:**

**RESPONSABLE/No/1**

Nombre:       Teléfono:

EJmail:

Otros/datos:

**RESPONSABLE/No/2**

Nombre:       Teléfono:

EJmail:

Otros/datos:

## Anexo 5. Certificado habilitación IPS Carlos Eduardo Rangel Galvis S.A.S



### CONSTANCIA AUTOEVALUACIÓN

Código y Nombre del Prestador	1100121512 - CARLOS EDUARDO RANGEL GALVIS S.A.S
Código y Nombre de la Sede	110012151202-RANGEL REHABILITACION

Fecha de vigencia del PRESTADOR para los servicios relacionados en este documento(dd/mm/aaaa):30/01/2019.

#### Servicios declarados en la Autoevaluación:

GRUPO DEL SERVICIO	CÓDIGO SERVICIO	NOMBRE DEL SERVICIO
CONSULTA EXTERNA	301	ANESTESIA
CONSULTA EXTERNA	309	DOLOR Y CUIDADOS PALIATIVOS
CONSULTA EXTERNA	327	MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN
CONSULTA EXTERNA	328	MEDICINA GENERAL
CONSULTA EXTERNA	332	NEUROLOGÍA
CONSULTA EXTERNA	333	NUTRICIÓN Y DIETÉTICA
CONSULTA EXTERNA	344	PSICOLOGÍA
CONSULTA EXTERNA	345	PSIQUIATRÍA
CONSULTA EXTERNA	388	NEUROPEDIATRÍA
APOYO DIAGNÓSTICO Y COMPLEMENTACIÓN TERAPÉUTICA	714	SERVICIO FARMACÉUTICO
APOYO DIAGNÓSTICO Y COMPLEMENTACIÓN TERAPÉUTICA	725	ELECTRODIAGNÓSTICO
APOYO DIAGNÓSTICO Y COMPLEMENTACIÓN TERAPÉUTICA	728	TERAPIA OCUPACIONAL
APOYO DIAGNÓSTICO Y COMPLEMENTACIÓN TERAPÉUTICA	739	FISIOTERAPIA
APOYO DIAGNÓSTICO Y COMPLEMENTACIÓN TERAPÉUTICA	740	FONOAUDIOLOGÍA Y/O TERAPIA DEL LENGUAJE

Fecha de registro de Autoevaluación: 22/01/2018 4:42:22 p. m..

En caso de cualquier inquietud con la CONSTANCIA AUTOEVALUACIÓN comuníquese con la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá - Dirección:Carrera 32 No.12-81 - Telefono(s):3649586-3649590 3649090 EXT 9890-9873 - Correo Electronico:habilitacionsds@saludcapital.gov.co

Fecha de impresión: lunes 22 de enero de 2018 (4:42 p. m.).

## CONSTANCIA AUTOEVALUACIÓN

Código y Nombre del Prestador	1100121512 - CARLOS EDUARDO RANGEL GALVIS S.A.S
Código y Nombre de la Sede	110012151201-CARLOS EDUARDO RANGEL GALVIS S.A.S

Fecha de vigencia del PRESTADOR para los servicios relacionados en este documento(dd/mm/aaaa):30/01/2019.

*Servicios declarados en la Autoevaluación:*

GRUPO DEL SERVICIO	CÓDIGO SERVICIO	NOMBRE DEL SERVICIO
CONSULTA EXTERNA	327	MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN
APOYO DIAGNÓSTICO Y COMPLEMENTACIÓN TERAPÉUTICA	725	ELECTRODIAGNÓSTICO

Fecha de registro de Autoevaluación: 22/01/2018 4:46:18 p. m.

En caso de cualquier inquietud con la CONSTANCIA AUTOEVALUACIÓN comuníquese con la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá - Dirección:Carrera 32 No.12-81 - Telefono(s):3649586-3649590 3649090 EXT 9890-9873 - Correo Electronico:habilitacionsds@saludcapital.gov.co

Fecha de impresión: lunes 22 de enero de 2018 (4:48 p. m.).

Versión 2.0.