



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA
INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y NEUROCIROGIA
"Dr. Manuel Velasco Suárez"**

TÍTULO

**"POTENCIALES EVOCADOS MULTIMODALES EN POBLACION MEXICANA SANA
DE 17 A 64 AÑOS"**

**TESIS DE POSGRADO PARA OBTENER EL TITULO DE MEDICO ESPECIALISTA EN
NEUROFISIOLOGIA CLINICA.**

PRESENTA:

DRA. ESMERALDA COBOS ALFARO.

TUTOR:

DR. JORGE BURGOS CENTENO.

ASESOR METODOLOGICO:

DR. GILBERTO ISAAC ACOSTA CASTILLO.

COLABORADOR:

TEC. SERGIO CABELLO PÉREZ

TEC. MA. HILDA FIGUEROA GODOY

MEXICO DISTRITO FEDERAL 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DR. JUAN NICASIO ARRIADA MENDICOA
Director de Enseñanza

DRA. MARIA DEL CARMEN FERNÁNDEZ GONZÁLEZ DE ARAGÓN
Jefa del Departamento de Neurofisiología Clínica

DR. JORGE BURGOS CENTENO
Tutor de Tesis
Médico Adscrito al Departamento de Neurofisiología Clínica

DRA. ESMERALDA COBOS ALFARO
Autor
Médico Residente del Curso de Posgrado en Neurofisiología Clínica

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
AGRADECIMIENTOS	3
ANTECEDENTES	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
OBJETIVOS	11
JUSTIFICACIÓN	13
METODOLOGÍA	14
CONSIDERACIONES ÉTICAS	20
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN	30
CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS	33
ANEXOS	36

AGRADECIMIENTOS

A MI PAPÁ

A QUIEN DEBO HABER LLEGADO HASTA AQUÍ, GRACIAS POR TUS ENSEÑANZAS, CONSEJOS Y EJEMPLO DE EXCELENCIA. TE EXTRAÑAMOS DÍA A DÍA.

A MI MAMA Y A MI HERMANO

PORQUE CONFÍAN EN MÍ Y POR SU APOYO INCONDICIONAL, SON LO MÁS IMPORTANTE Y LOS AMO.

A LEONARDO Y A CARLOS

A LOS MÁS BONITOS POR SER PARTE DE MI INSPIRACIÓN.

A MIS MAESTROS

POR TODAS LAS ENSEÑANZAS Y LA AMISTAD QUE ME SUPIERON COMPARTIR.

A MIS COMPAÑEROS

POR COMPARTIR ESTA ETAPA DE FORMACIÓN.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

LA MÁS GRANDE E IMPORTANTE DE MÉXICO E IBEROAMÉRICA

AL INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIRUGÍA

POR SER MI SEGUNDA CASA ESTE TIEMPO DE FORMACIÓN

ANTECEDENTES

Los potenciales evocados (PE) registran la actividad eléctrica de poblaciones localizadas de neuronas, durante la realización de tareas perceptuales específicas. (1)

El potencial evocado es un cambio eléctrico producto de la recepción en el cerebro de un estímulo externo. Debido al escaso voltaje que presentan, se deben emplear técnicas de promediación de señal para extraer los PE de la actividad eléctrica cerebral, por lo tanto el PE está relacionado en el tiempo con el estímulo utilizado. El estímulo se aplica repetidamente y el computador guarda en su memoria información adquirida, promediada con la información previamente obtenida, hasta que el PE pueda ser identificado. La promediación digital requiere que tanto la onda del potencial como su relación temporal con el evento examinado, permanezcan constantes. Como las fluctuaciones electroencefalográficas no se relacionan en el tiempo con el evento, su promediación se aproxima a cero. (2)

Los PE estudian la integridad funcional eléctrica de las vías y por lo tanto, pueden complementar a los estudios de imágenes en la detección de anomalías en el sistema nervioso. (3)

Los PE que se han demostrado más útiles en la práctica clínica son los de latencias corta como los potenciales evocados visuales (PEV), potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC) y potenciales somatosensoriales (PESS). Estos entregan una medición objetiva de la función de los respectivos sistemas sensoriales y sus vías y han sido estudiados en gran variedad de enfermedades neurológicas. (4)

Tipos de Potenciales Evocados:

PE de latencia larga: aparecen después de los 75 ms de aplicado el estímulo, son de gran amplitud (5-50 μ V) pero poco constantes en su morfología al compararlos en

sujetos normales, salvo la onda P100 de los PEV. Además se modifican con facilidad en relación a los cambios de atención. Estas características los hacen poco reproducibles por lo que utilidad está limitada al campo de la investigación.

PE de latencia media: (30-70 ms). Los más estudiados son los auditivos (10 a 50 ms) cuyos componentes más estables son Na y Pa, Se generan a nivel de corteza auditiva primaria y tálamo.

PE de latencia corta: (<30 ms) Son de baja amplitud pero muy constantes en su morfología y latencia, no se afectan por el uso de medicamentos y anestésicos, incluso aunque la actividad EEG esté completamente deprimida. (5)

Utilidad clínica de los potenciales evocados

- Demostrar disfunción del sistema sensorial cuando la anamnesis o examen clínico son poco claros o inequívocos.
- Revelar la existencia de lesiones subclínicas cuando se sospecha el diagnóstico de enfermedad desmielinizante por síntomas y/o signos en otra parte del sistema nervioso central.
- Contribuir a definir la distribución anatómica de una enfermedad.
- Contribuir al control evolutivo de una determinada enfermedad.
- Monitorizar estructuras neurales en riesgo de durante procedimientos quirúrgicos.
- Distinguir lesiones orgánicas de trastornos psicogénicos.
- Examinar vías sensoriales en niños pequeños o en personas que no pueden cooperar para la realización de los test de percepción correspondiente

Como todo examen Neurofisiológico, contribuyen a extender el examen clínico neurológico, aunque en forma inespecífica, sin entregar un diagnóstico etiológico, y por lo tanto sus resultados deben ser interpretados en el contexto de la enfermedad. (6)

Técnica para la obtención de los potenciales evocados multimodales

1. Electroodos. Su adecuada colocación es fundamental para obtener registros de calidad.
 - 1.1 Preparar la piel con pasta limpiadora y levemente abrasiva para la remoción de grasa, mugre y células muertas.
 - 1.2 No hay diferencia en el registro con electrodos de aguja o de superficie, sin embargo, se recomienda limitar el uso de los últimos para pacientes en coma o monitoreo quirúrgico.
 - 1.3 Impedancias deseables < 5.000 Ohms
 - 1.4 Sistema internacional 10-20 para la ubicación de electrodos. (7)
2. Filtros
 - 2.1 Un sistema apropiado de filtros puede acortar el proceso de promediación. Si no son apropiados pueden distorsionar las amplitudes y latencias de las ondas. Esto es especialmente con el filtro de 60Hz, usado para disminuir la corriente alterna, pero que puede alterar los PESS y PEV, al estar esta frecuencia en el rango de registro de estos potenciales. (8)
3. Resolución vertical (voltaje).
 - 3.1 La señal eléctrica registrada es una señal continua (analógica) que debe ser convertida en secuencias de números antes que el computador pueda realizar la promediación o cualquier otra operación matemática. Este es el proceso de conversión análogo-digital (A/D).
 - 3.2 Este proceso puede diferenciar solo una cantidad limitada de niveles de voltaje, lo que se expresa como la capacidad "bit"
4. Resolución horizontal (tiempo)
 - 4.1 Cada medición de voltaje que realiza el convertidor A/D, ocurre a un intervalo fijo de tiempo en relación con la medición previa. Este intervalo de tiempo se

denomina intervalo intermuestra (ISI) entre más corto sea el ISI, mayor es la frecuencia de muestreo.

4.2 Si los potenciales a registrar son breves, el ISI debe ser menor que si el potencial es largo para que la onda sea reconstruida con una resolución aceptable.

5. Polaridad

5.1 En EEG la convención es que si el electrodo 1 es más negativo que el electrodo 2, el trazado se mueve hacia arriba. Con los PE no hay un acuerdo reconocido y tampoco se ha convenido la polaridad en los distintos tipos de PE, pero se tiende a usar el mismo lenguaje del EEG.

Potenciales evocados visuales.

Son cambios de potenciales eléctricos registrados en el cráneo en respuestas a estímulos visuales. Permiten evaluar la conducción nerviosa en la vía visual hasta la corteza occipital. Los más utilizados clínicamente son los producidos por estímulos de baja frecuencia. (9)

El registro de estos potenciales es un medio importante para la obtención de información cuantitativa y reproducible de la función de la vía visual anterior. Son especialmente útiles en la evaluación de pacientes con síntomas visuales pero sin hallazgos objetivos al examen y en pacientes sin síntomas visuales pero con enfermedades que comprometen la vía visual de forma subclínica. (10)

Las 2 ondas que se miden habitualmente son N70 y P100, siendo esta última la más importante. El sexo y la edad pueden influir en las latencias de estos potenciales. Hay varios factores técnicos que deben mantenerse controlados para evitar cambios en P100, entre ellos los más importantes son; el grado de iluminación del estimulador, contraste, ángulo visual, el tamaño del cuadro y la frecuencia de cambio. Entre las

características de los pacientes que deben tenerse en cuenta son; la edad, agudeza visual y atención. (11)

El estímulo con patrón más frecuentemente utilizado es el tablero de ajedrez en patrón reverso. La estimulación por flash o luz difusa debe reservarse solo para situaciones en las que se requiere saber si al menos parte de la vía visual está intacta o en pacientes que por edad o alteración de la conciencia no pueden fijar la vista en el estímulo. (12)

Potenciales evocados auditivos de tallo cerebral

Es una técnica Neurofisiológica que permite evaluar la conducción de la vía auditiva en el tallo cerebral en diversas enfermedades del SNC y además permite evaluar la audición en recién nacidos, lactantes y en pacientes mayores cuando la audiometría convencional no es concluyente. (13)

Se han descrito 7 ondas cada una con una representación anatómica específica:

Onda I: nervio coclear.

Onda II: núcleos cocleares o porción intracraneal del nervio coclear.

Onda III: complejo olivar superior en la protuberancia media.

Onda IV: lemnisco lateral en la protuberancia alta.

Onda V: colículo inferior o mesencéfalo bajo.

Onda VI y VII: origen aparentemente en cuerpo geniculado medial y radiaciones auditivas.

Son poco reproducibles y por lo tanto con menor utilidad clínica (14).

Para la utilización en la clínica neurológica de los PEATC es esencial un registro claro de la onda I, en tanto que las ondas II, IV y VI no tienen utilidad clínica. Las mediciones más importantes son las latencias interpico I-III, III-V y I-V; las diferencias interlado y la relación de amplitud entre la onda I y V o complejo IV-V. Las amplitudes absolutas son muy variables y por lo tanto tiene escasa utilidad clínica (15).

El aumento en la frecuencia de los clicks produce aumento de la latencia absoluta de los PEATC y disminución de la amplitud. La hipotermia produce aumento en las latencias absolutas e intepico. Los PEATC no se afectan con drogas depresoras del sistema nervioso central (SNC). El envejecimiento aumenta la latencia de la onda I, pero sin compromiso de la conducción central (16).

Potenciales somatosensoriales:

Es una técnica Neurofisiológica que permite la evaluación funcional de las vías somatosensoriales, especialmente en el SNC (17). La intensidad del estímulo eléctrico utilizado en los PESS excita sólo las fibras mielinizadas gruesas de los nervios periféricos, aferentes musculares la y aferentes cutáneos tipo II. La primera neurona se ubica en el ganglio de la raíz dorsal y su axón central entra a los cordones posteriores de la médula hasta la unión bulbo medular, donde se encuentra la segunda neurona y de ella salen fibras que cruzan al lado opuesto constituyendo el lemnisco medial hasta el núcleo ventroposterolateral del tálamo, donde se encuentra la tercera neurona. Desde el tálamo las fibras van a la corteza sensitivo-motora fronto-parietal (18).

Las alteraciones de los PESS se asocian a trastornos en la sensibilidad posicional, táctil, vibratoria y estereognosia. Las aferentes la no conducen sensación consciente, por lo que puede haber defectos en la conducción que alteran los PESS sin alteración clínica concomitante (19).

La utilidad clínica de los PESS se basa en su relación específica con ciertas estructuras anatómicas, que pueden ser estudiadas en forma funcional sin cambios por factores metabólicos y fisiológicos. Las neuropatías afectan las latencias de los PESS, especialmente si son desmielinizantes (20).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los potenciales evocados al igual que otros estudios Neurofisiológicos son una extensión de la exploración neurológica y son fundamentales para el diagnóstico, pronóstico y seguimiento de diversas patologías del sistema nervioso. A pesar de que existen valores de referencia establecidos se recomienda que cada laboratorio tenga sus propios valores de normalidad, obtenidos en las mismas condiciones ambientales y con los mismos parámetros de estimulación y registro. En México no existen estudios que muestren valores normales en población sana. Por lo tanto, nosotros planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles son los valores de los potenciales multimodales en sujetos sanos de 17 a 64 años?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer los valores de los Potenciales Evocados Multimodales en sujetos sanos mexicanos de 17 a 64 años.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

Conocer los valores de latencia absoluta de N75, P100 y N145 en los potenciales evocados visuales en sujetos sanos.

Conocer los valores de latencia absoluta de las ondas I, II, III, IV y V en los potenciales auditivos de tallo cerebral.

Conocer los valores de latencia absoluta para los potenciales Erb, N11, N13, P14, N18, N20 y P22 en los potenciales evocados somatosensoriales de extremidades superiores.

Conocer los valores de latencia absoluta para los potenciales Hp, N21, P37, N45, P60 y N80 en los potenciales evocados somatosensoriales de extremidades inferiores.

Conocer los valores de amplitud pico de P100 (PEV), III-V (PEATC) y N20/ P37 (PESS).

Conocer los valores de latencias interpico o tiempos de central (TCC) I-III, III-V y I-V de los PEATC.

Conocer los valores de latencias interpico o TCC Erb-N13, N13-N20 y Erb-N20 de los PESS de extremidades superiores.

Conocer los valores de latencias interpico o TCC Hp-N21, N21-P37, Hp-P37 de los PESS de extremidades inferiores.

Conocer los valores de las diferencias lado a lado en latencia y amplitud de P100 en los PEV.

Conocer los valores de las diferencias lado a lado en latencia de las ondas I, III y V de los PEATC.

Conocer los valores de las diferencias lado a lado en latencia y amplitud de Erb, N13 y N20 de los PESS de extremidades superiores.

Conocer los valores de las diferencias lado a lado en latencia y amplitud de Hp, N21 y P37 de los PESS de extremidades inferiores.

Conocer los valores de las diferencias lado a lado en las latencias interpico I-III, III-V y I-V de los PEATC.

Conocer los valores de las diferencias lado a lado en las latencias interpico Erb-N13, N13-N20 y Erb-N20 de los PESS de extremidades superiores.

Conocer los valores de las diferencias lado a lado en las latencias interpico Hp-N21, N21-P37 y Hp-P37 de los PESS de extremidades inferiores.

JUSTIFICACIÓN

La obtención de los potenciales evocados visuales, auditivos y somatosensoriales son una de las principales herramientas en la evaluación de los pacientes con patologías del sistema nervioso. No existen en México estudios que muestren valores de referencia en nuestra población.

Se recomienda que cada laboratorio de Neurofisiología Clínica cuente con sus propios valores de referencia. Es necesario realizar un estudio en sujetos sanos en el servicio de neurofisiología clínica del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía para tener valores que nos sirvan de referencia en la interpretación de estos estudios.

METODOLOGÍA

DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio transversal descriptivo.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Sujetos sanos de 17 años a 64 años de edad. Se captó una muestra por conveniencia invitando a participar a residentes de especialidad y personal del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía además de participantes externos que aceptaran participar en el estudio el cual se realizó durante los meses de diciembre de 2013 a mayo 2014.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión:

- Sujetos de 15 a 65 años de edad.
- Sin antecedente de enfermedades neurológicas, oftalmológicas o audiológicas que pudieran alterar los resultados.

.

Criterios de exclusión:

- Sujetos con síntomas visuales (disminución de la agudeza visual, escotomas, alteración en la visión cromática).
- Sujetos con síntomas auditivos (hipoacusia)
- Sujetos con síntomas sensitivos (parestias) o motores (debilidad) en extremidades superiores o inferiores.
- Antecedente de ametropía no corregida.
- Antecedente personal de:

- Enfermedad desmielinizante.
- Enfermedad oftalmológica previa (glaucoma, retinopatía o neuritis óptica)
- Enfermedad audiológica (hipoacusia o sordera)
- Neuropatía periférica moderada o severa.
- Exposición a medicamentos neurotóxicos.
- Enfermedad autoinmune (lupus eritematoso sistémico, artritis reumatoide, etc).
- Enfermedad vascular cerebral previa.
- Tumores o infecciones de sistema nervioso central (SNC).
- Anormalidades en la exploración Neurológica (sistema sensitivo, motor, visual o auditivo).

Criterios de eliminación:

- Que el sujeto no acepte completar los estudios de potenciales multimodales.

VARIABLES

Definición operacional de las variables

a) Variables demográficas

Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Categoría
Sexo	Condición orgánica que distingue a hombres y mujeres	En base a la historia clínica.	Cualitativa	Dicotómica
Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.	En base a la historia clínica	Cuantitativa	Continua

b) Instrumento y escala de medición de las variables

Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operacional	Nivel de medición
Latencia absoluta	Intervalo de tiempo entre el estímulo y un punto inicial específico del grafoelemento.	Se medirá usando el cursor en la señal promedio.	Milisegundos (ms).
Amplitud	Medida de voltaje del potencial.	Se medirá desde la línea basal al pico negativo o positivo del potencial específico.	Microvolts (μV).
Latencia interpico	Es tiempo de separación entre dos picos (potenciales específicos).	Resultado de la resta entre dos latencias absolutas específicas.	Milisegundos (ms).
Diferencias lado a lado en latencia	Variación de tiempo entre los potenciales obtenidos para cada lado	Resultados de la resta entre la latencia obtenida en el lado izquierdo y derecho.	Milisegundos (ms).
Diferencias lado a lado en amplitud	Variación en amplitud entre los potenciales obtenidos para cada lado.	Expresada en porcentaje de pérdida respecto al lado donde se obtuvo la mayor amplitud.	Por ciento (%)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se generaron datos descriptivos de las variables sociodemográficas y clínicas de interés. Se calcularon medidas de resumen y variabilidad (media, desviación estándar, mediana y percentiles) para comparar con los valores de referencia utilizados regularmente.

PROCEDIMIENTO

Se invitaron a participar sujetos sanos de 15 a 65 años de edad. Antes del estudio se les entregó la hoja de instrucciones para la correcta preparación el día de la realización del estudio. (anexo 1).

Una vez que el sujeto aceptó participar en el estudio, se verificó la hoja de criterios de exclusión donde se registró una exploración neurológica (anexo 2). Los sujetos que cumplieron criterios de inclusión y exclusión firmaron una carta de consentimiento informado (anexo 3) y se procedió a realizar los estudios.

Se anotó la edad y el sexo de cada sujeto, se realizaron mediciones de talla y longitud del segmento en extremidad superior e inferior. Para medir la longitud de las extremidades superiores con el sujeto en posición anatómica, desde el pliegue cutáneo distal de la muñeca en su cara ventral hasta el acromion. Las extremidades inferiores se midieron por la parte lateral de la extremidad, desde el maléolo externo hasta la espina ilíaca anterosuperior.

Todos los estudios de potenciales visuales, potenciales auditivos de tallo cerebral y potenciales somatosensoriales se realizaron en un equipo Viking Select. Los estudios se realizaron en horas del turno matutino y vespertino entre 12 y 18 hrs a temperatura ambiente.

Para la obtención de los potenciales evocados visuales se estimulo monocularmente campo completo con tablero de ajedrez en patrón reverso y se utilizaron los siguientes parámetros de estimulación; amplificación de 20,000 a 100,000 filtro de baja de 1 a 3 Hz, filtro de alta de 100 a 300 Hz, tiempo de barrido en 200 ms y 150 repeticiones en 2 ensayos para cada lado.

Para la obtención de los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral se estimulo mediante clicks monoaurales con frecuencia de 11.1 Hz, duración de 0.1 ms, intensidad de 80dB nHL, polaridad negativa (rarefacción) y enmascaramiento contralateral con ruido blanco de 40 dB nHL. Se utilizaron los siguientes parámetros de estimulación; amplificación 200,000 a 500,000, la configuración del filtro de baja entre 50 a 150 Hz y el de alta en 3 000 Hz. La duración total de barrido en 10 ms y un número de 2000 repeticiones en dos ensayos para cada lado.

En cuanto a la obtención de los potenciales somatosensoriales se utilizaron los siguientes parámetros; amplificación de 100,000 a 500,000, filtro bajo en 1 a 30 Hz y filtro alto: 3,000 Hz, frecuencia del estímulo: 2 a 5/s, duración del estímulo: 200 μ s (0.2ms) y 300 repeticiones en dos ensayos para cada lado. En extremidades superiores se estimulo el nervio mediano a nivel de la muñeca (en un punto medio a nivel de la cara ventral de la muñeca entre los tendones del flexor carpi radialis y palmaris longus). Para la obtención de los potenciales somatosensoriales en las extremidades inferiores se estimulo el nervio tibial en el tobillo medial (por arriba y posterior al maléolo medial). La intensidad de estimulación vario entre 2 a 8 mA en extremidades superiores y de 5 a 15 mA para inferiores.

Para la ubicación y colocación de los electrodos se efectuó de acuerdo al sistema internación 10-20 previa preparación de la piel mediante la limpieza con pasta abrasiva (nuprep). Se utilizaron electrodos de superficie en forma de copa y se les coloco pasta

conductora (ten 20) los electrodos fueron fijados mediante la colocación de cinta adhesiva.

Se utilizaron los siguientes montajes:

PEV

	Activo	Referencia	Tierra
Canal 1	Oz	Fz	Cz

PEATC

	Activo	Referencia	Tierra
Canal 1	A1	Cz	Fz
Canal 2	A2	Cz	Fz

PESS extremidades superiores

	Activo	Referencia	Tierra
Canal 1	Corteza contra	Fz	Cz
Canal 2	Corteza ipsi	Erb contra	Cz
Canal 3	Cervical C5	Fz	Cz
Canal 4	Erb ipsi	Erb contra	Cz

PESS extremidades inferiores

	Activo	Referencia	Tierra
Canal 1	Cz	Fz	C5
Canal 2	Lumbar	Cresta contra	C5
Canal 3	Hp ipsi	Hp contra	C5

CONSIDERACIONES ÉTICAS

La técnica empleada en el estudio es considerada en la categoría de investigación con riesgo mínimo. Los estudios de potenciales evocados no suponen un riesgo para la vida ni para la función.

Todo sujeto incluido en el estudio firmó el consentimiento informado. Se les dio a los sujetos información verbal y escrita para su consentimiento en la participación del estudio. Los sujetos participaron de forma voluntaria, no hubo remuneración económica alguna ni de ningún otro tipo.

RESULTADOS

Se realizaron 34 estudios de potenciales evocados multimodales durante el periodo de diciembre de 2013 a junio de 2014. Veinte sujetos fueron mujeres y 14 hombres. Los rangos de edad variaron entre 17 y 64 años con un promedio (\pm desviación estándar, DE) de 33.8 (\pm 9.5). Los sujetos participantes tuvieron un rango de estatura entre 152 y 190 cm, con un promedio de 165 (\pm 10.2) cm. En la tabla 1 se muestran sus características basales.

Tabla 1. Características de los pacientes

Sexo	Femenino 20 (59%) Masculino 14 (41%)
Edad (años)	33.8 \pm 9.5 (mínima 17, máxima 64)
Nacionalidad	Mexicana (100%)
Estatura (metros)	1.65 \pm 0.1 (mínima 1.52, máxima 1.90)
Longitud de extremidad superior (cm)	62.6 \pm 4.4 (mínima 51, máxima 71)
Longitud de extremidad inferior (cm)	98.7 \pm 6.1 (mínima 85, máxima 114)

De los 34 estudios realizados se descartaron 4 PEATC, 2 PEV y 2 PESS de superiores e inferiores debido a escasa integración morfológica por artefacto muscular excesivo o por factores no patológicos propios del sujeto (somnolencia excesiva, falta de relajación durante la prueba, etc.). En el resto de los estudios se evaluaron de forma alterna vías derechas e izquierdas para un total de 60 oídos, 64 ojos y 64 nervios estudiados (mediano y tibial para la obtención de PESS de extremidades superiores e inferiores respectivamente).

En 17 pacientes no se obtuvo una respuesta valorable para el potencial N21 en PESS de extremidades inferiores y en un paciente no se observó N11 en los PESS de extremidades superiores.

Para los estudios de potenciales evocados visuales (PEV), se obtuvo una latencia absoluta promedio (\pm DE) para P100 de 89.3 ± 4.29 ms, la latencia para N75 y N145 fue de 68.4 ± 5.48 ms y 115.9 ± 5.27 ms respectivamente. La amplitud promedio de P100 fue de 3.47 ± 1.96 μ V. La diferencia interlado para la latencia de P100 fue de 2.37 ± 1.96 ms y la diferencia proporcional de amplitud entre ambos ojos fue de $78.9 \pm 16.1\%$. Los resultados se muestran en la tabla 2 y figura 1 muestra un ejemplo de PEV.

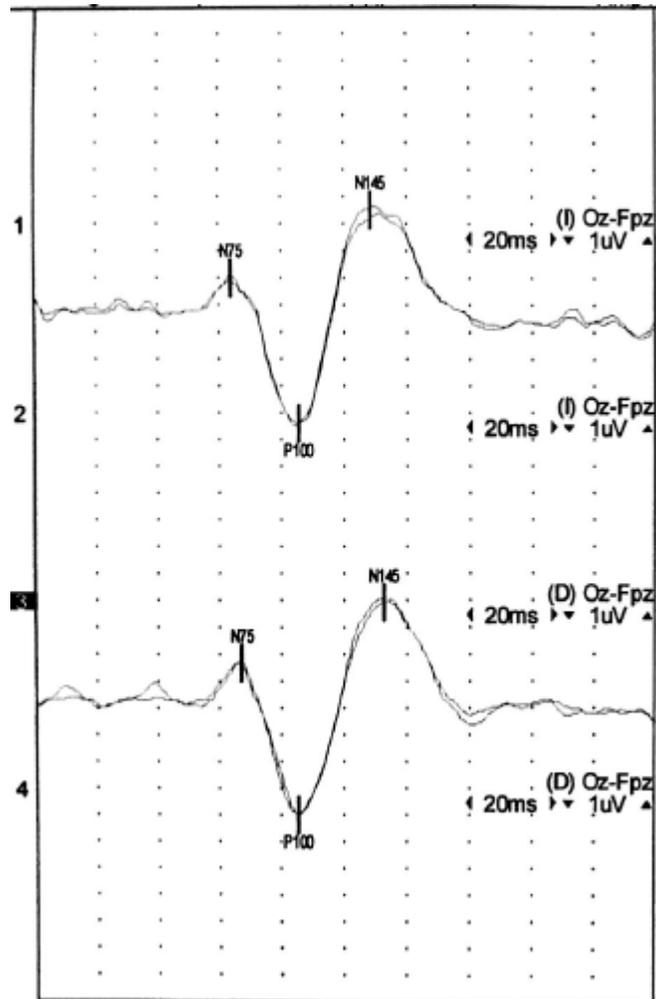
Tabla 2. Estudios de Potenciales Evocados Visuales

	N	Media	Rango	SD	Media + 3SD
Latencia N75	64	68.46 ms	61-83.5	± 5.48	84.9 ms
Latencia N145	64	115.9ms	101-130 ms	± 5.27	131.7 ms
Latencia P100	64	89.37 ms	80.5-99 ms	± 4.29	102.2 ms
Amplitud P100	64	3.47 μ V	1.14-9.57 μ V	± 1.65	—
Diferencia interlado latencia P100	32	2.37 ms	0-8 ms	± 1.96	8.25 ms
Diferencia de amplitud proporcional entre ambos ojos *	32	78.9	-	$\pm 16.1\%$	30%

Valores normales para PEV estimulando monocularmente campo completo con patrón reverso en 32 sujetos voluntarios sanos.

* menor amplitud/mayor amplitud x100

Figura 1. Potenciales Evocados Visuales



La morfología de P100 fue de aspecto “bifido” en 6 potenciales presentándose en uno o en ambos ojos en cuyo caso la latencia para P100 se determino utilizando el 1er pico positivo P100 y el segundo negativo N145 e interceptando un punto medio.

En los estudios de potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC) las latencias absolutas promedio (\pm DE) para las ondas I, III, IV y V fueron de 1.55 ± 0.1 ms, 3.67 ± 0.17 ms, 4.83 ± 0.25 ms y 5.55 ± 0.25 ms respectivamente. Las latencia interpico I-III, fue de 2.12 ± 0.14 ms, para la latencia interpico III-V 1.88 ± 0.17 ms y para I-V de 4.0 ± 0.23 ms respectivamente. La amplitud promedio de la onda I fue de 0.26 ± 0.12 μ V y para la onda V de 0.32 ± 0.21 μ V. Ver tabla 3

Tabla 3. Estudios de Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral

Onda	N	Media	SD	Media + 3 SD
Latencias absolutas (ms)				
I	60	1.55	± 0.1	1.85
III	60	3.67	± 0.17	4.18
IV	58	4.83	± 0.25	5.58
V	60	5.55	0.25	6.3
Latencias interpico (ms)				
I-III	60	2.12	± 0.14	2.54
III-V	60	1.88	± 0.17	2.39
I-V	60	4	± 0.23	4.69
Amplitudes absolutas (μV)				
	N	Media	SD	Rango
I	60	0.26	± 0.12	0.05-0.68
II	60	0.32	± 0.21	0.07-1.24

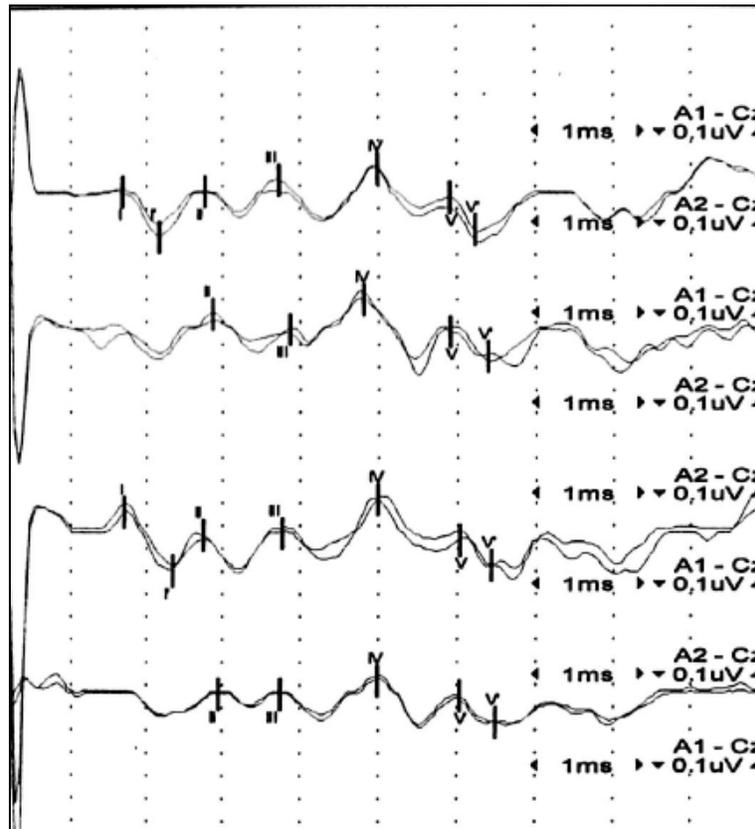
Valores normales para PEATC en 30 sujetos sanos estimulando mediante clicks monoaurales con frecuencia de 11.1 Hz, duración de 0.1 ms, intensidad de 80dB nHL, polaridad negativa (rarefacción) y enmascaramiento contralateral con ruido blanco de 40 dB nHL. Las Latencias fueron medidas de la onda al pico; cuando el pico no se encontró bien definido se estimó al punto medio de la onda. Las ondas IV/V se encontraron fusionadas en un solo pico en un paciente, en este caso la latencia fue medida hasta el punto de la inflexión final antes del brazo negativo de a onda V y esta fue registrada como onda V. Las amplitudes fueron medidas del pico inicial a I' y III'.

Las diferencias interlado promedio (\pm SD) para las latencias de I, III, y V fueron 0.07 ± 0.07 ms, 0.09 ± 0.05 ms y 0.11 ± 0.09 ms de forma respectiva. Para las latencias interpico promedio para I-III fue de 0.07 ± 0.06 ms., en el caso de III-V de 0.09 ± 0.1 ms y finalmente I-V 0.07 ± 0.09 ms. Ver tabla 4 y figura 2.

Tabla 4. Diferencias interlado para los PEATC

Onda	N	Media	SD	Media + 3 SD
Latencias absolutas (ms)				
I	30	0.07	± 0.07	0.28 (0.3)
III	30	0.09	± 0.05	0.24 (0.25)
V	30	0.11	± 0.09	0.38 (0.4)
Latencias interpico (ms)				
I-III	30	0.07	± 0.06	0.25
III-V	30	0.09	± 0.1	0.39 (0.4)
I-V	30	0.07	± 0.09	0.34 (0.35)

Figura 2. Potenciales Evocados Auditivo de Tallo Cerebral



En los estudios de potenciales evocados somatosensoriales (PESS) de extremidades superiores estimulando nervio mediano, se obtuvo una latencia promedio (\pm DE) para los potenciales Erb, N11, N13, P14, N18, N20 y P22 de 9.3 ± 0.66 ms, 11.05 ± 0.77 ms, 12.66 ± 0.85 ms, 14.39 ± 0.97 ms, 16.6 ± 1.48 ms, 18.62 ± 0.93 ms y 21.3 ± 1.11 ms de forma respectiva. Las latencias interpico promedio o tiempos de conducción central Erb-N13 fue de 9.31 ± 0.61 ms, en el caso de N13-N20 de 5.9 ± 0.56 ms y para Erb-N20 de 3.34 ± 0.4 ms. La amplitud de N20 fue de 2.34 ± 1.2 μ V. Ver tabla 4.

Tabla 4. Potenciales Evocados Somatosensoriales para nervio mediano

Potencial	N	Promedio	SD	Rango (min-max)	Media \pm 3SD
Latencias absolutas (ms)					
Erb	64	9.33	± 0.66	(8.1-11)	11.31
N11	63	11.05	± 0.77	(9.4-12.7)	13.36
N13	64	12.66	± 0.85	(11-14.7)	15.21
P14	64	14.39	± 0.97	(12.6-17.5)	17.3
N18	64	16.6	± 1.48	(14.3-25.8)	21.04
N20	64	18.62	± 0.93	(16.6-20.6)	21.41
P22	64	21.3	± 1.11	(19.4-24.5)	24.63
Latencias interpico (ms)					
Erb-N13	64	9.31	± 0.61	(2.8-4.5)	11.14
N13-N20	64	5.9	± 0.56	(4.2-7)	7.58
Erb-N20	64	3.34	± 0.4	(7.4-10-4)	4.54
Amplitudes (μV)					
N20	64	2.34	± 1.2	(0.43-4.92)	-

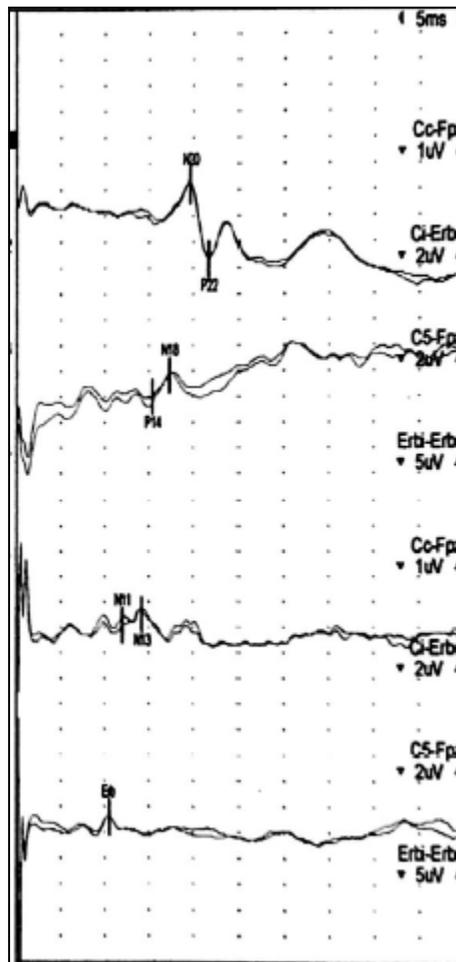
Datos obtenidos de 32 sujetos sanos estimulando nervio mediano. La amplitud de Erb se midió del pico positivo que sigue al pico inicial negativo.

Las diferencias interlado para los potenciales Erb, N13 y N20 fueron de 0.17 ± 0.16 ms, 0.22 ± 0.13 ms y 0.31 ± 0.32 ms respectivamente. Las diferencias interlado para Erb-N13 fue de 0.25 ± 0.25 ms, para N13-N20 de 0.29 ± 0.24 ms y para Erb-N20 0.33 ± 0.21 ms. Ver tabla 5 y figura 3.

Tabla 5. Diferencias interlado para los PEES extremidades superiores

Potencial	N	Promedio	SD	Rango (min-max)
Diferencias interlado (ms)				
Erb	32	0.17	0.16	(0-0.7)
N13	32	0.22	0.13	(0-0.5)
N20	32	0.31	0.32	(0-1.3)
Erb-N13	32	0.25	0.25	(0-1.09)
N13-N20	32	0.29	0.24	(0-1.1)
Erb-N20	32	0.33	0.21	(0-0.8)

Figura 3. Potenciales Evocados Somatosensoriales de nervio mediano



En los estudios de potenciales evocados somatosensoriales (PESS) de extremidades inferiores estimulando nervio tibial, se obtuvo una latencia promedio (\pm DE) para los potenciales Hp, N21, P37, N45, P60, N80 de 7.78 ± 0.68 ms, 19.9 ± 1.0 ms, 37.1 ± 1.67 ms, 46.8 ± 2.26 ms, 57.9 ± 2.86 ms, 71.95 ± 4.33 ms de forma respectiva. Las latencias interpico promedio fueron para Hp-P37 de 29.3 ± 0.85 , para N21-P37 de 16.4 ± 0.77 ms y para Hp-N21 de 12.27 ± 0.71 ms. Ver tabla 6

Tabla 6. Potenciales Evocados Somatosensoriales para nervio tibial

Potencial	N	Promedio	SD	Rango (min-max)	Media \pm 3SD
Latencias absolutas (ms)					
Hp	64	7.78	± 0.68	6.6-9.6	9.82
N21	32	19.9	± 1.0	17.4-22.3	22.9
P37	64	37.1	± 1.67	33.9-43.3	42.1
N45	64	46.8	± 2.26	41.5-54.4	53.58
P60	64	57.9	± 2.86	49.8-65.3	66.48
N80	64	71.95	± 4.33	64.6-84.3	84.94
Latencias interpico (ms)					
Hp-P37	64	29.3	± 0.85	26.4-33.9	31.85
N21-P37	32	16.4	± 0.77	14.6-18	18.7
Hp-N21	64	12.27	± 0.71	10.4-13.8	14.4
Amplitudes (μV)					
P37	34	2.6	$\pm 0.13-9.2$	1.9-9	-

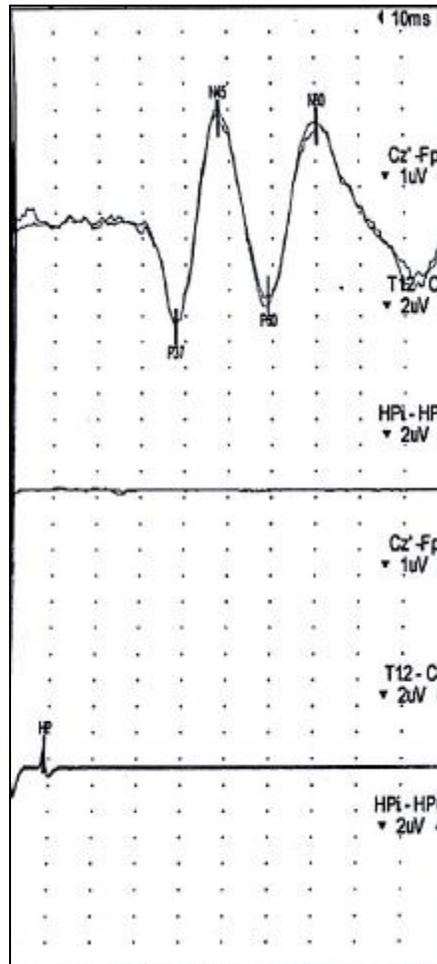
Datos obtenidos de 32 sujetos sanos estimulando nervio tibial.

Las diferencias interlado para los potenciales Hp, N21 y P37 fueron de 0.54 ± 0.32 ms, 0.39 ± 0.36 ms y 0.49 ± 0.19 ms de forma respectiva. Las diferencias interlado para el TCC Hp-P37 fue de 0.54 ± 0.43 ms, para N21-P37 de 0.68 ± 0.54 ms y Hp-N21 de 0.4 ± 0.35 ms. Ver tabla 7 y figura 4.

Tabla 7. Diferencias interlado para los PEES extremidades inferiores

Potencial	N	Promedio	SD	Rango (min-max)
Diferencias interlado (ms)				
Hp	32	0.54	± 0.32	0-1.5
N21	16	0.39	± 0.36	0-1.5
P37	32	0.49	± 0.19	0-0.7
Hp-P37	32	0.54	± 0.43	0-1.6
N21-P37	32	0.68	± 0.54	0-1.8
Hp-N21	16	0.4	± 0.35	0-1.5

Figura 4. Potenciales Evocados Somatosensoriales de nervio tibial



DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio de forma general son muy similares a los obtenidos en la literatura global.

En los estudios de de potenciales visuales evocados con patrón de cambio, se obtuvieron latencias absolutas para los potenciales N75, N145 y P100 discretamente menores que lo reportado en la literatura, sin embargo, no existen estudios previos de población mexicana como punto de comparación por lo que factores no patológicos como el tipo de población, edad y sexo pueden condicionar que las latencias se encuentren por debajo del límite esperado. Al respecto es importante mencionar en primer lugar que la mayoría de los sujetos incluidos en el este estudio fueron mujeres (59%) y se ha descrito que la latencia de P100 es discretamente menor en mujeres que en hombres (probablemente en relación al perímetro cefálico) y por último a pesar del amplio rango de edad de los sujetos estudiados que fue de 17 hasta 64, la edad media fue de 33.8 años, es decir, son pacientes jóvenes en su mayoría. En cuanto a la amplitud como se ha descrito existe una gran variabilidad entre sujetos aunque la media es similar a lo reportado. La morfología de los potenciales también fue la esperada y solo en 4 pacientes se obtuvo el potencial P100 de aspecto "bífido" sin afectar la latencia de P100.

En cuanto a los potenciales auditivos de tallo cerebral, en 4 pacientes no se obtuvieron respuestas de adecuada integración morfológica debido a artefacto muscular excesivo en comparación con el resto de los estudios, estos potenciales parecen tener mayor labilidad a la presencia de artefacto ya sea por factores técnicos o del paciente, en el resto de los estudios las respuestas tuvieron adecuada integración morfológica y replicabilidad. Las latencias de estos potenciales son muy similares a los valores establecidos, en cuanto a las latencias interpico también únicamente para el TCC I-V la

latencia fue discretamente mayor a lo reportado en la literatura. Las diferencias interlado fueron discretamente menores y la amplitud al igual que en el resto de los potenciales tuvo un amplio rango de variabilidad. La onda IV y V se encontraron fusionadas solo en un paciente sin afectar la latencia de la onda V así como los TCC III-V y I-V.

Con respecto a los potenciales evocados somatosensoriales las latencias para los potenciales (Erb, N11, N13, P14, N18, N20 y P22) de extremidades superiores y (Hp, N21 y P37) en inferiores fueron similares a los valores reportados en la literatura, únicamente en el caso de Erb y P37 las latencias fueron discretamente más prolongadas de lo esperado y para Hp la latencia fue discretamente menor, también se encontró que la latencia de las respuestas periféricas y de los potenciales de referencia Erb y Hp son dependientes de la longitud de los segmentos medidos en las extremidades superiores e inferiores respectivamente, sin embargo, no se utilizó alguna fórmula para la corrección para este factor. Las latencias interpico para PESS de extremidades superiores no mostraron variación de acuerdo con lo reportado previamente en la literatura, aunque las latencias interpico para PESS de extremidades inferiores fueron discretamente más prolongadas en el caso del TCC Hp-P37 y N21-P37. Las diferencias lado a lado fueron similares a los valores estándar y las amplitudes también tuvieron gran variabilidad como se esperaba. En todos los casos se obtuvo una adecuada replicabilidad de las respuestas.

Es importante señalar que el tamaño de la muestra no es muy grande en el presente estudio, sin embargo, podría ampliarse a futuro con fines de obtener resultados más representativos.

CONCLUSIONES

Los estudios de potenciales evocados multimodales en el laboratorio de Neurofisiología Clínica del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía muestran valores muy similares a los reportados en la literatura global.

REFERENCIAS

1. Chiappa KA. Principios de potenciales evocados. En: Chiappa KA. Evoked Potentials in Clinical Medicine. 3era ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997:1-30
2. Aunon JI, McGillen CD, Childers DG. Signal processing in evoked potential research. *Critical Reviews in Bioengineering*. 1981;5(4):323-367.
3. Gronseth GS, Ashman EJ. The usefulness of evoked potentials in identifying clinically silent lesions in patients with suspected multiple sclerosis. *Neurology* 2000;54:1720-1725.
4. Castillo JL. Potenciales evocados. En: Castillo JL. Neurofisiología Clínica. 1era ed. Chile: Mediterráneo, 2004: 173-191.
5. Rothstein TL. The Role of Evoked Potentials in Anoxic–Ischemic Coma and Severe Brain Trauma. *Journal of Clinical Neurophysiology* 2000;17(5):486–497.
6. Zarkowski P, Esparza B, Russo J. Validation of a Rational Malingering Test Using Evoked Potentials. *Journal of Clinical Neurophysiology* 2007;24(5):413-418.
7. Deuschl G, Eisen A. Recommendations for the practice of clinical neurophysiology: guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroencephal Clin Neurophysiol* 1999;(Suppl 52):219.
8. Epstein CM, et al. Guidelines on potentials evoked: American clinical neurophysiology society. *Journal of Clinical Neurophysiology* 2006;23(2).
9. Chiappa KA. Potenciales evocados visuales con patrón de cambio. Metodología. En: Chiappa KA. Evoked Potentials in Clinical Medicine. 3era ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997:31-94.
10. Chiappa KA. Potenciales evocados visuales con patrón de cambio. Interpretación. En: Chiappa KA. Evoked Potentials in Clinical Medicine. 3era ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997:95-130.

11. Epstein CM, et al. Guidelines on visual evoked: American clinical neurophysiology society. *Journal of Clinical Neurophysiology* 2006;23(2).
12. Aminoff MJ, Eisen A. Visual evoked potentials in clinical neurology. En Aminoff MJ. *Electrodiagnosis in Clinical Neurology*. 5ta ed. Londres: Livingstone, 2005:453-471
13. Chiappa KA. Potenciales evocados auditivos de tallo cerebral. Metodología. En: Chiappa KA. *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. 3era ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997:157-198.
14. Chiappa KA. Potenciales evocados auditivos de tallo cerebral. Interpretación. En: Chiappa KA. *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. 3era ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997:199-250.
15. Aminoff MJ, Eisen A. Brainstem Auditory Evoked Potentials: Methodology, Interpretation, and Clinical Application. En Aminoff MJ. *Electrodiagnosis in Clinical Neurology*. 5ta ed. Londres: Livingstone, 2005:489-523.
16. Epstein CM, et al. Guidelines on short latency auditory evoked potentials: American clinical neurophysiology society. *Journal of Clinical Neurophysiology* 2006;23(2).
17. Chiappa KA. Potenciales evocados somatosensoriales de latencia corta. Metodología En: Chiappa KA. *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. 3era ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997:283-340
18. Chiappa KA. Potenciales evocados somatosensoriales de latencia corta. Interpretación. En: Chiappa KA. *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. 3era ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997:341-400
19. Aminoff MJ, Eisen A. Potenciales evocados somatosensoriales. En Aminoff MJ. *Electrodiagnosis in Clinical Neurology*. 5ta ed. Londres: Livingstone, 2005:553-575.

20. Salhi H, Corcia P, Remer S. Somatosensory Evoked Potentials in Chronic Inflammatory Desmyelinating Polyradiculoneuropathy. *J Clin Neurophysiol* 2014;31:241–245.

ANEXO1: HOJA DE PREPARACIÓN PREVIA AL ESTUDIO

El día del estudio el participante deberá presentarse cumpliendo las siguientes indicaciones.
1. Baño de cuerpo entero el día del estudio.
2. Cabello limpio lavado de preferencia con jabón neutro.
3. No utilizar acondicionador, gel, fijadores, u otro artículo de tocador crematizado o perfumado.
4. Secar el cabello únicamente con toalla, no utilizar secadora o tenaza
5. Peinarse sin utilizar pasadores, seguros o artefactos metálicos y no cubrirlo con sombreros, pañoletas, gorras, etc.
6. No aplicar crema ni maquillaje en cara brazos y piernas.
7. Desayuno ligero
8. No acudir con chamarras de piel, nylon o pantalones ajustados. De preferencia acudir con ropa de algodón
9. Disponibilidad de tiempo de aproximadamente 1 a 1.5 hrs.

ANEXO 2: HOJA DE CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Síntomas visuales (disminución de la agudeza visual, escotomas, alteración en la visión cromática).	Si () No ()
Síntomas auditivos (hipoacusia)	Si () No ()
Síntomas sensitivos (parestesias) o motores (debilidad) en extremidades superiores o inferiores.	Si () No ()
Antecedente de exposición a medicamentos neurotóxicos	Si () Nombre del medicamento: No ()
Antecedente ametropía no corregida	Si () No ()
Antecedente personal de enfermedad desmielinizante.	Si () No ()
Antecedente personal enfermedad oftalmológica previa (glaucoma, retinopatía, neuritis óptica)	Si () No ()
Antecedente personal enfermedad audiológica (otitis crónica, hipoacusia,	Si () No ()

sordera)	
Antecedente personal Neuropatía periférica moderada o severa.	Si () No ()
Antecedente personal enfermedad autoinmune con síntomas neurológicos (lupus eritematoso sistémico, artritis reumatoide, etc).	Si () No ()
Antecedente personal de enfermedad vascular cerebral, tumores o infecciones en SNC previas.	Si () No () Describir en caso de ser anormal:



ANEXO 3: CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Los potenciales evocados multimodales son fundamentales para el diagnóstico, pronóstico y seguimiento de diversas patologías del sistema nervioso central. A pesar de que existen valores de referencia establecidos se recomienda que cada laboratorio tenga sus propios valores de normalidad, obtenidos en las mismas condiciones ambientales y con los mismos parámetros de estimulación y registro. En México no existen estudios que muestren valores normales en población sana.

Por esta razón se le invita a participar en este estudio titulado:

“Potenciales Evocados Multimodales en Población Mexicana Sana de 17 a 64 años”

Que será llevado a cabo en este hospital “Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía”. En este estudio a usted se le realizarán 3 pruebas que consisten en dar una serie de estímulos eléctricos de baja intensidad (que no serán dolorosos) tanto en sus extremidades superiores como inferiores para obtener el registro de los potenciales somatosensoriales, es importante mencionar que esta serie de estímulos eléctricos no conllevan ningún riesgo para su salud. Finalmente será necesario aplicar estímulo visual y auditivo para el resto de los potenciales. Los estudios realizados serán completamente gratuitos. Los resultados obtenidos serán muy importantes para obtener valores que sirvan de guía en la interpretación de los estudios de conducción nerviosa en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, y con esto poder brindar una mejor atención a los pacientes de esta institución.

En caso de estar de acuerdo en participar en el estudio: *“Autorizo a los médicos y equipo de investigación para incluirme en dicho proyecto y puedo decidir interrumpir el estudio en cualquier momento sin tener que dar justificación alguna”*. Todos los datos obtenidos serán estrictamente confidenciales para fines de este estudio.

Por medio de la presente, certifico que he sido informado ampliamente y a mi entera satisfacción por el (la) Dr(a)

_____ del
servicio de Neurofisiología Clínica del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía.

Nombre y firma del paciente

Nombre y firma del médico responsable

Testigo 1

Testigo 2

Lugar y fecha _____