



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE PEDIATRÍA “DR SILVESTRE FRENK FREUD”
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI**

HALLAZGOS NEUROFISIOLÓGICOS DE POTENCIALES EVOCADOS
AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL EN LACTANTES CON ANTECEDENTE
DE PREMATUREZ

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO ESPECIALISTA EN NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA

PRESENTA:
DR. RICARDO HIDALGO GUTIÉRREZ

TUTORES:

DR. SABINO SUÁREZ HORTIALES
Médico especialista en Neurofisiología Clínica
Departamento de Neurofisiología UMAE Pediatría CMN Siglo XXI

DR. JUAN ANTONIO GIMÉNEZ SCHERER
Investigador Médico
Unidad de Investigación Médica UMAE Pediatría CMN Siglo XXI

Ciudad de México, Octubre 2019





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

HOJA DE FIRMAS

DIRECTOR DE TESIS



DR. SABINO SUÁREZ HORTIALES
Médico especialista en Neurofisiología Clínica
Departamento de Neurofisiología UMAE Pediatría CMN Siglo XXI

ASESOR METODOLÓGICO



DR. JUAN ANTONIO GIMÉNEZ SCHERER
Investigador Médico
Unidad de Investigación Médica UMAE Pediatría CMN Siglo XXI

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MEDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI
HOSPITAL DE PEDIATRIA DR. SILVESTRE FRENK FREUND
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN EN SALUD

AUTORIZACIÓN COMITÉ LOCAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD
R- 2018-3603-063

En virtud de haber terminado de manera satisfactoria su tesis y contar con el aval de su director de tesis para obtener el título de médico especialista en:

NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA

SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DE TESIS AL ALUMNO

RICARDO HIDALGO GUTIÉRREZ

HALLAZGOS NEUROFISIOLÓGICOS DE POTENCIALES EVOCADOS
AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL EN LACTANTES CON ANTECEDENTE DE PREMATUREZ

DIRECTOR DE TESIS



DR. SABINO SUÁREZ HORTIALES

JURADO
PRESIDENTE



DRA. MARÍA INÉS FRAIRE MARTÍNEZ

SECRETARIO



DRA. JULIA ROCÍO HERRERA MÁRQUEZ

VOCAL



DRA. MARÍA LUISA GUTIÉRREZ PALOMARES

CIUDAD DE MÉXICO, AGOSTO DE 2019.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



Dictamen de Autorizado

Comité Local de Investigación en Salud **3603** con número de registro **17 CI 09 015 042** ante COFEPRIS y número de registro ante CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 09 CEI 032 2017121**.
HOSPITAL DE PEDIATRIA, CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

FECHA Jueves, 01 de noviembre de 2018.

DR. SABINO SUAREZ HORTIALES
PRESENTE

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título:

HALLAZGOS NEUROFISIOLÓGICOS DE POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL EN LACTANTES CON ANTECEDENTE DE PREMATUREZ

que sometió a consideración para evaluación de este Comité Local de Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

No. de Registro
R-2018-3603-063

ATENTAMENTE


DR. HERMILO DE LA CRUZ YÁÑEZ

Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3603

IMSS

SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

ÍNDICE

1.- RESUMEN	7
2.- GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	9
3.- ABREVIATURAS	11
4.- MARCO TEÓRICO.....	12
LA AUDICIÓN: EL SONIDO Y SU PERCEPCIÓN	12
ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA VÍA AUDITIVA.....	12
PERIODO NEONATAL	20
GRADOS DE PREMATUREZ	21
LA MADURACIÓN EN RELACION A LA EDAD GESTACIONAL	21
AUDICIÓN EN EL RECIÉN NACIDO Y PREMATURO	22
HIPOACUSIA	22
POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL (PEATC).....	25
TÉCNICA ESTANDAR PARA EL REGISTRO DE PEATC.....	33
TÉCNICA PARA OBTENCIÓN DE LOS POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL	35
5.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	36
6.- JUSTIFICACIÓN	37
7.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	38
8.- OBJETIVO PRINCIPAL	38
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	38
9.- HIPÓTESIS	38
10.- METODOLOGÍA.....	39
TIPO DE ESTUDIO	39
POBLACIÓN	39
CRITERIOS DE SELECCIÓN	39
TAMAÑO DE MUESTRA	40
DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	40
INSTRUMENTO Y PROCEDIMIENTO.....	41
11.- ASPECTOS ÉTICOS	42
12.- FACTIBILIDAD	42
13.- RESULTADOS	43
FASE NEUROLÓGICA DE LOS PEATC	45
FASE AUDIOLÓGICA DE LOS PEATC	50
14.- DISCUSIÓN	52
FASE NEUROLÓGICA.....	52
FASE AUDIOLÓGICA.....	53
15.- CONCLUSIONES	55
16.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	56

17.- BIBLIOGRAFÍA	57
18.- ANEXOS	62
HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	62

1.- RESUMEN

INTRODUCCIÓN: Los Potenciales Evocados Auditivos de Tallo cerebral (PEATC) es la prueba neurofisiológica más utilizada para evaluar el desarrollo funcional del tronco encefálico auditivo en lactantes, además nos permite evaluar la audición para las frecuencias altas. Los PEATC se pueden registrar en pacientes prematuros a partir de la semana 25 de gestación. Las características neurofisiológicas de los PEATC van cambiando hasta los 2 años de edad que es cuando termina la maduración de la vía auditiva. Se ha descrito que la maduración de los PEATC de un lactante con antecedente de prematuridad y un lactante de término que han alcanzado la misma edad gestacional corregida son similares no así se ha comparado entre los distintos grados de prematuridad.

OBJETIVO: Describir los hallazgos neurofisiológicos de los PEATC en lactantes con antecedente de prematuridad y comparar entre los diferentes grados de prematuridad.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal y retrospectivo. Se evaluaron los resultados de PEATC de 186 pacientes (372 oídos) con edades entre 1 día a 2 años de edad corregida con antecedente de prematuridad (141 prematuros de ≥ 32 SDG y 45 de < 32 SDG). Para la fase neurológica de los PEATC se evaluaron las respuesta bioeléctrica, morfología, replicabilidad, amplitud, latencias de las ondas I, III y V así como los intervalos I-III, III-V y I-V. En la fase audiológica se midió el umbral auditivo para cada oído y se determinó la presencia o ausencia de hipoacusia.

RESULTADOS: La conducción a través de la vía auditiva del tronco cerebral en los pacientes con antecedente de prematuridad es similar al evaluarlos por medio de PEATC de acuerdo a su edad gestacional corregida para las variables de respuesta bioeléctrica, latencias I, III y V así como intervalos I-III y III-V y al compararse entre los dos grupos de prematuros, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) para éstas variables. La amplitud, morfología e intervalo I-V estuvo más

afectado en el grupo de prematuros de <32 SDG, siendo estadísticamente significativo ($p < 0.05$). De los 372 oídos evaluados 275 tienen audición normal para las frecuencias altas y 97 tienen algún grado de hipoacusia, siendo la hipoacusia más frecuente en los pacientes más prematuros (<32 SDG).

CONCLUSIONES: El desarrollo funcional del tronco cerebral auditivo fue similar entre los grupos de prematuros y dentro del rango normal para la edad corregida respectiva. Sin embargo la prematurez, produjo un incremento directamente proporcional y estadísticamente significativo, en la frecuencia de hipoacusia para las frecuencias altas.

2.- GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Amplitud:** valor máximo o elongación que alcanza la onda.
- **Artefacto:** registro de un potencial que procede de una fuente extracerebral.
- **Asimetría:** desigualdad de amplitud interlado mayor del 50% de un potencial.
- **Biaural:** estimulación de ambos oídos.
- **Clic:** estímulo acústico breve que se produce mediante pulsos cuadrados monofásicos de 100 ms de duración a través de auriculares (audífonos) u otros transductores electromecánicos.
- **Decibel (dB):** unidad logarítmica que indica la intensidad física del sonido con base a un nivel de intensidad de referencia.
- **Emisiones otoacústicas:** sonidos generados por las células ciliadas externas en el oído interno que indican función normal de esas estructuras y que pueden registrarse de manera rápida y segura por medio de equipos electroacústicos especiales pero no pueden evaluar niveles más altos de las vías auditivas.
- **Electrodo:** conductor por el cual entra o sale una corriente de un aparato eléctrico o electrónico.
- **Frecuencia:** número de ciclos por segundo de cualquier forma de onda o movimiento ondulante o número de ciclos por segundo de una corriente alterna o de una onda sonora.
- **Función latencia intensidad:** relación que existe entre la intensidad del sonido en decibeles y la latencia de la onda V del potencial auditivo.
- **Ganancia:** relación entre las potencias o voltajes de entrada y de salida de un amplificador
- **Hertz:** unidad de frecuencia, de símbolo Hz, que equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es 1 segundo.
- **Impedancia:** resistencia aparente de un circuito dotado de capacidad y autoinducción al flujo de una corriente eléctrica alterna, equivalente a la resistencia efectiva cuando la corriente es continua, su unidad de medida son los Ohms.
- **Intensidad de sonido:** cantidad de energía transferida por una onda sonora por unidad de área normal a la dirección de propagación.

- **Intervalo de conducción:** tiempo transcurrido entre dos eventos, en nuestro caso relevos de la vía auditiva.
- **Latencia:** tiempo desde la aplicación de un estímulo hasta la aparición de la respuesta.
- **Microvoltio:** millonésima parte de un voltio.
- **Milisegundo:** unidad de tiempo; milésima parte de un segundo.
- **Monoaural:** estimulación de un solo oído.
- **Ohm:** es la unidad derivada de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades, su símbolo es Ω .
- **Onda:** oscilación simple que se propaga en el espacio, una onda sinusoidal es cuando tiene un desplazamiento positivo y negativo en relación a la línea isoeléctrica.
- **Prematurez:** paciente con antecedente de haber nacido con una edad gestacional menor de 37 semanas.
- **Polaridad:** condición eléctrica que determina la dirección en la cual tiende a fluir la corriente eléctrica.
- **Rarefacción:** polaridad del estímulo sonoro.
- **Replicabilidad:** cuando se realizan dos potenciales en un mismo oído estos deben ser semejantes y sus formas de onda ser sincrónicas.
- **Umbral funcional:** mejor umbral auditivo en un individuo.

3.- ABREVIATURAS

- **Ω** : Ohm.
- **μV** : microvoltios.
- **dB**: decibeles.
- **DE**: desviación estándar.
- **EC**: edad corregida.
- **Hz**: hertz.
- **IMSS**: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- **Ms**: milisegundo.
- **OMS**: Organización Mundial de la Salud.
- **PEA**: potenciales evocados auditivos.
- **PEATC**: potenciales evocados auditivos de tallo cerebral.
- **SEG**: semanas de edad gestacional.
- **UMAE HP CMN SXXI**: Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional siglo XXI.

4.- MARCO TEÓRICO

LA AUDICIÓN: EL SONIDO Y SU PERCEPCIÓN

La audición consiste en la captación, conducción y procesamiento de los estímulos acústicos. El sonido en términos físicos, se refiere a las ondas de presión generadas por las moléculas de aire al vibrar; el término sonido se utiliza de manera más informal para referirse a una percepción auditiva¹. Otra definición consiste en propagaciones alternantes de compresiones y rarefacciones que viajan a través de un medio elástico, el aire². Los sonidos transportan energía por el aire a una velocidad de alrededor de 340m/seg. Para oír, nuestros oídos deben captar esta energía mecánica, transmitirla al órgano receptor del oído y transformarla en señales eléctricas que el sistema nervioso pueda analizar. Estas tres tareas constituyen las funciones respectivas del oído externo, medio e interno², de los cuales se describe su anatomía y fisiología.

ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA VÍA AUDITIVA

OIDO EXTERNO

Está conformado por la oreja o pabellón auricular, el cual es un pliegue prominente de la piel sostenido por cartílago que actúa como reflector para captar eficazmente el sonido y enfocarlos al conducto auditivo externo o canal auditivo, por un mecanismo muy parecido al de una antena parabólica cuando recoge la radiación electromagnética, el conducto auditivo externo acaba en el tímpano o membrana timpánica². Una consecuencia de la configuración del conducto auditivo humano es reforzar de manera selectiva la presión sonora de 30 a 100 veces para frecuencias de alrededor de 3000 Hz a través de efectos de resonancia pasiva. Esta amplificación hace que los seres humanos sean sensibles en especial a las frecuencias en el intervalo de 2000–5000 Hz; este intervalo de frecuencias en el sistema auditivo humano parece relacionarse directamente con la percepción de la palabra¹(Figura 1).

OIDO MEDIO

El oído medio es una cámara ocupada por aire que se abre a la faringe la cual se comunica por la tuba auditiva o trompa de Eustaquio. La energía mecánica derivada del sonido aerotransportado progresa a través de oído medio gracias al movimiento de tres diminutos huesecillos: el martillo, el yunque y el estribo. La base del martillo está fijada al tímpano; su otro extremo se conecta mediante un ligamento con el yunque que, a su vez, lo hace de la misma forma con el estribo. La terminación aplanada de éste último, el pie del estribo, se inserta en una apertura del hueso, la ventana oval, que protege a la cóclea²(Figura 1).

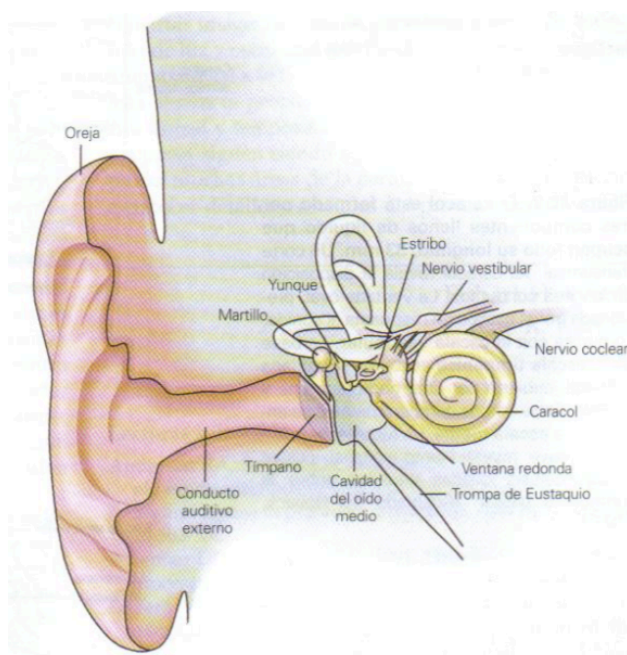


Figura 1.- Oído externo, medio e interno².

OIDO INTERNO

Está conformado por la cóclea que consiste en algo menos de tres vueltas de diámetro progresivamente menor, situadas en una estructura cónica similar a la concha de un caracol, con un diámetro transversal de unos 9mm. Cubierta por una fina capa de hueso laminar, la totalidad de la cóclea está incluida en la densa estructura del hueso temporal. Las caras interna y externa de la superficie ósea de la cóclea están

revestidas de capas de tejido conjuntivo; el endostio y periostio. La cóclea tiene tres tubos llenos de líquido que giran en forma helicoidal alrededor de un núcleo óseo cónico, el modiollo. El compartimento superior lleno de líquido es la rampa vestibular. La base de esta cámara corresponde a la ventana oval, sellada por el pie del estribo. La cámara inferior es la rampa timpánica que también dispone de una apertura basal, la ventana redonda, cerrada por un diafragma elástico. La rampa media o conducto coclear, separa los otros dos componentes a lo largo de casi todo su recorrido; las rampas vestibular y timpánica se comunican entre si en el helicotrema, una interrupción del conducto coclear situada en el vértice de la cóclea. La rampa media se mantiene unida por un par de tabiques elásticos. La fina membrana vestibular (membrana de Reissner) separa la rampa media de la rampa vestibular. La membrana basilar, que separa la rampa media de la rampa timpánica subyacente, es un estructura compleja en la que tiene lugar la transformación auditiva²(Figura 2).

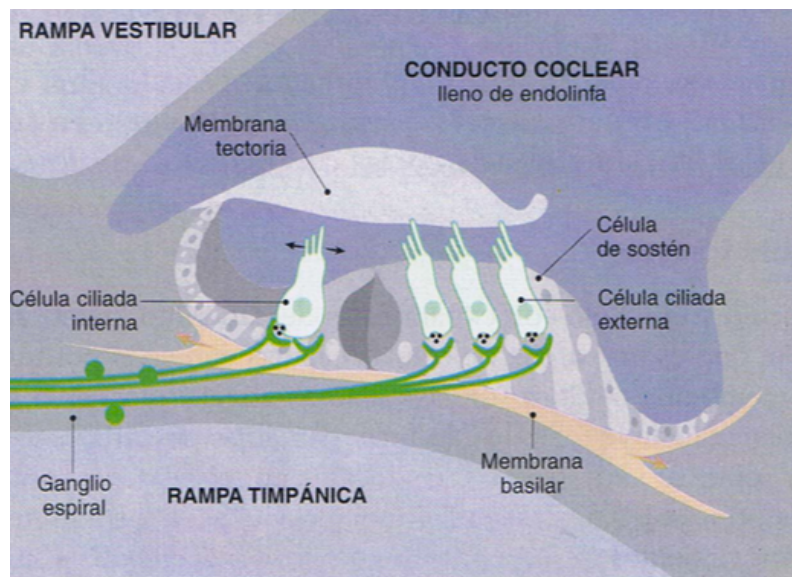


Figura 2.- Oído interno en donde se muestra la cóclea y subdivisión en rampas o escalas³.

COMPONENTE COCLEAR

Las ondas sonoras en el aire entran en el conducto auditivo externo y golpean la membrana timpánica, haciendo que vibre. Las vibraciones son transportadas por la cadena de huesecillos hasta la ventana oval de la cóclea. Esta cadena de huesecillos hace más que transferir simplemente la fuerza de la onda sonora desde la membrana

timpánica hasta la ventana oval: produce una amplificación de la fuerza por unidad de área aplicada a la ventana oval. Esto se debe inicialmente a que la membrana timpánica tiene un área que es aproximadamente 15 veces la de la ventana oval y, en segundo lugar, a que los huesecillos en movimiento actúan como un sistema de palancas, de modo que una fuerza dada en el membrana timpánica produce una fuerza mucho mayor en el estribo. En consecuencia, alrededor del 60% de la energía sonora aplicada en la membrana timpánica es transferido al oído interno, donde puede producir movimiento del líquido. Por lo tanto los movimientos del estribo en la ventana oval establecen ondas de presión dentro de la perilinfa, que viajan a través de la cóclea y producen la vibración del diafragma de la ventana redonda. La ventana redonda, con su diafragma flexible, permite que el líquido se mueva ligeramente, posibilitando la propagación del sonido a través de él³.

El órgano de Corti asienta sobre la membrana basilar. Las células ciliadas de este órgano están divididas en dos grupos. Las células ciliadas internas (3,500) forman conexiones sinápticas con más del 95% de las aferentes sensitivas. Son fundamentalmente responsables de la transducción del sonido. Los estereocilios de las células ciliadas internas se proyectan en la endolinfa dentro del conducto coclear. Cuando la endolinfa se mueve en respuesta a los movimientos de la membrana basilar, los cilios se inclinan hacia atrás y hacia adelante, abriendo y cerrando los canales iónicos con puerta mecánica que se encuentran cerca de sus extremos (Figura 3 y 4). El cambio resultante de la liberación de los neurotransmisores produce un cambio correspondiente en la velocidad de transmisión de los impulsos a lo largo de la porción auditiva del octavo nervio craneal, que se interpreta como un cambio en la intensidad del sonido. Las células ciliadas externas, si bien son mucho más numerosas (12,000), forman conexiones sinápticas sólo con el 5% de las aferentes primarias. Debido a su capacidad singular para modificar su forma celular en respuesta a cambios eléctricos en sus membranas, las células ciliadas externas actúan aumentando los movimientos de la membrana basilar y, por lo tanto, amplificando la actividad de las células ciliadas internas. Este mecanismo se denomina amplificador coclear³.

POTENCIALES DE ACCIÓN DE LAS NEURONAS SENSITIVAS

La transducción, o sea la conversión de energía de las formas mecánica a eléctrica, se logra mediante las células ciliadas. Éstas tienen forma de frasco o son células cilíndricas de origen epitelial. Un “haz de cilios” de 20 a 300 estereocilios se proyecta desde la superficie apical de cada célula ciliada. Los cilios varían en longitud y están dispuestos desde los más cortos hasta los más largos. Una proteína filamentosa, el nexo del extremo, conecta el extremo de un cilio con la cara lateral del cilio más largo adyacente. Los canales iónicos con puerta mecánica están introducidos en la membrana de los cilios cerca de la inserción de los nexos del extremo. La deflexión de los estereocilios hacia el más alto de ellos conduce a la apertura de más canales iónicos. La composición de la endolinfa en la cual se bañan los cilios difiere de cualquier otro líquido extracelular porque tiene una alta concentración de potasio y una carga positiva. Por lo tanto, con la apertura de los canales con puerta mecánica, el potasio fluye del medio ambiente extracelular a la célula, lo que produce despolarización. Las células ciliadas almacenan, en vesículas sinápticas en sus bases, un neurotransmisor excitador, probablemente ácido glutámico, que se libera de manera tónica. Su velocidad de liberación aumenta o disminuye a medida que se abren y cierran los canales iónicos y la membrana se despolariza e hiperpolariza. El neurotransmisor liberado se une a los receptores en las prolongaciones periféricas de las neuronas sensitivas primarias. El cambio en la liberación del neurotransmisor produce un cambio correspondiente en la velocidad de transmisión del impulso a lo largo de las neuronas sensitivas hasta el tronco encefálico. El encéfalo interpreta el aumento y la disminución del tráfico de impulsos como un aumento o disminución de la intensidad del sonido (Figura 4)³.

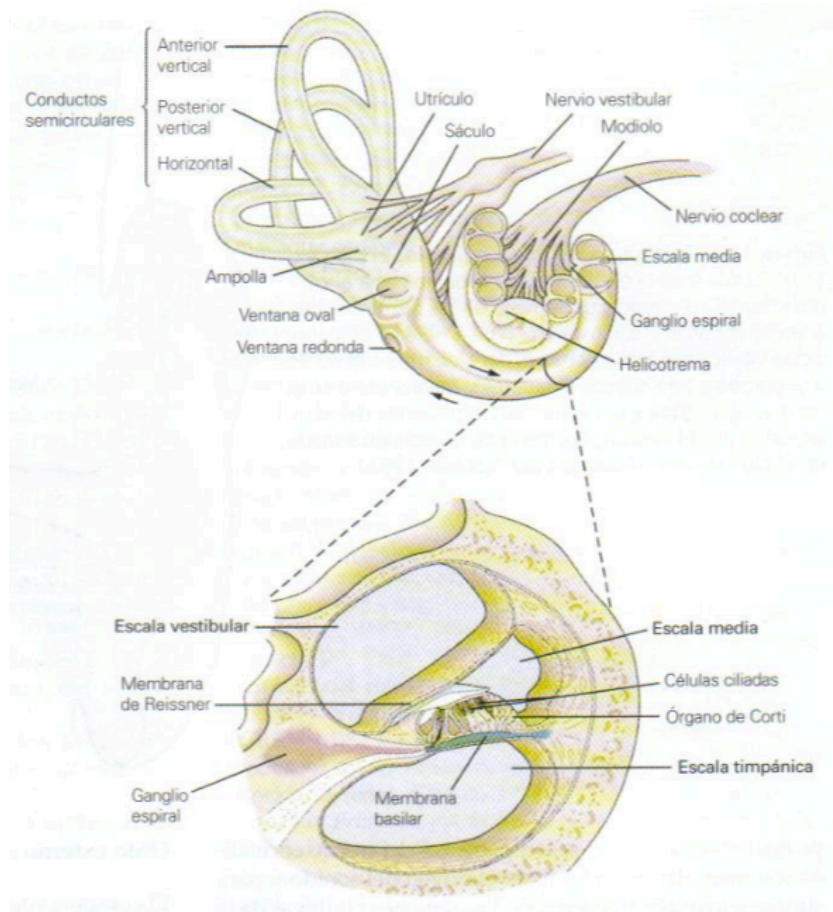


Figura 3.- Laberinto membranoso del conducto coclear. El órgano de Corte asienta sobre la membrana basilar dentro del conducto coclear²

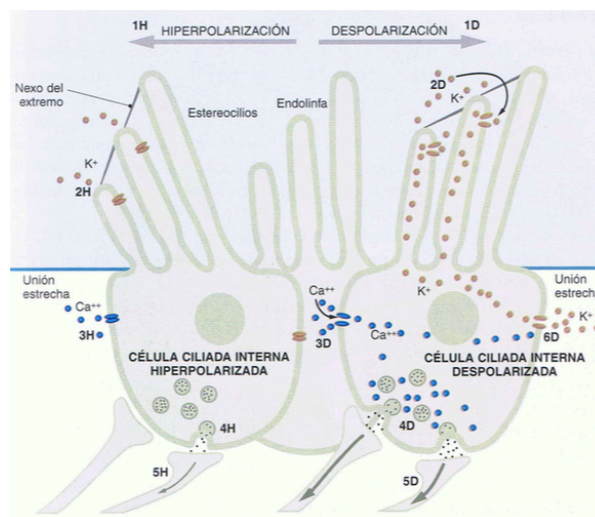


Figura 4.- Transducción sensitiva en una célula ciliada interna. En reposo, aproximadamente el 15% de los canales iónicos está abierto. Esto permite el flujo hacia dentro de los cationes, que son principalmente potasio debido a su alta concentración en la endolinfa. (Ver descripción siguiente)³.

Despolarización (D)

1D: Los estereocilios sufren deflexión hacia el estereocilio más largo.

2D: Los canales iónicos se abren, permitiendo una mayor entrada de potasio en el citoplasma, lo que despolariza la célula.

3D: Los canales del calcio sensibles al voltaje se abren, permitiendo el influjo de calcio; que

4D: aumenta la liberación de neurotransmisores de las vesículas sinápticas.

5D: En consecuencia, el tráfico de impulsos a lo largo de las aferentes primarias aumenta y el sistema nervioso central lo interpreta como un aumento de la intensidad del sonido.

6D: El exceso de potasio es eliminado de la célula³.

Hiperpolarización (E)

1H: los estereocilios sufren deflexión lejos del estereocilio más largo.

2H: los canales iónicos se cierran, disminuyendo el movimiento de potasio en el citoplasma, lo que hiperpolariza la célula.

3H: Disminuye la entrada de calcio en la célula, lo que

4H: disminuye la liberación del neurotransmisor de las vesículas sinápticas.

5H: En consecuencia el tráfico de impulsos a lo largo de las aferentes primarias disminuye, y el sistema nervioso central lo interpreta como una disminución de la intensidad del sonido³.

VIA AUDITIVA CENTRAL

En el sistema auditivo, la vía sensitiva desde la periferia hasta la corteza cerebral es mucho más compleja que otras vías sensitivas. Los axones sensitivos primarios del ganglio espiral se proyectan al núcleo coclear en el tronco encefálico. El núcleo coclear se encuentra en la unión de la protuberancia y el bulbo, envuelto sobre el pedúnculo cerebeloso inferior. Desde el punto de vista funcional, está dividido en los núcleos cocleares dorsales y ventrales. Las neuronas del núcleo coclear dorsal se proyectan a través de la línea media por medio del estría acústica dorsal y luego rostralmente en el lemnisco lateral para hacer sinapsis en el colículo inferior contralateral. Las neuronas

del núcleo coclear ventral se proyectan bilateralmente a través del cuerpo trapezoide (también conocido como estría acústica ventral) y la estría acústica intermedia hacia el complejo nuclear olivar superior para la localización del sonido. Las neuronas del complejo olivar superior se proyectan a través de los lemniscos laterales a los colículos inferiores en el mesencéfalo. Por su parte, el colículo inferior se proyecta a través del brazo del colículo inferior al cuerpo geniculado medial del tálamo y por medio de las radiaciones talamocorticales hacia la corteza auditiva primaria, localizada sobre la cara superior del giro transversal del lóbulo temporal (área 41 de Brodmann). Dado que la mayor parte de las proyecciones de los núcleos cocleares son bilaterales, las lesiones unilaterales en el tronco encefálico no suelen producir déficit de audición limitados a un oído. El sonido que proviene de un lado de la cabeza puede llegar antes, y la intensidad será ligeramente más alta, al oído homolateral. Las células del complejo olivar superior reciben señales de ambos oídos y, por lo tanto, desempeñan un papel importante en la localización del sonido. Compara en el tiempo de llegada (sobre todo para los sonidos de baja frecuencia) y la intensidad (principalmente para los sonidos de alta frecuencia) y envían esta información a centros superiores para la localización del sonido. Los seres humanos pueden localizar las fuentes sonoras con la precisión de algunos grados³ (Figura 5).

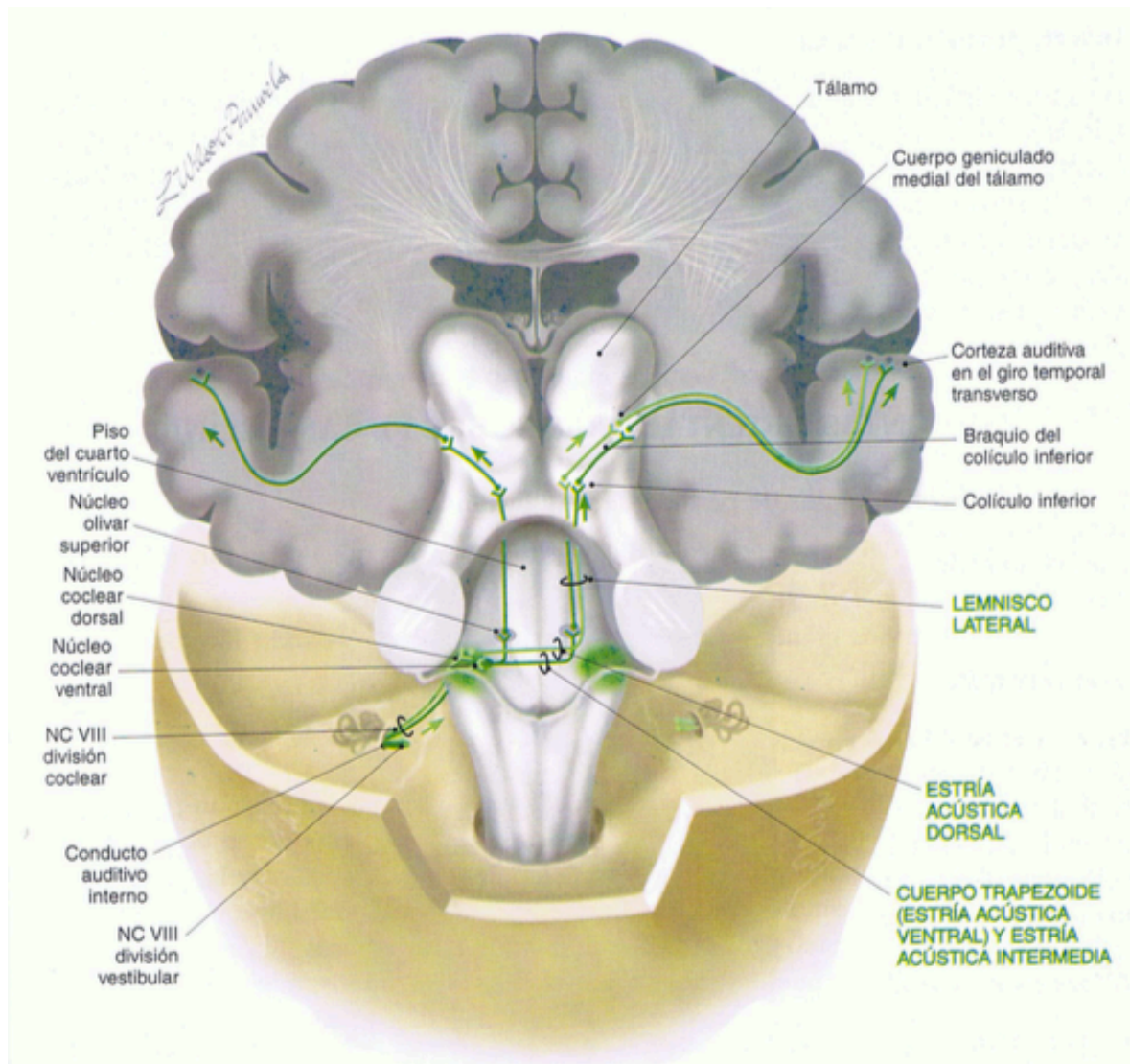


Figura 5.- Vías aferentes centrales de la división coclear del nervio vestibulococlear desde el nervio auditivo hasta su llegada a la corteza auditiva primaria, en donde se observan los relevos de la vía a nivel del tallo cerebral³.

PERIODO NEONATAL

El periodo neonatal, se define como el tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta los 28 días de vida o las 44 semanas de edad corregida. De acuerdo a la edad gestacional el recién nacido se puede clasificar como:

- Inmaduro (< 28 semanas)
- Pretérmino: < 37 semanas
- Término: 37 a 42 semanas
- Postérmino (> 42 semanas)⁴

GRADOS DE PREMATUREZ

A los recién nacidos la OMS⁵ cataloga los grados de prematuridad de acuerdo a las semanas de edad gestacional al nacimiento en:

- Prematuro tardío (34 semanas a 36 semanas)
- Prematuro moderado (32 a 34 semanas)
- Muy prematuro (28 a 32 semanas)
- Prematuros extremos (< 28 semanas)

LA MADURACIÓN EN RELACION A LA EDAD GESTACIONAL

La Academia Americana de Pediatría estableció en el 2004⁴, los siguientes términos empleados para determinar la edad en los neonatos:

Edad gestacional (SEG): Es el término utilizado para señalar la edad del feto y del neonato al nacimiento, corresponde al tiempo transcurrido entre el primer día del último periodo menstrual y el día del parto. Se expresa en semanas completas como semanas de edad gestacional (SEG). La edad gestacional es el parámetro más importante para valorar la madurez del feto y por ende aporta información sobre todos los procesos del desarrollo y sus potenciales alteraciones.

Edad cronológica: Es el tiempo de vida transcurrido desde el nacimiento y por lo tanto es la edad postnatal y se da en días, semanas, meses o años.

Edad corregida (EC): Es el término apropiado para describir la edad en niños menores de 3 años que nacieron prematuros y representa la edad del bebé desde la fecha esperada de parto a las 40 semanas. La edad corregida se calcula restando el número de semanas de nacido antes de las 40 semanas de gestación a partir de la edad cronológica: $(\text{Edad corregida} = \text{Edad cronológica} - \text{Edad gestacional})$

En este cálculo cada uno de los meses del niño equivale a 4 semanas. La edad corregida es utilizada en el seguimiento de los recién nacidos prematuros para ajustar las diferencias de edad debido a la prematuridad. La corrección de la edad mitiga los efectos de la madurez biológica sobre el desarrollo⁴. Esta terminología se detalla en la figura 6.

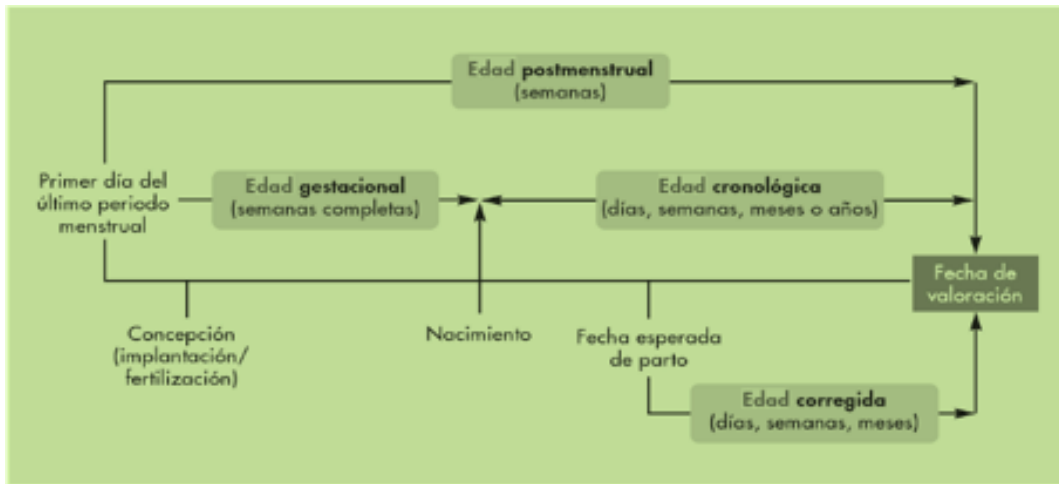


Figura 6.- Interpretación de la terminología utilizada para la edad en el neonato⁴.

AUDICIÓN EN EL RECIÉN NACIDO Y PREMATURO

La audición es la función más importante y refinada del ser humano, fundamental para la adquisición del lenguaje, que permite la comunicación a distancia y a través del tiempo. El sentido auditivo periférico es completamente funcional desde el momento que el niño nace; presenta periodos de maduración durante el primer año de vida a través de la estimulación con los sonidos y en especial por la exposición del habla; completando la maduración de los 2 a 3 años de edad. Se ha demostrado que el ser humano puede oír desde las 27 SDG, lo que explica que los lactantes respondan a los sonidos del habla más que a cualquier otro estímulo auditivo ya que recuerdan los sonidos del lenguaje escuchados in útero. Estos datos indican que el primer año de vida “es un periodo crítico” ya que el desarrollo del lenguaje depende de la estimulación auditiva antes de los 18 meses de edad; la carencia o déficit puede condicionar daños que al no existir una señal sensorial, la morfología y propiedades funcionales de las neuronas se pueden alterar⁶.

HIPOACUSIA

El grado de pérdida de audición se define mediante la medición del umbral de audición en decibelios (dB) a varias frecuencias. Se dice que alguien sufre pérdida de audición cuando no es capaz de oír tan bien como una persona cuyo sentido del oído es normal, es decir, cuyo umbral de audición en ambos oídos es igual o superior a 25 dB⁷, aunque para la American Speech-Language Hearing Association⁸ considera hipoacusia desde

un umbral de audición en ambos oídos superior a 15 dB. La pérdida total de la audición (anacusia) o parcial (hipoacusia) que ocurre al nacimiento o durante el desarrollo de la vida, ocasiona alteraciones en la adquisición del lenguaje, aprendizaje y finalmente, deterioro individual; según la gravedad, naturaleza, causa y edad de aparición. Por sus grados la hipoacusia se clasifica en superficial, moderada, severa y profunda como se muestra en la tabla 1⁹. Esta clasificación es la que usamos en nuestro estudio. Por pérdida de audición discapacitante se entiende una pérdida de audición superior a 40dB en el oído con mejor audición en los adultos, y superior a 30dB en el oído con mejor audición en los niños. Hasta 5 de cada 1000 niños nacen con una pérdida de audición discapacitante o la sufren en la primera infancia⁹.

TABLA 1.- GRADOS DE HIPOACUSIA, OMS ⁹	
INTENSIDAD	GRADO
20-30 dB	Audición normal
31-40 dB	Hipoacusia superficial
41-60 dB	Hipoacusia moderada
61-80 dB	Hipoacusia severa
81-100 dB	Hipoacusia profunda
Sin respuesta	Anacusia

CAUSAS DE HIPOACUSIA NEONATAL

Las causas congénitas de hipoacusia pueden determinar la pérdida de audición en el momento del nacimiento o poco después. La expresión hipoacusia congénita significa que la pérdida de audición está presente desde el nacimiento. La hipoacusia la causan tanto factores genéticos como no genéticos.

Los factores no genéticos representan alrededor del 25% de la pérdida congénita de la audición. Se sabe que los siguientes factores no genéticos causan pérdida congénita de la audición¹⁰:

- Infecciones maternas, como la rubéola, citomegalovirus o virus del herpes simple
- Prematurez
- Bajo peso al nacer

- Lesiones durante el parto
- Toxinas, incluidos el alcohol y las drogas consumidos por la madre durante el embarazo
- Complicaciones asociadas con el factor Rh en la sangre, como la ictericia neonatal
- Diabetes materna
- Toxemia durante el embarazo
- Hipoxia o anoxia neonatal

La pérdida de audición adquirida se presenta después del nacimiento y puede ocurrir en cualquier momento como resultado de una enfermedad o lesión¹⁰. Entre ellas se encuentran las infecciones repetitivas de oído medio, medicamentos ototóxicos, neuroinfecciones, traumatismos y exposición al ruido entre otros.

Los factores genéticos (hereditarios) causan más del 50% de los casos de pérdida de audición. La pérdida de audición debida a defectos genéticos puede hallarse presente de nacimiento o desarrollarse más tarde en la vida¹⁰. A lo largo de los años, se han identificado y estudiado más de 100 locus relacionados con la sordera y sus genes asociados, lo que revela la base genética de diferentes patologías relacionadas con la sordera¹¹.

CLASIFICACIÓN DE HIPOACUSIAS

La pérdida auditiva neonatal se puede clasificar de la siguiente forma:

Hipoacusia conductiva: la pérdida conductiva es causada por anomalías del oído externo o medio, lo que limita la cantidad de sonido externo que obtiene acceso al oído interno (cóclea y del aparato vestibular). La función coclear se mantiene normal debido a que el oído interno se desarrolla por separado de los oídos externo y medio. La pérdida de la audición conductiva puede ser transitoria (líquido del oído medio) o permanente (anatómica)¹⁰. La pérdida de audición conductiva transitoria es una causa frecuente de una de falsos positivos en el periodo neonatal¹³.

Hipoacusia neurosensorial: resulta del mal funcionamiento de las estructuras del oído interno, incluyendo las células ciliadas externas e internas de la cóclea y los componentes de los nervios craneales octavo de la vía neural auditiva. Este tipo de pérdida auditiva suele ser permanente y no se puede reparar con medicamentos ni cirugía¹⁰.

Neuropatía auditiva: es un trastorno auditivo que afecta el procesamiento neuronal de los estímulos auditivos y puede involucrar al octavo par craneal, al tallo cerebral (vía auditiva) o la corteza cerebral. El sonido ingresa al oído interno (cóclea y células ciliadas externas) normalmente, pero la transmisión de las señales de las células ciliadas internas de la cóclea al nervio o vía auditiva está ausente o está gravemente distorsionada¹⁰.

Hipoacusia mixta: es causada por una combinación de pérdida auditiva de conducción y pérdida auditiva neurosensorial en el mismo oído¹⁰.

POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL (PEATC)

Después de un estímulo acústico transitorio, como un clic o un tono breve pip, el oído y partes del sistema nervioso generan una serie de señales eléctricas con latencias que varían de milisegundos (ms) a cientos de milisegundos, a estas señales eléctricas se les conoce como potenciales evocados auditivos (PEA). Estos PEA se llevan a cabo a través de los tejidos del cuerpo y se pueden registrar desde electrodos colocados en la piel para evaluar de forma no invasiva la función del oído y las porciones del sistema nervioso activadas por la estimulación acústica¹⁴.

Los PEA se pueden clasificar de acuerdo al intervalo de tiempo que transcurre desde el estímulo y la aparición de sus componentes, aunque existe poca discrepancia en esta clasificación la mayoría de los autores¹⁴⁻¹⁶ coincide con la siguiente división:

- Potenciales evocados auditivos de latencia corta: aparecen en los primeros 10ms posterior a la estimulación.
- Potenciales evocados auditivos de latencia media: aparecen entre los 10-50 ms posterior a la estimulación.

- Potenciales evocados auditivos de latencia larga: aparecen después de los 50 ms posterior a la estimulación.

Los PEA de latencia corta son los que usamos en nuestro estudio. Aunque los PEA de latencia corta comúnmente se denominan PEATC, este término no es completamente exacto (con respecto al tronco del encéfalo) porque la lista de generadores incluye claramente el nervio coclear y también puede incluir las radiaciones auditivas talamocorticales, ninguna de las cuales están dentro del tallo cerebral como se verá más adelante. Otros sinónimos o designaciones relacionadas incluyen la respuesta auditiva del tallo cerebral, la electrococleografía de campo lejano y la audiometría del tallo cerebral¹⁴. La terminología de PEATC es la más usada de forma global incluyendo cada una de las referencias bibliográficas de este estudio en donde se haga referencia a ellos, por lo cual fue la que usamos en nuestro estudio.

GENERADORES DE LAS ONDAS DE LOS PEATC

En su primera descripción detallada de los PEATC, Jewett y Williston¹⁷ formularon la hipótesis de que la mayoría de los componentes de lo PEATC representaban compuestos en donde contribuían múltiples generadores. La complejidad de los generadores de los PEATC humanos se deriva en parte del patrón de conexiones dentro de las vías auditivas, con fibras ascendentes que hacen sinapsis y pasan por varios núcleos de relevo. Aunque estos informes iniciales de generadores basados en correlaciones clinicopatológicas indicaron que sus conclusiones y cifras resumidas probablemente fueron simplificaciones, muchos autores e investigadores posteriores han asumido una correspondencia de un pico u onda a un generador¹⁴. Para los PEATC hay siete formas de onda (Figura 7) de las cuales cinco son de interés clínico ya que los PEATC no se pueden usar para evaluar el estado de las vías auditivas rostrales al mesencéfalo^{14,15}:

ONDA I

La onda I se genera a partir de descargas de potencial de acción en el nervio auditivo cerca de la cóclea específicamente de la parte más distal de éste nervio.

ONDA II

La onda II se genera desde la porción intracraneal del nervio auditivo a medida que ingresa en la médula oblonga lateral o núcleos cocleares.

ONDA III

Se cree que el complejo olivar superior en la protuberancia caudal es el generador primario de la onda III con alguna contribución del núcleo medial del cuerpo trapezoide.

ONDA IV

La onda IV parece reflejar actividad predominantemente en fibras auditivas ascendentes dentro de la protuberancia dorsal y rostral, así como por los núcleos del lemnisco lateral en la parte rostral de la protuberancia.

ONDA V

Se postula que el colículo inferior es el origen de la onda V.

ONDA VI

Hay poca información sobre los generadores de las ondas posteriores. Se cree que la onda VI se origina en el área del brazo del colículo inferior y del cuerpo geniculado medial.

ONDA VII

El origen de la onda VII es rostral al tálamo, probablemente en la región de las radiaciones auditivas.

Por lo tanto, ni la presencia de una onda VI y VII normal ni la ausencia completa de estos componentes proporcionan información clínicamente útil sobre el estado de las vías auditivas rostrales al mesencéfalo.

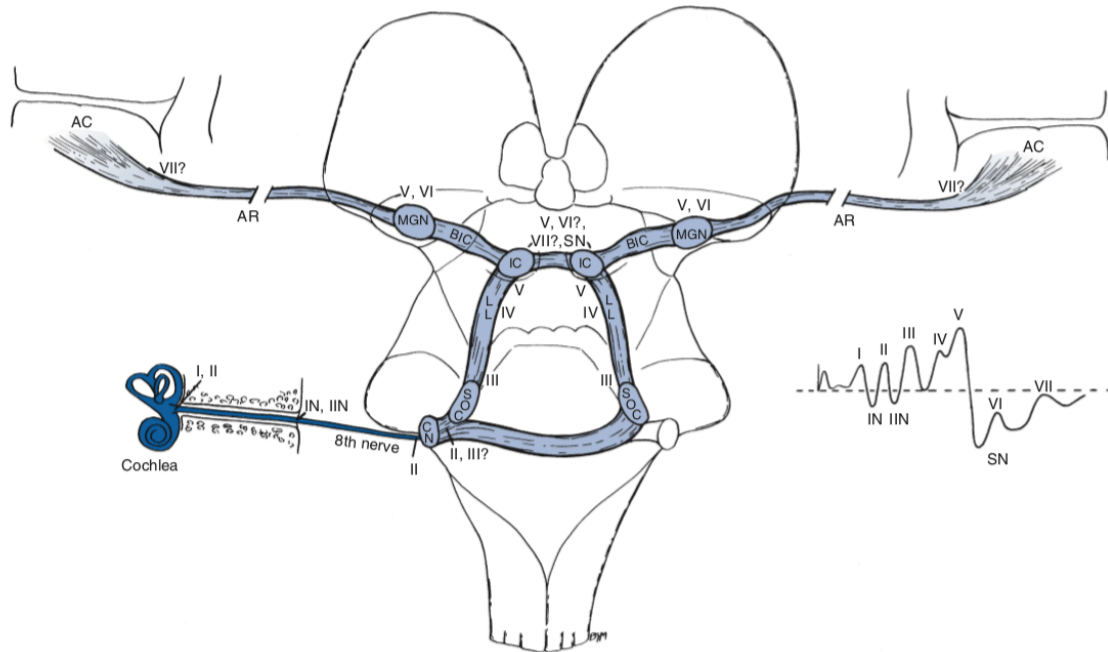


Figura 7.- Diagrama que muestra los probables generadores de los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral humano. AC, corteza auditiva; AR, radiaciones auditivas; BIC, brazo del colículo inferior; CN, núcleo coclear; IC, colículo inferior; LL, lemnisco lateral; MGN, núcleo geniculado medial; SOC, complejo olivar superior¹⁴.

IDENTIFICACIÓN Y MEDIDA DE LA ONDAS DE LOS PEATC

El PEATC y en Neurofisiología Clínica las ondas que van hacia arriba son negativas, estas desviaciones o picos que apuntan hacia arriba se marcan con números romanos del I al VII según la convención establecida por Jewett y Williston en 1971¹⁷ (Figura 8). Los picos que le siguen hacia abajo a cada una de las ondas I a VII están etiquetados con el sufijo N o "a". La forma de onda del PEATC generalmente comienza con un artefacto de estímulo eléctrico que es sincrónico con la producción de estímulo en el transductor. La onda I es el primer pico mayor ascendente del PEATC. Usualmente ocurre al menos 1.5 ms después del estímulo. La onda II es típicamente la desviación hacia arriba que sigue a la onda I. Sin embargo, la onda II puede ser pequeña y difícil de identificar en algunos sujetos normales. La onda III es la tercera onda positiva, generalmente ocurre equidistante entre las ondas I y V. Las ondas IV y V a menudo se fusionan en un complejo IV/V cuya morfología varía de un sujeto a otro, y puede diferir entre los dos oídos en la misma persona. El complejo IV/V es a menudo el componente

más prominente en la forma de onda del PEATC. Aparece poco después de 5.5 ms en un adulto y hasta alrededor de 10 a 12 ms en un neonato prematuro. El complejo IV/V tiene al menos seis patrones normales que deben reconocerse al interpretar la prueba (Figura 9).^{14,15,18,19,20}

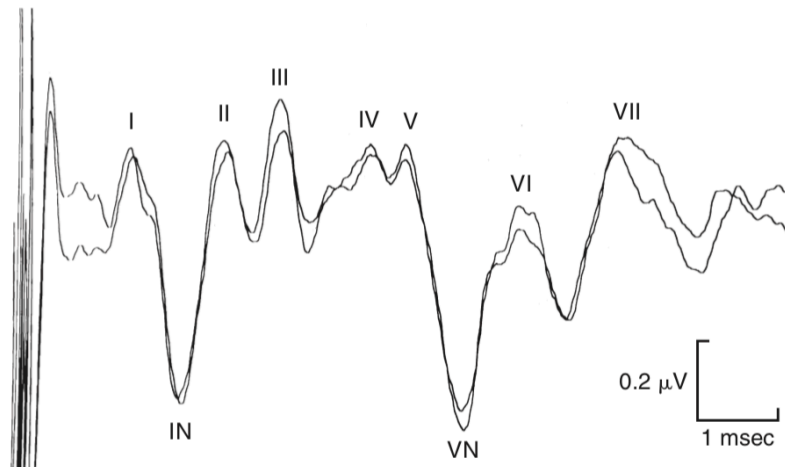


Figura 8.- Registro de un potencial evocado auditivo de tallo cerebral normal. Los picos descendentes después de las ondas I y V están etiquetados IN y VN pero también se pueden etiquetar como Ia y Va respectivamente. Un artefacto de estímulo eléctrico aparece al comienzo del trazado¹⁴.

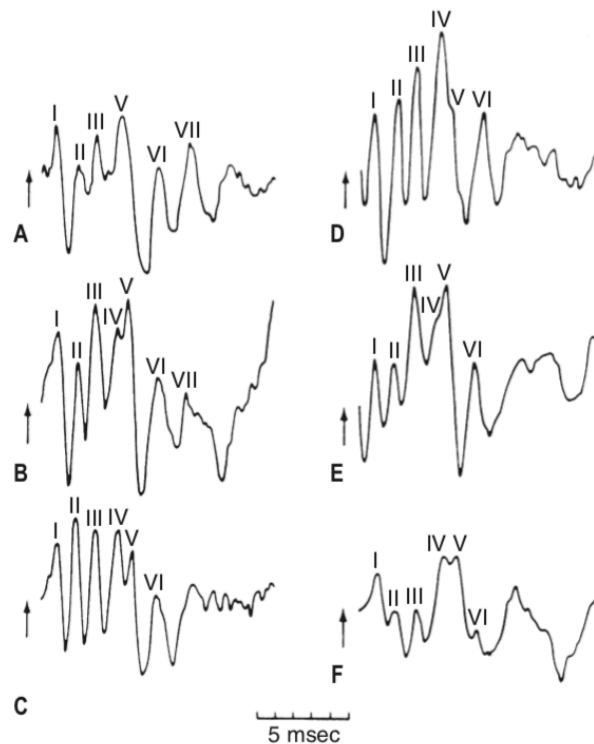


Figura 9.- Variabilidad en la morfología del complejo IV/V en el registro de pacientes sanos²⁰.

ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS NORMALES DE LOS PEATC QUE PERMITEN CONCLUIR SI ALGO ES NORMAL O ANORMAL

En el servicio de Neurofisiología el estudio de PEATC consta de dos partes, una fase neurológica y una fase audiológica como parte del protocolo estándar del estudio, con estas dos fases se determinan los siguientes parámetros para el análisis e interpretación:

1.- Presencia o ausencia de la respuesta

Se refiere a la formación o no del PEATC en respuesta de un estímulo auditivo, se debe especificar si la respuesta es bilateral, o se encuentra solo en uno de los dos oídos o bien ausente en los dos oídos explorados. Cuando el potencial se genera se debe especificar que intensidad en dB se requirió para la formación del mismo^{14,15,19}.

2.- Morfología del potencial

La morfología se valora con base a la relación de amplitud entre las ondas V/I y esta se ajusta de acuerdo a la edad para determinar si la morfología es normal o invertida.

De los 0 a los 3 meses de edad, la relación de la onda V/I debe ser <1 .

De los 3 a los 6 meses de edad, la amplitud de ondas I y V tienden a ser igual por lo cual la relación V/I debe ser $= 1$.

Después de los 6 meses de edad la relación de la onda V/I debe ser >1 , y esta relación es la que persiste a lo largo de la vida para el oído sano²¹.

3.- Replicabilidad o sincronía de la respuesta

Se realizan un mínimo de dos potenciales por cada oído y estos deben de ser semejantes^{14,15,19}.

4.- Amplitud

Las amplitudes absolutas se pueden medir desde la línea de base hasta el pico o desde el pico hasta la siguiente depresión. Cualquiera que sea el método elegido, todas las ondas se deben medir de la misma manera. En la práctica clínica tiene importancia la medición de la onda I y V, la cual es en microvoltios (μV). Las amplitudes

absolutas pueden ser muy variables por lo que solo se toman en cuenta cuando existe una diferencia interlado mayor del 50% en el mismo paciente^{15,19}.

5.- Latencias absolutas

Las latencias absolutas se miden desde el inicio del estímulo hasta el pico de cada forma de onda, la unidad de medida son los ms. Los valores normativos deben ser ajustados a la edad del paciente, en caso de pacientes con antecedente de prematuridad se debe ajustar a la edad corregida²¹.

6.- Intervalos de conducción

Es el tiempo transcurrido entre los picos de cada forma de onda, la unidad de medida son los ms. Los intervalos medidos son I-III, III-V y I-V, éste último conocido también como tiempo de conducción central. Al igual que las latencias absolutas los valores normativos deben ser ajustados a la edad del paciente²¹.

7.- Umbral de audición

Es la intensidad mínima en dB que se requiere para generar la onda V del PEATC. Un umbral normal a través de este tipo de estudio es de ≤ 30 dB. Cuando se requiere mayor intensidad se determina una hipoacusia la cual se basa en la clasificación de la OMS⁹. Cuando el umbral de audición es anormal se utiliza la fórmula de Índice Latencia-Intensidad la cual puede ayudar a determinar el tipo de hipoacusia. Esta fórmula se obtiene de dividir la diferencia entre la intensidad máxima y mínima medida a la que se obtuvo la onda V, entre la diferencia de la latencia máxima y mínima obtenida para la onda V del oído explorado:

$$\frac{\neq \text{ dB (Intensidad max — Intensidad min)}}{\neq \text{ ms (Latencia max — Latencia min)}}$$

Cuando el valor es < 30 el tipo de hipoacusia es conductiva, si el valor se encuentra entre 30-60 no se puede determinar el tipo hipoacusia y si es mayor de 60 el tipo de hipoacusia es sensorial²¹.

Existen varios rangos normativos de referencia para las latencias absolutas así como para los intervalos de conducción en paciente pediátricos²¹⁻²⁶ con mínimas variaciones pero en el servicio de neurofisiología de nuestro hospital se toman en cuenta como valores de referencia en el análisis de los resultados los de Halliday²¹ como se muestra en la tabla 2.

TABLA 2.- VALORES NORMATIVOS DE PEATC EN PACIENTES PEDIÁTRICOS SANOS ²¹						
EDAD	I	III	V	I-III	III-V	I-V
NEONATO	2.0 (0.25)	4.8 (0.30)	7.0 (0.33)	2.8 (0.21)	2.2 (0.17)	4.9 (0.25)
6 semana	1.8 (0.22)	4.4 (0.28)	6.6 (0.19)	2.7 (0.27)	2.2 (0.24)	4.9 (0.28)
3 meses	1.7 (0.20)	4.3 (0.26)	6.4 (0.32)	2.5 (0.22)	2.2 (0.23)	4.7 (0.25)
6 meses	1.7 (0.22)	4.1 (0.26)	6.2 (0.24)	2.4 (0.17)	2.1 (0.22)	4.6 (0.25)
12 meses	1.7 (0.29)	4.0 (0.32)	6.0 (0.33)	2.2 (0.17)	2.0 (0.21)	4.3 (0.24)
>2 años masculino	1.7 (0.29)	3.8 (0.2)	5.7 (0.17)	2.1 (0.11)	1.9 (0.21)	4.0 (0.20)
> 2 años femenino	1.6 (0.15)	3.7 (0.17)	5.5 (0.18)	2.0 (0.13)	1.8 (0.16)	3.9 (0.14)
Latencias expresadas en milisegundos +2DE						

MADURACIÓN DE LOS PEATC EN EL PREMATURO

Los PEATC se pueden registrar en neonatos prematuros desde una edad gestacional de las 25 a 26 SEG^{27,28}. En estos pacientes se requieren estímulos de alta intensidad y tasas de estimulación lentas. Está bien documentado por varios autores que las latencias absolutas junto con los intervalos de conducción disminuyen y las amplitudes en general aumentan con la edad²⁹⁻³¹.

Las latencias de todos los componentes de la respuesta disminuyen al aumentar la edad gestacional. La onda V muestra un mayor cambio con la edad que la onda I, y por lo tanto, el intervalo I-V también disminuye con la edad. La amplitud de la respuesta, particularmente la onda V, es menor que la de los neonatos a término. Los PEATC de un lactante con antecedente de prematuridad y un lactante de término que han alcanzado la misma edad gestacional corregida son similares en morfología, amplitud e intervalos de conducción. Sin embargo, las latencias absolutas de las ondas específicas en el PEATC de los lactantes prematuros son más largas en aproximadamente 0.3 ms, y esta diferencia persiste durante los primeros 2 años de vida en que se alcanza la maduración de la vía auditiva³². Después de esta edad, los

PEATC del niño tiene latencias similares a las del adulto, aunque persisten algunas diferencias sutiles²¹⁻²⁶. Los diferentes componentes del PEATC maduran de manera diferente. La latencia de la onda I alcanza valores similares al del adulto a los 2 meses de vida. Las ondas III y V muestran una disminución rápida de la latencia durante los primeros meses y luego una disminución más lenta para alcanzar los valores normales de adultos al final del tercer año. La amplitud de la onda V muestra un marcado aumento después de 6 meses, pero no alcanza valores adultos hasta aproximadamente a los 5 años. El umbral para detectar el PEATC disminuye en aproximadamente 10 dB en los primeros 3 meses de vida y en otros 5 dB al final del primer año. Estos cambios probablemente estén relacionados con varios factores, incluida la resolución de la pérdida auditiva conductiva neonatal y la maduración de la cóclea y el tallo cerebral²².

TÉCNICA ESTANDAR PARA EL REGISTRO DE PEATC

Se utilizan electrodos de copa metálicos los cuales se fijan al cuero cabelludo por medio de pasta conductiva, previamente realizándose una limpieza del área en donde se colocarán estos electrodos. El registro se debe realizar ipsilateral al oído estimulado por los auriculares^{14,15,19}. Los PEATC son provocados más comúnmente por estímulos de clic acústicos breves que se producen mediante pulsos cuadrados monofásicos de 100 ms de duración a auriculares (audífonos) y frecuencia de 8 a 10Hz¹⁹. En el caso de nuestro laboratorio todos los estudios se realizan a una frecuencia de 11.1Hz.

Los estímulos se administran monoauralmente, de modo que un PEATC normal a la estimulación de un oído no oscurece la presencia de una respuesta anormal a la estimulación del otro oído. Para evitar estimulación contralateral y posiblemente se malinterprete como un PEATC que surge de la estimulación del oído ipsilateral, el oído contralateral se enmascara con ruido blanco continuo a una intensidad de 30 a 40 dB por debajo de la del estímulo del PEATC^{18,33}. Aunque el enmascaramiento contralateral no es necesario en cada situación, la recomendación es que se incluya en el protocolo rutinario para la obtención de PEATC¹⁹.

La intensidad del estímulo debe ser lo suficientemente alta como para provocar una forma de onda de PEATC clara sin causar incomodidad o daño al oído; 60 a 65 dB es un nivel típico. Sin embargo cuando hay pérdida de audición, la intensidad del estímulo se puede ajustar en consecuencia al mínimo necesario para generar una respuesta sin dañar la vía auditiva, por lo cual lo máximo recomendable es 110dB¹⁹. El equipo con el que se cuenta en el Servicio de Neurofisiología tiene una capacidad máxima de intensidad de estímulo de 97dB.

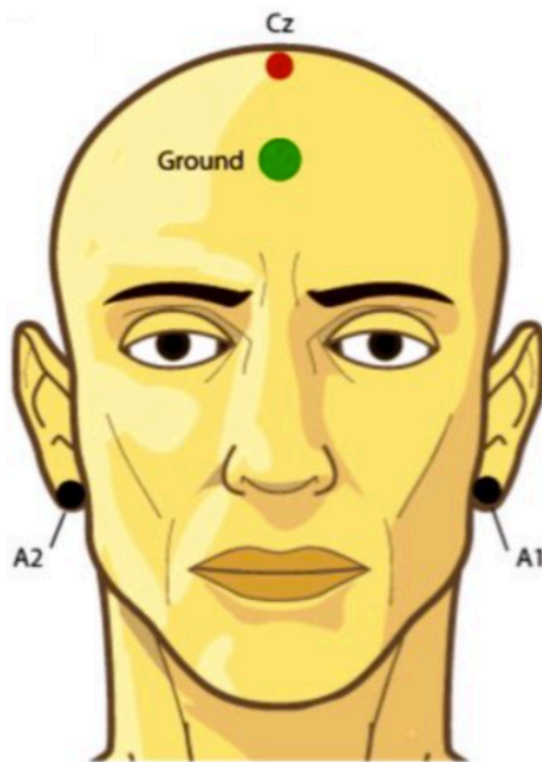


Figura 10.- Colocación de electrodos y montaje utilizado para el registro de PEATC en el servicio de Neurofisiología, en donde se observa como electrodo activo el auricular (A1 o A2) con referencia al vértice de la cabeza (Cz) y tierra física colocada en la frente. Los electrodos A1 y A2 se pueden sustituir por electrodos en la región mastoidea M1 y M2 (izquierdo y derecho respectivamente).

TÉCNICA PARA OBTENCIÓN DE LOS POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL

En el servicio de Neurofisiología clínica de la UMAE HP CMN SXXI, el protocolo de estudio rutinario de PEATC se realiza en dos fases, una fase neurológica y una fase audiológica.

COLOCACIÓN DE ELECTRODOS: Se realizó una limpieza en las regiones del cuero cabelludo correspondientes a los puntos M1 (mastoides izquierda), M2 (mastoides derecha), Cz (Vertex de la calota) y Fpz (frente) de acuerdo con la nomenclatura del sistema internacional 10-20, posteriormente se colocan electrodos de copa de 5mm adheridos con pasta conductiva.

MONTAJE: Se colocan electrodos activos en M1 y M2, para el oído izquierdo y derecho respectivamente, con referencia en Cz, usándose una tierra en Fpz.

REGISTRO: Se utiliza un equipo Cadwell Sierra Wave utilizando con los siguientes parámetros (Tabla 3):

TABLA 3.- PARÁMETROS TÉCNICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PEATC		
PARÁMETROS DE REGISTRO	FASE NEUROLÓGICA	FASE AUDIOLÓGICA
Ganancia de pantalla	0.1 - 0.5 μ V/Div	0.1 - 0.5 μ V/Div
Velocidad de barrido	1 ms/Div	2 ms/Div
Ventana de análisis	10 ms	20 ms
Filtro Hicut	3000 Hz	3000 Hz
Filtro Lowcut	100 Hz	100 Hz
Impedancias	<5000 Ω	<5000 Ω
Tipo de estímulo	Click	Click
Frecuencia de estímulo	11.1 Hz	33.1 Hz
Polaridad del estímulo	Rarefacción	Condensación

5.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es crucial identificar trastornos de la audición desde el nacimiento hasta los primeros meses de vida con la finalidad de realizar una intervención temprana (antes de los 6 meses de edad) ya que se reconoce como un estándar de salud a nivel internacional, y así como muchos países, el nuestro cuenta con un programa de cribado auditivo con técnicas estandarizadas para la evaluación objetiva de la conducción y audición como los son los PEATC. Los PEATC proporcionan una evaluación del umbral auditivo para las frecuencias altas y evalúa la integridad neurológica de las vías auditivas hasta el tallo cerebral. Esta evaluación se puede utilizar como una prueba auditiva inicial independientemente de la edad (desde recién nacidos), como una prueba de seguimiento después del cribado con emisiones otoacústicas (como parte del tamiz auditivo), y como el paso inicial en una evaluación audiométrica objetiva completa sobre todo en paciente con riesgo de afectación de audición como el antecedente de prematurez.

6.- JUSTIFICACIÓN

Las hipoacusias importantes pueden complicar y limitar el desarrollo e integración social de un individuo a lo largo de toda su vida. La prematurez, entre otros, pueden dañar a las vías auditivas. Un diagnóstico temprano en un grupo de riesgo permite establecer un pronóstico para la función auditiva y de ser el caso tener una intervención temprana para evitar, limitar o revertir una afección a este nivel. Los PEATC como parte del cribado audiológico, permiten el diagnóstico más precoz de un posible compromiso auditivo. Son realizados diariamente en el Servicio de Neurofisiología de la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional Siglo XXI (UMAE HP CMN SXXI), lo que ha generado una información concentrada sobre el problema y cuyo análisis será de gran utilidad para su mejor comprensión y delinear las mejores disposiciones para su solución.

7.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los hallazgos de los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral en lactantes con antecedentes de prematuridad?

8.- OBJETIVO PRINCIPAL

Describir los hallazgos neurofisiológicos de los PEATC en lactantes con antecedente de prematuridad y comparar entre los diferentes grados de prematuridad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la presencia o ausencia de respuesta bioeléctrica
- Describir morfología con base a la relación V/I y sus alteraciones
- Evaluar replicabilidad o sincronía de la respuesta
- Evaluar amplitud y determinar diferencia interlado
- Medir y describir los hallazgos de las latencias I, III y V
- Medir y describir los hallazgos de las interlatencias I - III, III - V y I - V
- Determinar umbral de audición por oído
- Comparar los hallazgos de los PEATC entre pacientes con antecedente de prematuridad de <32 SDG y prematuridad de ≥32 SDG

9.- HIPÓTESIS

La prematuridad retarda las latencias, intervalos de conducción y afecta la morfología de los PEATC en pacientes lactantes con antecedente de prematuridad.

10.- METODOLOGÍA

TIPO DE ESTUDIO

Nivel de intervención: Observacional

Propósito de estudio: Descriptivo

Orden de razonamiento causal: Transversal, Retrospectivo

POBLACIÓN

Pacientes lactantes de 1 mes a 2 años edad corregida derecho-habientes del IMSS con antecedente de prematuridad referidos al Servicio de Neurofisiología Clínica de la UMAE HP CMN SXXI, del Instituto Mexicano del Seguro Social para la realización de PEATC en el periodo comprendido entre julio de 2016 a junio de 2018.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes de entre 1 día a 2 años de edad corregida con antecedente de prematuridad (<37SDG) sin distinción de género
- Pacientes que cuenten con primer estudio de PEATC completo realizado en el Servicio de Neurofisiología Clínica de la UMAE HP CMN SXXI y evaluados por neurofisiólogos certificados

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Antecedente de infección del sistema nervioso central
- Presencia de algún síndrome genético.
- Malformaciones del sistema nervioso central, cabeza u oídos.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

- Estudios con datos incompletos o no legibles

TAMAÑO DE MUESTRA

No probabilístico, por conveniencia. Constituido por todos los pacientes referidos al servicio en el periodo de julio 2016 a junio 2018; para estudio de potenciales y con antecedente de prematuridad; la unidad funcional a evaluar será la vía auditiva (dos por paciente) salvo indicación en contrario.

DEFINICIÓN DE VARIABLES

TABLA 4.- DEFINICIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	CLASIFICACIÓN METODOLÓGICA	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	VALOR
Edad gestacional	Demográfica Independiente	Tiempo que ha durado el embarazo desde el primer día de la fecha última menstruación hasta el día del nacimiento.	Cuantitativa Discreta	Semanas de edad gestacional al nacimiento
Edad cronológica	Demográfica Independiente	Tiempo de vida transcurrido desde el nacimiento	Cuantitativa Discreta	Edad en semanas o meses
Edad corregida	Demográfica Independiente	Edad cronológica menos edad gestacional	Cuantitativa Discreta	Semanas de edad corregida
Sexo	Demográfica Independiente	Distinción de género	Cualitativa Nominal	Masculino Femenino
Respuesta bioeléctrica	Dependiente	Formación del potencial auditivo al estimular el oído estudiado	Cualitativa Dicotómica	Presente Ausente
Morfología del potencial auditivo	Dependiente	Relación que existe entre las Ondas V/I	Cualitativa Dicotómica	Normal Invertida
Replicabilidad	Dependiente	Semejanza entre dos potenciales de una misma vía auditiva estimulada	Cualitativa Dicotómica	Normal Anormal
Amplitud	Dependiente	Diferencia de amplitud interlado del mismo paciente mayor del 50% para una misma onda del potencial	Cualitativa Dicotómica	Normal Anormal
Latencias absolutas	Dependiente	Intervalo de tiempo entre el inicio del estímulo y la formación de una onda de un generador de la vía auditiva	Cualitativa Dicotómica	Normal Prolongada
Intervalos de conducción	Dependiente	Intervalo de tiempo entre dos ondas de diferente generador de la vía auditiva	Cualitativa Dicotómica	Normal Prolongada
Umbral de audición	Dependiente	Intensidad mínima de estímulo a partir de la cual se puede generar la onda V del potencial auditivo.	Cuantitativa Discreta	Decibeles (dB)
Audición	Dependiente	Umbral auditivo detectado para cada oído	Cualitativa Dicotómica	Normal Hipoacusia
Grado de hipoacusia	Dependiente	Grado de afectación de la audición para cada oído	Cualitativa Ordinal	Superficial Moderada Severa Profunda

INSTRUMENTO Y PROCEDIMIENTO

1. El estudio se realizó en el servicio de Neurofisiología clínica del UMAE HP CMN SXXI del IMSS, de la ciudad de México. Con previa autorización por el Comité de Investigación y Ética de la UMAE HP CMN Siglo XXI.
2. Se seleccionaron los estudios de PEATC realizados en pacientes de entre 1 día y 2 años de edad corregida con antecedente de prematurez en el periodo correspondiente de Julio 2016 a Junio 2018.
3. Se realizó el análisis de acuerdo a los criterios de evaluación del servicio para la interpretación de los PEATC de los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión.
4. Se registró la información en una hoja de recolección de datos correspondiente a cada paciente (Anexo).
5. Se conformó una base de datos electrónica en el programa Excel Microsoft®.
6. Los valores obtenidos fueron ajustados para la edad gestacional corregida y comparados con los proporcionados por Halliday²¹, que son referencia internacional y los utilizados en el Servicio de Neurofisiología clínica.
7. Para el análisis se realizó estadística descriptiva con medidas de tendencia central para la descripción de las variables.
8. Para el análisis estadístico se utilizó Chi cuadrada (Prueba exacta de Fisher) para comparación de variables nominales o categóricas por medio del programa SPSS, para la comparación de los grupos por sus diferentes grados de prematurez.

11.- ASPECTOS ÉTICOS

De acuerdo a la metodología que se empleó en el estudio se considera como un estudio sin riesgo, según el Capítulo I, Artículo 17, Inciso I del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Durante todo el estudio la información se manejó en forma confidencial y no se mencionaron nombre ni datos de los pacientes en forma individual en la presentación de los resultados. Este estudio fue autorizado por el comité de ética de la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional Siglo XXI con el No. de registro R-2018-3603-063.

12.- FACTIBILIDAD

El estudio fue posible debido a que los PEATC son realizados como parte del estudio diagnóstico de los pacientes, con el equipo y el personal calificado del Servicio de Neurofisiología. Los registros obtenidos y la información asociada se conservan en forma sistemática en las libretas del propio servicio, por lo que no implicó gastos o tiempos adicionales. El tesista realizó la recopilación, verificación y análisis de los datos en forma asesorada, mediante una base de datos diseñada especialmente y con programas de computación disponibles. Los costos adicionales marginales (papelería, fotodocumentación, etc.) fueron cubiertos por los investigadores, por lo que no se solicitó presupuesto adicional.

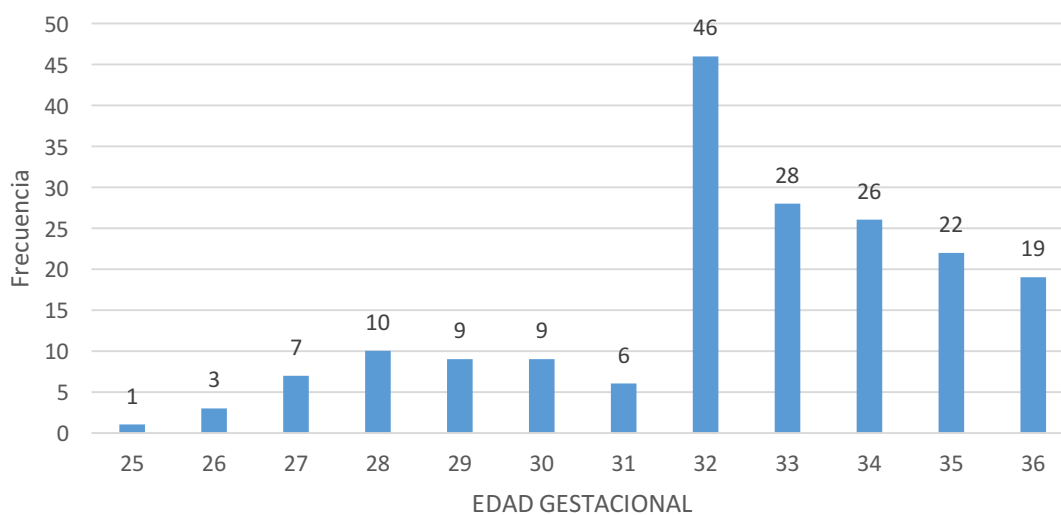
13.- RESULTADOS

En el periodo de julio de 2016 a junio de 2018 se realizaron 218 estudios de potenciales evocados auditivos de tallo cerebral de los cuales el motivo de envío fue el antecedente de prematuridad (solo o junto con otros factores de riesgo). De estos 218 pacientes 186 cumplieron los criterios necesarios para este estudio, de los 186 pacientes 99 fueron del sexo masculino (53.2%) y 87 del sexo femenino (46.8%).

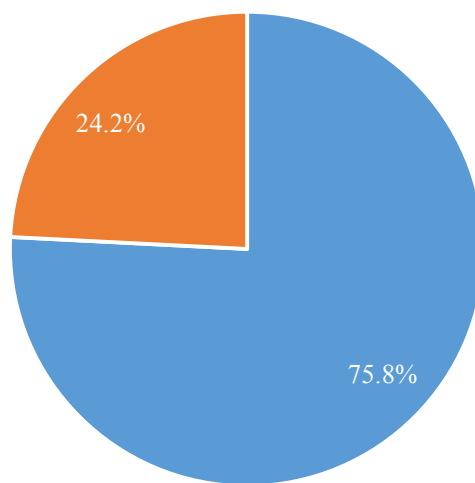
La edad gestacional de los 186 pacientes tuvo una media de 32.38 (32 semanas y 3 días de edad gestacional), con una mínima de 25 y máxima de 36 semanas de edad gestacional (tabla 5 y gráfica 1), permitiendo dividir nuestra muestra en 2 grupos de acuerdo al grado de prematuridad; Prematuros de ≥ 32 semanas de gestación con 141 pacientes (75.8%), y prematuros de < 32 SDG con 45 pacientes (24.2%) (Gráfica 2).

TABLA 5.- DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA TOTAL DE PACIENTES POR EDAD GESTACIONAL AL NACIMIENTO	
N	186
Media	32.38*
Mediana	33.00
Moda	32
Mínimo	25
Máximo	36
*Equivalente a 32 semanas y 3 días de edad gestacional	

GRÁFICA 1.- DISTRIBUCIÓN DE LOS PACIENTES POR EDAD GESTACIONAL AL NACIMIENTO



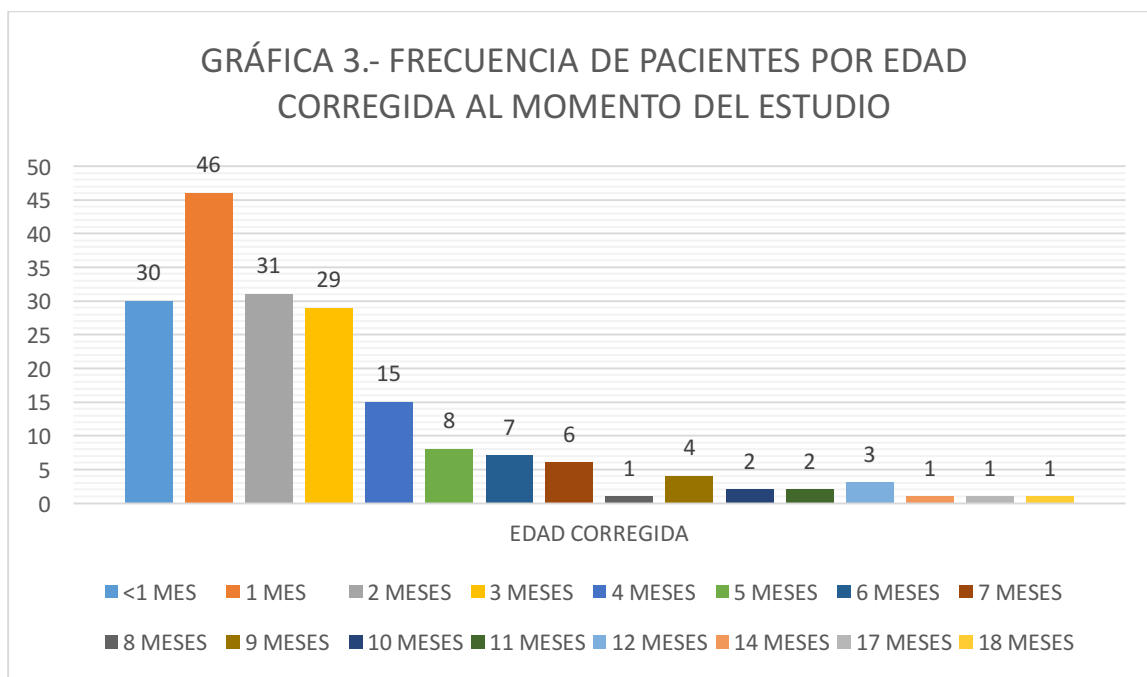
GRÁFICA 2.- DISTRIBUCIÓN DE LOS PACIENTES POR GRADO DE PREMATUREZ



■ PREMATUROS ≥ 32 SDG ■ PREMATUROS < 32 SDG

EDAD AL MOMENTO DEL ESTUDIO

A todos los pacientes se les evaluó el estudio de PEATC tomando en cuenta su edad corregida, en este estudio se tuvo un rango de edad corregida al momento del estudio de entre 1 semana a 18 meses de edad como se muestra en la Gráfica 3.



FASE NEUROLÓGICA DE LOS PEATC

En esta fase de los PEATC se evaluaron la respuesta bioeléctrica (ausencia o presencia de respuesta del potencial auditivo), la morfología, amplitud, replicabilidad, latencias absolutas e intervalos de conducción de estos potenciales, estos valores se compararon con los datos normativos de Halliday²¹ para el análisis de los resultados.

Cabe destacar que cada paciente tiene 2 vías auditivas cuya maduración y daño pueden ser independientes entre si, por lo cual se tomo cada vía auditiva como la unidad funcional, por lo que se evaluaron un total de 372 vías auditivas y se continuó la división por grados de prematuridad para su comparación entre estos dos grupos.

Respuesta Bioeléctrica

De los 372 oídos evaluados 362 (97.3%) tuvieron respuesta bioeléctrica y 10 (2.7%) no la tuvieron. Esto se refiere a que no se encontró potencial con un estímulo auditivo de 97dB que es la intensidad máxima a la que se puede estimular la vía auditiva con el equipo utilizado en el servicio de neurofisiología. Los oídos con ausencia de respuesta bioeléctrica se catalogan directamente como hipoacusia profunda y ya no se determina el resto de las mediciones para los diferentes elementos del potencial. La Tabla 6 muestra que la frecuencia de respuesta o ausencia del potencial auditivo no se asoció significativamente con el grado de prematurez.

TABLA 6.- RESPUESTA BIOELÉCTRICA DEL POTENCIAL AUDITIVO POR GRADO DE PREMATUREZ		
MUESTRA TOTAL= 372	PREMATUROS ≥32 SDG N=282	PREMATUROS <32 SDG N=90
Presencia de respuesta bioeléctrica	276 (97.9%)	86 (95.6%)
Ausencia de respuesta bioeléctrica	6 (2.1%)	4 (4.4%)
$X^2 = 1.400$ (p = 0.263)		

Morfología

Se evaluaron 362 vías auditivas de las cuales la morfología se encontró normal en 349 (96.4%) oídos y 13 (3.6%) oídos tuvieron morfología alterada. La Tabla 7 muestra que la alteración en la morfología fue significativamente mas alta en los prematuros <32 semanas.

TABLA 7.- MORFOLOGÍA DEL POTENCIAL AUDITIVO POR GRADO DE PREMATUREZ		
MUESTRA TOTAL = 362	PREMATUROS ≥32 SDG N=276	PREMATUROS <32 SDG N=86
Morfología normal	272 (98.6%)	77 (89.5%)
Morfología alterada	4 (1.4%)	9 (10.5%)
$X^2 = 15.349$ (p = 0.001)		

Amplitud

Las amplitudes de los 362 vías auditivas con respuesta bioeléctrica, fue normal en 351 (97.0%) y disminuida en 11 (3%). Especialmente entre los prematuros más tempranos donde alcanzó una significación estadística, Tabla 8.

TABLA 8.- AMPLITUD DE LOS POTENCIALES AUDITIVOS POR GRADO DE PREMATUREZ		
MUESTRA TOTAL = 362	PREMATUROS ≥32 SDG N=276	PREMATUROS <32 SDG N=86
Amplitud normal	271 (98.2%)	80 (93%)
Amplitud disminuida	5 (1.8%)	6 (7%)
$X^2 = 5.937$ (p = 0.025)		

Replicabilidad

En cuanto a la replicabilidad, de las 362 vías auditivas con respuesta bioeléctrica, la replicabilidad fue normal en 350 (96.7%) oídos y alterada en 12 (3.3%). Este parámetro del potencial auditivo puede variar especialmente en pacientes pediátricos debido a la profundidad del sueño con que se encuentran el paciente al momento del estudio. Lo que limita su importancia como indicador.

Latencias Absolutas

Las latencias que se valoraron en los PEATC son las de la onda I, III y V, encontrándose que para los 362 oídos evaluados, para la Onda I, 358 (98.9%) tienen la latencia normal y 4 (1.1%) prolongada; para la Onda III, 356 (98.3%) tienen la latencia normal y 6 (1.7%) prolongada; para la Onda V, 336 (92.8%) tienen la latencia normal y 26 (7.2%) prolongada. La Tabla 9 muestra que no existe diferencia significativamente estadística en la frecuencia de afectación de las distintas latencias por grados de prematuridad.

TABLA 9.- LATENCIAS ABSOLUTAS DE LOS POTENCIALES AUDITIVOS POR GRADOS DE PREMATUREZ					
LATENCIA	PREMATUROS ≥32 SDG N=276		PREMATUROS <32 SDG N=86		χ ²
	NORMAL	PROLONGADA	NORMAL	PROLONGADA	(p)
I	273 (98.9%)	3 (1.1%)	85 (98.8%)	1 (1.2%)	1.000
III	273 (98.9%)	3 (1.1%)	83 (96.5%)	3 (3.5%)	0.149
V	260 (94.2%)	16 (5.8%)	76 (88.4%)	10 (11.6%)	0.091

Intervalos de Conducción

Los intervalos de conducción evaluados son I-III, III-V y I-V, encontrándose que de los 362 oídos evaluados, el intervalo I-III, 352 (97.2%) son normales y 10 (2.8%) están prolongados; para el intervalo III-V, 350 (96.7%) son normales y 12 (3.3%) están prolongados; para el intervalo I-V, 340 (93.9%) son normales y 22 (6.1%) están prolongados. La Tabla 10 muestra que la frecuencia de prolongación del intervalo I-V fue significativamente mas alta en los prematuros de <32 semanas.

TABLA 10.- HALLAZGOS ENCONTRADOS EN LOS INTERVALOS DE CONDUCCIÓN DE LOS POTENCIALES AUDITIVOS POR GRADOS DE PREMATUREZ					
INTERVALO	PREMATUROS ≥32 SDG N=276		PREMATUROS <32 SDG N=86		X ²
	NORMAL	PROLONGADA	NORMAL	PROLONGADA	(p)
I—III	268 (97.1%)	8 (2.9%)	84 (97.7%)	2 (2.3%)	1.000
III—V	269 (97.5%)	7 (2.5%)	81 (94.2%)	5 (5.8%)	0.166
I—V	264 (95.7%)	12 (4.3%)	76 (88.4%)	10 (11.6%)	0.020

Inmadurez de la vía auditiva

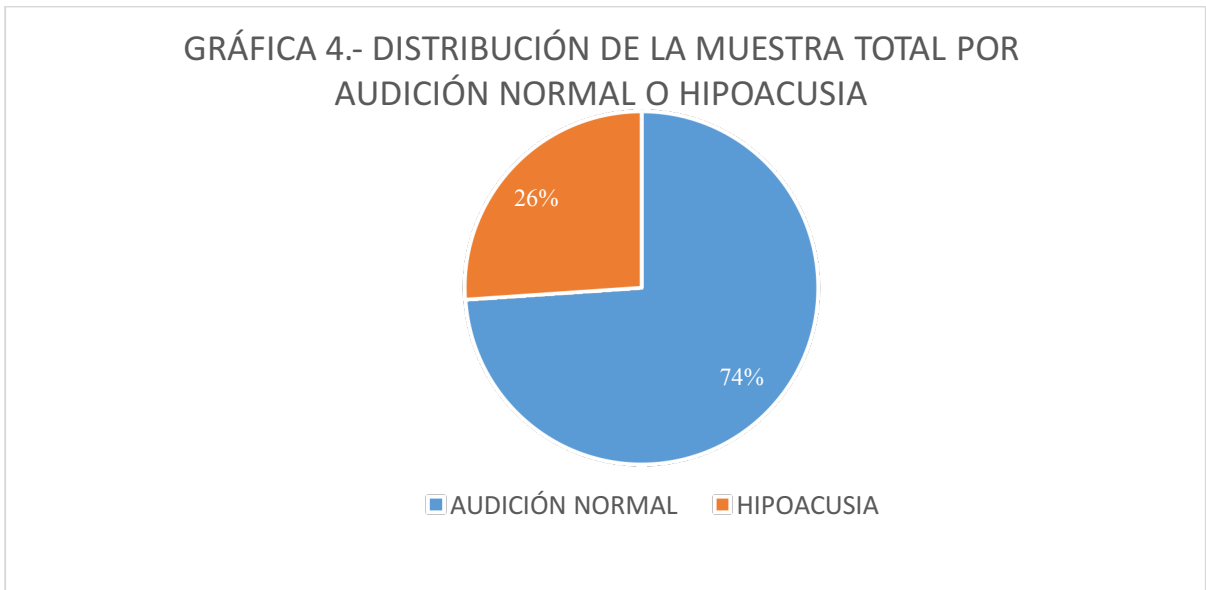
Para evaluar la inmadurez de la vía auditiva, se tomaron en cuenta los oídos con audición normal y que presentaban alteración o prolongación en latencias, intervalos o morfología de acuerdo los valores normativos para la edad corregida al momento del estudio²¹. De los 275 oídos evaluados 16 (5.8%) se reportaron con inmadurez. De los cuales 12 pertenecen al grupo de los prematuros de ≥32 SDG y 4 a los prematuros <32 SDG.

FASE AUDIOLÓGICA DE LOS PEATC

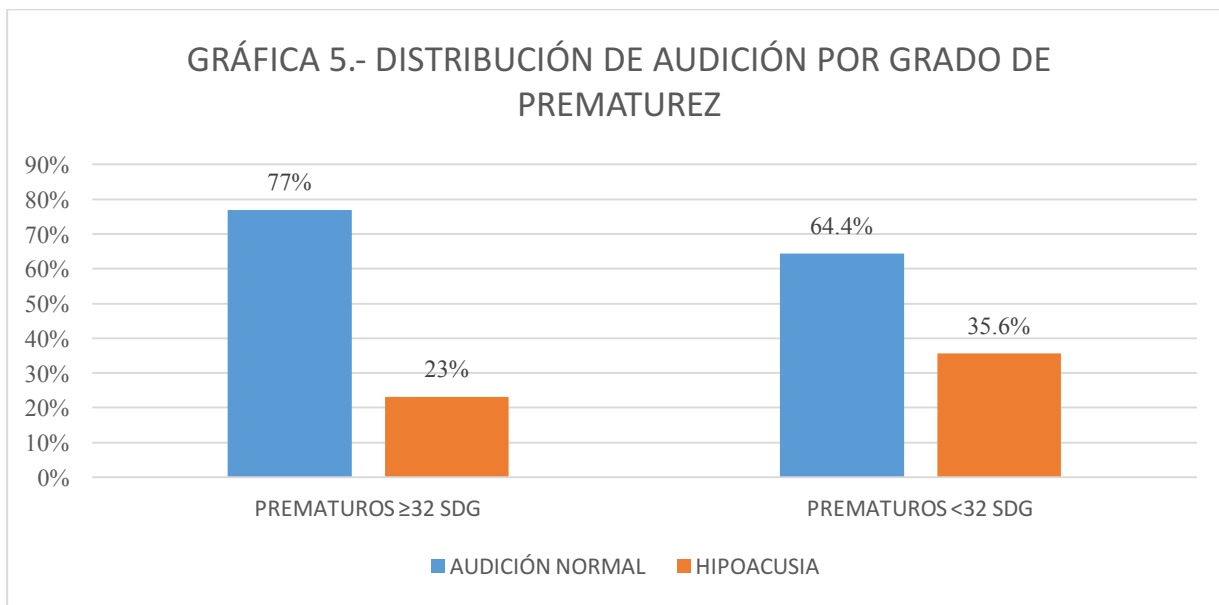
En esta fase de los PEATC se evaluó el umbral auditivo de cada oído y con base a éste se pudo determinar una audición normal o hipoacusia en sus diferentes grados, además por medio de la ecuación de curva latencia/intensidad se pudo determinar el tipo de hipoacusia en la mayoría de los casos. Como se comentó previamente las vías auditivas que no tuvieron respuesta bioeléctrica en la fase neurológica, se catalogaron directamente como hipoacusia profunda.

Umbral auditivo

Con base en los umbrales determinados se encontró que 275 oídos (74%) tienen audición normal y 97 (26%) tienen hipoacusia (Gráfica 4). De los 97 oídos con hipoacusia, 60 (61.9%) fueron de tipo conductivo, 7 (7.2%) de tipo sensorial y en 30 (30.9%) oídos no se pudo determinar el tipo de hipoacusia.



Por grado de prematuridad y con base al umbral auditivo se encontró que en el grupo de los prematuros de ≥ 32 SDG, de 282 vías auditivas evaluadas, 217 (77%) tienen audición normal y 65 (23%) tienen hipoacusia; en el grupo de los prematuros de < 32 SDG, de los 90 vías auditivas evaluadas, 58 (64.4%) tienen audición normal y 32 (35.6%) tiene hipoacusia, por lo que se encontró una mayor frecuencia de hipoacusia en los prematuros de < 32 SDG la cual fue significativamente estadística ($p < 0.027$, chi cuadrada), gráfica 5.



En la siguiente tabla se muestra la asociación de los grados de prematuridad y su frecuencia con los diferentes grados de hipoacusia.

TABLA 11.- DISTRIBUCIÓN DE LOS OÍDOS POR GRADOS DE PREMATUREZ E HIPOACUSIA		
GRADO DE HIPOACUSIA	PREMATUROS ≥32 SDG N=65	PREMATUROS <32 SDG N=32
SUPERFICIAL	32 (49.2%)	12 (37.5%)
MODERADA	14 (21.5%)	11 (34.4%)
SEVERA	10 (15.4%)	1 (3.1%)
PROFUNDA	9 (13.9%)	8 (25%)
$X^2 = 6.386$ (p = 0.094)		

PACIENTES CON HIPOACUSIA

Los 97 oídos que tienen hipoacusia pertenecen a 60 pacientes, 37 (61.7%) tienen algún grado de hipoacusia de forma bilateral y 23 (23.3%) tienen algún grado de hipoacusia de forma unilateral.

14.- DISCUSIÓN

El paciente prematuro constituye una población de alto riesgo, con una gran probabilidad de padecer secuelas neurológicas, entre ellas hipoacusia y/o disfunción de la vía auditiva¹⁰. Los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral son una herramienta útil en el tamizaje de las vías auditivas de los pacientes con factores de riesgo como la prematurez.

Los hallazgos encontrados en los PEATC de nuestro estudio se dividieron en dos principales rubros, la fase neurológica y la fase audiológica.

FASE NEUROLÓGICA

En general, los resultados obtenidos en la fase neurológica de los PEATC de nuestro estudio indican que la conducción a través de la vía auditiva del tronco cerebral en los pacientes con antecedente de prematurez es normal al evaluarlos de acuerdo a su edad corregida, por tal motivo no se encontró diferencia significativa en las latencias I, III y V, así como en los intervalos I-III y III-V cuando se compararon los diferentes grupos por grado de prematurez. La excepción está en la medición del intervalo I-V, el cual se encuentra prolongado con mayor frecuencia en los pacientes con mayor grado de prematurez. Además se observó que la amplitud estaba más disminuida y la morfología más alterada en los pacientes con mayor grado de prematurez, cabe destacar que la totalidad de los oídos afectados para éstas dos últimas variables durante la fase audiológica se encontraron con hipoacusia, lo que explica su afectación.

La probabilidad de que el desarrollo auditivo se produzca con el mismo patrón entre los diferentes grupos de recién nacidos prematuros todavía permanece sin respuesta, ya que la mayoría de los estudios reportados en la literatura comparan a prematuros con recién nacidos a término y estos han reportado mayor afectación en los recién nacidos prematuros que en los recién nacidos a término sobre todo en las latencias, sugiriendo como principal factor biológico la diferencia del grado de mielinización (Sleifer 2007, Martins Ribeiro 2008, Casali 2010, Jiang 2015)³⁴⁻³⁷. En estos estudios mencionados, los PEATC anormales en comparación con controles podrían deberse a la influencia de complicaciones neonatales o problemas perinatales, en lugar de solo

la prematuridad como factor de riesgo. Es interesante saber que la mayoría de los pacientes prematuros reclutados en estos estudios tenían otros factores de riesgo asociados además de la prematuridad, lo que puede contribuir a demorar el proceso de maduración de la vía auditiva, por tal motivo sospechamos que existieron otros factores que pudieron influir en los pacientes que son más prematuros en nuestro estudio. Existen reportes en donde no existe diferencia en los PEATC entre recién nacidos prematuros y recién nacidos de término, siempre que la edad gestacional sea corregida (Kaga 1986)³⁸.

El único estudio que describe los hallazgos de los PEATC en los diferentes grados de prematuridad y los compara entre éstos, es el estudio de Seethapathy 2018³⁹, quien encontró una afectación similar en los diferentes grados de prematuridad para todas las variables evaluadas, incluyendo latencias, intervalos y amplitudes, no pudiendo compararse la morfología debido a que no incluyó esta variable en su estudio. Ya que los resultados obtenidos en la fase neurológica de los PEATC indican que la función auditiva del tronco cerebral en diferentes grupos de prematuros es similar si se evalúan de acuerdo a su edad corregida, la corrección de la edad gestacional mitiga los efectos de la madurez biológica sobre el desarrollo neurológico al normalizar los valores de referencia utilizados para calificar los resultados. Por lo tanto, en nuestro estudio está claro que las alteraciones más acentuadas en el intervalo I-V, la amplitud y la morfología de los PEATC a una edad corregida puede estar relacionada con la edad gestacional de los bebés prematuros y ser solo un dato de inmadurez de la vía auditiva en este grupo de pacientes.

FASE AUDIOLÓGICA

La fase audiológica de los PEATC reportó resultados más interesantes ya que el 26% de las vías auditivas evaluadas tiene algún grado de hipoacusia siendo los pacientes con mayor grado de prematuridad los más afectados. Si hablamos de pacientes, los oídos con hipoacusia pertenecen a 60 pacientes (32.2% de la muestra total), de los cuales 37 (61.7%) tienen hipoacusia de forma bilateral y 23 (23.3%) tienen hipoacusia de forma unilateral. Esta cifra es mucho mayor que la reportada por la OMS que considera que la sordera congénita afecta de uno a tres de cada 1000 neonatos y es

la causa de discapacidad neurosensorial más común en el recién nacido⁹. Y aunque la OMS considera a la prematurez como uno de los factores de riesgo más importantes para la hipoacusia congénita no genética, no reporta cifras de incidencia de hipoacusia en prematuros. Un estudio realizado por Hernández Herrera y colaboradores en el 2007⁴⁰ con población mexicana, reporta una frecuencia de hipoacusia del 5% en neonatos con factores de riesgo en donde se incluía la prematurez como uno de ellos, teniendo en nuestro estudio una mayor frecuencia de forma considerable.

Los PEATC se ha convertido en la prueba electrofisiológica más utilizada para evaluar el desarrollo funcional del tronco encefálico auditivo en lactantes, además nos permite evaluar la audición para las frecuencias altas, siendo una herramienta útil en el tamiz auditivo neonatal ya que la hipoacusia en niños debe detectarse durante el periodo prelingüístico para evitar trastornos de la comunicación. Hasta la fecha, la investigación relacionada con el desarrollo de la vía auditiva entre los diferentes grados de prematuros es escasa, por lo que nuestro estudio ayuda a comprender el desarrollo y maduración de la vía auditiva en los lactantes con antecedente de prematurez.

15.- CONCLUSIONES

Los hallazgos neurofisiológicos en los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral en los pacientes con antecedentes de prematuridad fueron valorables independientemente de la edad gestacional al nacimiento.

Con base a los hallazgos de este estudio y evaluados de acuerdo a la edad gestacional corregida, la respuesta bioeléctrica, morfología, amplitud, replicabilidad, latencias e intervalos de conducción de los PEATC en los pacientes con antecedentes de prematuridad, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos de prematuros y se mantuvieron dentro de los valores de referencia internacionales para sus edades gestacionales correspondientes.

Este estudio nos permite llegar a la conclusión de que la prematuridad no parece tener un efecto deletéreo manifiesto en el desarrollo neurológico de los PEATC, por lo tanto, el desarrollo funcional del tronco cerebral auditivo fue similar entre todos los grupos de prematuros y dentro del rango normal para la edad corregida respectiva de cada paciente.

Sin embargo se encontró que la prematuridad, produjo un incremento directamente proporcional y estadísticamente significativo ($p < 0.05$), en la frecuencia de hipoacusia para las frecuencias altas.

16.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	Mar-Jun 2018	Jul-Oct 2018	Nov 2018-Feb 2019	Mar-Jun 2019	Jul-Oct 2019	Nov 2019-Feb 2020
Búsqueda y elección del tema						
Preparación del protocolo						
Entrega y autorización						
Generación de la base de datos						
Evaluación piloto						
Evaluación formal						
Obtención de resultados						
Redacción de la tesis						
Entrega y presentación de examen						
Correcciones, impresión y entrega						
Valorar para posible redacción de un artículo para publicación						

17.- BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Purves D. Sistema auditivo. En: Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia AS, White LE, editores. Neurociencia. Quinta Edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2012: 277-301.
- 2.- Hudspeth AJ. The Inner Ear. En: Kandel E, Schwartz J, Jessell T, Siegelbaum S, Hudspeth A, editors. Principles of Neuronal Science. Fifth Edition. New York, USA: Mc Graw Hill; 2013: 654-680.
- 3.- Wilson-Pauwels L. Nervio vestibulococlear. En: Wilson-Pauwels L, Akesson EJ, Stewart PA, Spacey SD, editores. Nervios craneales en la salud y la enfermedad. Segunda Edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2003: 140-161.
- 4.- Engle WA, American Academy of Pediatrics Committee on Fetus and Newborn, Age Terminology During the Perinatal Period. Pediatrics. 2004 Nov;114(5):1362-4.
- 5.- Nacimiento prematuros, OMS actualizado el 19 de febrero de 2018; disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/preterm-birth>
- 6.- Guía de Hipoacusia Neurosensorial Bilateral e Implante Coclear, México; Instituto Mexicano del Seguro Social, 2010.
- 7.- Sordera y pérdida de la audición, OMS actualizado el 15 de marzo de 2018; disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- 8.- Clark, J. G. Uses and abuses of hearing loss classification. *ASHA*, 1981; 23: 493–500.
- 9.- Grades of hearing impairment, WHO, 2016; disponible en: http://www.who.int/topics/deafness/WHD_brochure_ES.pdf?ua=1

10.- Pérdida de la audición infantil. ASHA 2016; disponible en: <http://www.asha.org/uploadedFiles/AIS-Hearing-Loss-Childhood-Spanish.pdf>

11.- Koffler T, Ushakov K, Avraham KB. Genetics of Hearing Loss – Syndromic. *Otolaryngologic clinics of North America*. 2015;48(6):1041-1061.

12.- Vos B, Senterre C, Lagasse R, Levêque A. Newborn hearing screening programme in Belgium: a consensus recommendation on risk factors. *BMC Pediatrics* (2015) 15:160.

13.- Aithal S, Aithal V, Kei J, Driscoll C. Conductive hearing loss and middle ear pathology in young infants referred through a newborn universal hearing screening program in Australia. *J Am Acad Audiol*. 2012;23(9):673.

14.- Legatt AD. Brainstem Auditory Evoked Potentials: Methodology, Interpretation, and Clinical Application. En: Aminoff MJ, Editor. *Aminoff's Electrodiagnosis in Clinical Neurology*. Sixth Edition. California, USA: Elsevier Saunders; 2012: 519-552.

15.- Helmers SL. Brainstem Auditory Evoked Potentials in Pediatrics-Normal. En: Holmes GL, Moshé SL, Jones HR; Editors. *Clinical neurophysiology of infancy, childhood, and adolescence*. First Edition. Philadelphia, USA: Elsevier Inc; 2006: 182-205.

16.- Jiang ZD. Evoked Potentials in Pediatric Brainstem Lesions. En: Galloway GM, Editor. *Clinical Neurophysiology in Pediatrics*. First Edition. New York, USA: DemosMedical; 2016:187-213.

17.- Jewett DL, Williston JS: Auditory-evoked far fields averaged from the scalp of humans. *Brain*, 1971; 94: 681.

- 18.- Chiappa KH. Brain stem auditory evoked potentials: methodology. In Chiappa KH; editor: Evoked Potentials in Clinical Medicine. Third Edition. Raven, New York, 1997: 157.
- 19.- American Clinical Neurophysiology Society: Guideline 9C: Guidelines on short-latency auditory evoked potentials. J Clin Neurophysiol, 2006; 23:157.
- 20.- Chiappa K, Gladstone KJ, Young RR: Brain stem auditory evoked responses. Studies of waveform variations in 50 normal human subjects. Arch Neurol, 1979; 36: 81.
- 21.- Halliday AM. Evoked potentials in clinical testing. En: Evoked potentials in pediatrics. Second edition. New York. Churchill Livingstone; 1992: 489-521.
- 22.- Picton T, Taylor M, Durieux-Smith A. Brainstem Auditory Evoked Potentials in Infants and Children. En: Aminoff MJ, Editor. Aminoff's Electrodiagnosis in Clinical Neurology. Sixth Edition. California, USA: Elsevier Saunders; 2012: 553-579.
- 23.- Salamy A, McKean CM, Pettett G, Mendelson T. Auditory brainstem recovery processes from birth to adulthood. Psychophysiology 1978;15:214-220.
- 24.- Eggermont JJ. Development of auditory evoked potentials. Acta Otolaryngol 1992;112:197-200.
- 25.- Mochizuki Y, Go T, Ohkubo H, Motomura T. Development of human brainstem auditory evoked potentials and gender difference from infants to young adults. Prog Neurobiol 1983;20:273-285.
- 26.- Jiang ZD, Zheng MS, Sun DK et al. Brain stem auditory evoked responses from birth to adulthood: normative data of latency and interval. Hear Res, 1991;54:67.

- 27.- Starr A, Amlie RN, Martin WH, Sanders S. Development of auditory function in newborn infants revealed by auditory brainstem potentials. *Pediatrics*, 1977;60:831-839.
- 28.- Cox LC, Martin RJ, Carlo WA et al. Early ABRs in infants undergoing assisted ventilation. *J Am Acad Audiol*, 1993;4:13.
- 29.- Eggermont JJ. Evoked potentials as indicators of auditory maturation. *Acta Otolaryngol*, 1985;412 (Suppl):41-47.
- 30.- Allison T, Hume AL, Wood CC, Goff WR. Developmental and aging changes in somatosensory, auditory, and visual evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1984;58:14-24.
- 31.- Beiser M, Himelfarb FZ, Gold S, Shanon E. Maturation of auditory brainstem potentials in neonates and infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 1985;9:69-76.
- 32.- Eggermont JJ, Salamy A. Maturation time course for the ABR in preterm and full term infants. *Hear Res*, 1988;33:35.
- 33.- Roeser RJ, Clark JL: Clinical masking. In Roeser RJ, Valente M, Hosford-Dunn H, Editor: *Audiology: Diagnosis*. Thieme, New York, 2000: 253.
- 34.- Sleifer P, Selaimen da Costa S, Luiz Cóser P, Zubaran Goldani M, Dornelles C, Weiss K. Auditory brainstem response in premature and full-term children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2007;71:1449-1456.
- 35.- Ribeiro FM, Carvalho RM. Tone-evoked ABR in full-term and preterm neonates with normal hearing. *International Journal of Audiology*, 2008; 47:21-29.

36.- Casali RL, Colella dos Santos MF. Auditory Brainstem Evoked Response: response patterns of full-term and premature infants. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2010;76(6):729-38.

37.- Jiang ZD, Ping LL. Functional integrity of rostral regions of the immature brainstem is impaired in babies born extremely preterm. *Clin Neurophysiol* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2015.09.132>.

38.- R.R. Kaga, Kimitaka; Hashira, Shintaro; Marsh, kaga, *Br. J. Audiol.* (1986) 121–127.

39.- J. Seethapathy, P. Boominathan, A.K. Uppunda, B. Ninan, Auditory brainstem response in very preterm, moderately preterm and late preterm infants, *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* (2018), doi: 10.1016/j.ijporl.2018.06.006.

40.- Hernández-Herrera, RJ, Hernández-Aguirre, LM, Castillo-Martínez, NE, de la Rosa-Mireles, N, Martínez-Elizondo, J, Alcalá-Galván, LG, Estrella-Garza, MdC, Hernández-Núñez, R, Torcida-González, ME. Tamizaje y confirmación diagnóstica de hipoacusia. Neonatos de alto riesgo versus población abierta. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social [Internet]*. 2007;45(5):421-426.

18.- ANEXOS

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS DE IDENTIFICACIÓN Y DEMOGRÁFICOS

NOMBRE DEL PACIENTE: _____
SEXO: _____ AFILIACIÓN: _____
FECHA DE NACIMIENTO: ___/___/___ EDAD GESTACIONAL: ___ semanas
EDAD CRONOLÓGICA: ___ meses ___ semanas
EDAD CORREGIDA: ___ meses ___ semanas
FECHA QUE SE REALIZÓ EL ESTUDIO: ___/___/___

EVALUACIÓN DEL OIDO IZQUIERDO

RESPUESTA BIOELÉCTRICA: SI INTENSIDAD ___ dB NO
MORFOLOGÍA DEL POTENCIAL: NORMAL INVERSIÓN RELACIÓN V/I
REPLICABILIDAD: SI NO
AMPLITUD: NORMAL DISMINUIDA
LATENCIAS: I:___ms III:___ms V:___ms
INTERVALOS DE CODUCCIÓN I-III:___ms III-V:___ms I-V:___ms
UMBRAL DE AUDICIÓN: ___ dB
AUDICIÓN: NORMAL HIPOACUSIA

GRADO DE HIPOACUSIA

SUPERFICIAL
MODERADA
SEVERA
PROFUNDA

TIPO DE HIPOACUSIA

CONDUCCIÓN
SENSORIAL
INDETERMINADA

EVALUACIÓN DEL OIDO DERECHO

RESPUESTA BIOELÉCTRICA: SI INTENSIDAD ____ dB NO

MORFOLOGÍA DEL POTENCIAL: NORMAL INVERSIÓN RELACIÓN V/I

REPLICABILIDAD: SI NO

AMPLITUD: NORMAL DISMINUIDA

LATENCIAS: I: ____ms III: ____ms V: ____ms

INTERVALOS DE CODUCCIÓN I-III: ____ms III-V: ____ms I-V: ____ms

UMBRAL DE AUDICIÓN: ____ dB

AUDICIÓN: NORMAL HIPOACUSIA

GRADO DE HIPOACUSIA

SUPERFICIAL

MODERADA

SEVERA

PROFUNDA

TIPO DE HIPOACUSIA

CONDUCCIÓN

SENSORIAL

INDETERMINADA