



Sesión No. 6b

POTENCIALES PROVOCADOS

PROPÓSITO GENERAL

Comprender los fundamentos fisiológicos de una técnica utilizada para evaluar la integridad funcional de las vías sensoriales.

DIAGNÓSTICO PREVIO

- ¿Qué es latencia?
- ¿Qué es amplitud?
- ¿Cuáles son los requerimientos para realizar un registro de PEV en un sujeto normal?
- Describe la vía auditiva.
- Describe la vía visual.

INTRODUCCIÓN

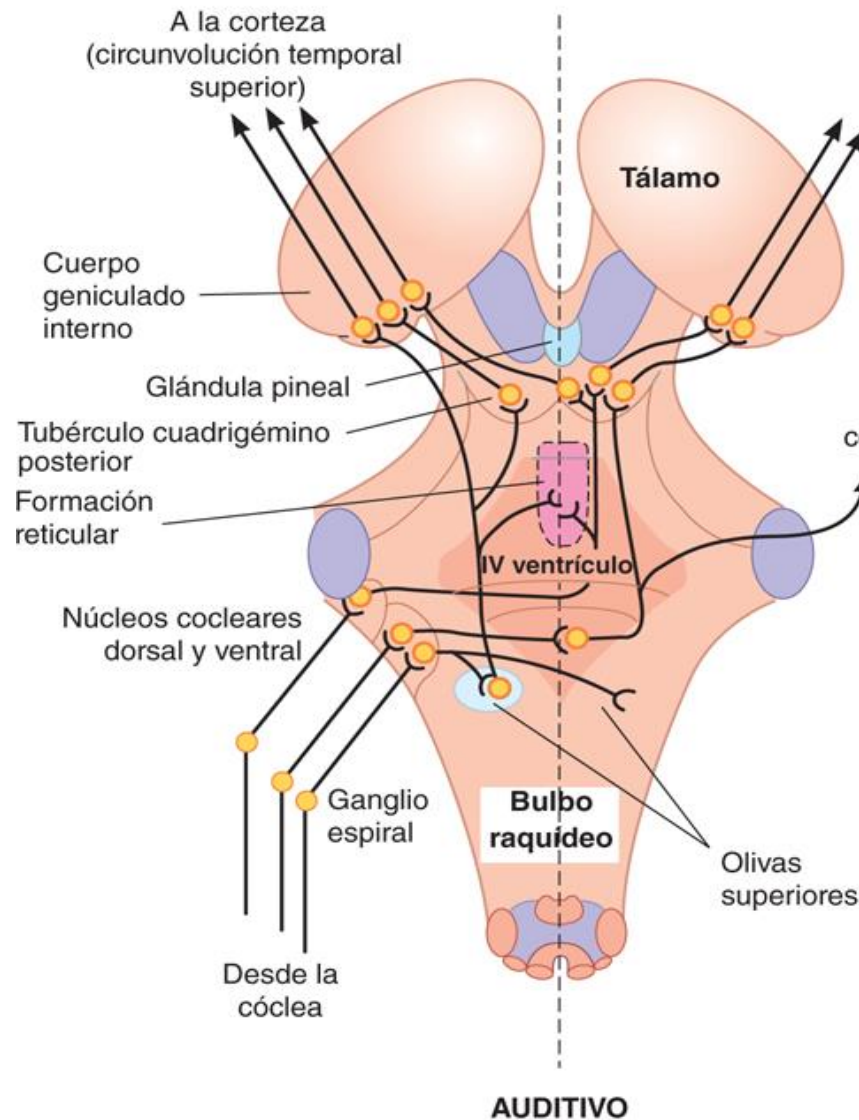
Se denomina potencial provocado¹ a la actividad eléctrica generada en el tejido nervioso como respuesta a un estímulo. Existen numerosos tipos de potenciales en función del tipo de estímulo sensorial realizado (auditivo, visual o somatosensorial).

Vía Auditiva

La vía involucrada en el procesamiento del estímulo sonoro es la **vía auditiva central** en el cual las fibras aferentes cocleares realizan sinapsis en las neuronas de los núcleos cocleares dorsales y ventrales. Estas neuronas dan lugar a axones que contribuyen a las vías auditivas centrales. Algunos de los axones procedentes de los núcleos cocleares se decusan al lado contralateral y ascienden por el lemnisco lateral, el principal tracto auditivo ascendente. Otros conectan con varios núcleos ipsilaterales o contralaterales, como los núcleos olivares superiores, que se proyectan a través de los lemniscos laterales ipsilateral y contralateral. Cada lemnisco lateral finaliza en un colículo inferior. Las neuronas del colículo inferior se proyectan hacia el núcleo geniculado medial del tálamo, que da lugar a la radiación auditiva. La radiación auditiva finaliza en la corteza auditiva (áreas 41 y 42), localizada en las circunvoluciones temporales transversales del lóbulo temporal.

¹ Si bien se ha hecho de uso rutinario el término Potenciales Evocados, el término correcto es Potenciales Provocados.





Fuente: Kim E. Barrett, Susan M. Barman, Scott Boitano, Heddwen L. Brooks: *Ganong. Fisiología médica*, 25e: www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

Para que una persona pueda percibir un sonido requiere de la activación de la vía auditiva periférica y central, encargándose la primera de la transformación de las variaciones de presión sonora que llegan al tímpano en impulsos eléctricos y la segunda de la interpretación de estos estímulos a través del SNC. La activación de la vía auditiva central se puede estudiar mediante diversas técnicas entre las cuales se encuentran diferentes potenciales provocados auditivos (PPAs). Para su clasificación existen diversos sistemas, siendo el de latencia, definido como el tiempo transcurrido (milisegundos, ms) desde la presentación del estímulo a la visualización de las respuestas el más utilizado. A partir de esta clasificación es posible agrupar a los PPAs como de latencia temprana (potencial provocado auditivo de tronco cerebral, PPAT), media y tardía.





El PEAT corresponde a un PPA de latencia temprana que nos permite evaluar respuestas eléctricas que ocurren en la vía auditiva y en estructuras del tallo cerebral como consecuencia de la aplicación de un sonido breve como un “click”, estos se aplican mediante estimuladores que se colocan en la región mastoidea y que generan estímulos en el lado a evaluar mientras enmascaran la audición del otro con ruido blanco para analizar la conducción de cada vía auditiva por separado.

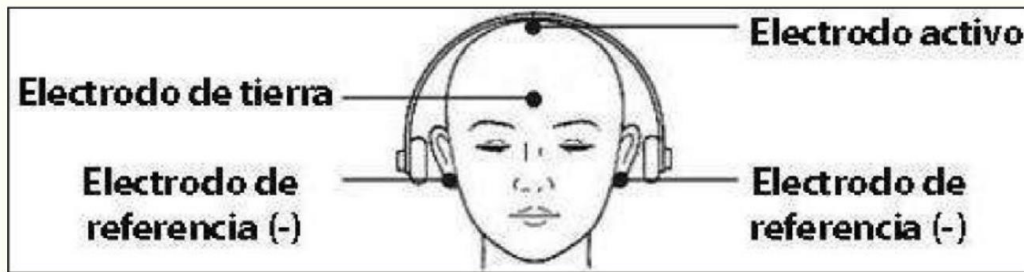
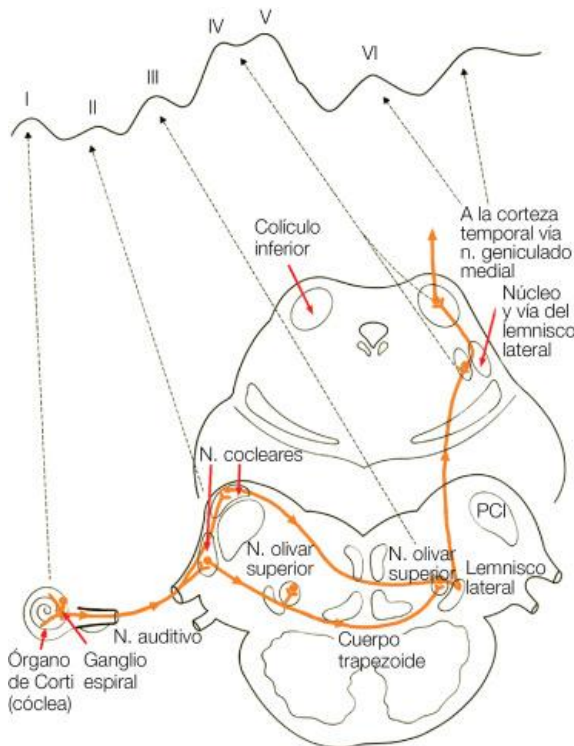


Figura 2. Localización típica de los electrodos para registrar potenciales evocados auditivos.

En cada oído se registra una serie de cinco ondas y cada una de estas ondas se corresponde con un punto distinto dentro de la vía auditiva central, se observan respuestas en los primeros 10 ms, y tienen gran utilidad clínica como herramienta para la estimación de la audición así como en el topodiagnóstico de lesiones que afectan al sistema auditivo. A continuación, se presenta un esquema:



ONDA	ORIGEN
I	Cóclea
II	Núcleos cocleares
III	Núcleo olivar superior
IV-V	Núcleos del lemnisco lateral y el colículo inferior



Los PPAs de latencia media se observan entre los 10 y 50 ms. Su utilidad clínica se encuentra relacionada principalmente con el estudio de las funciones auditivas centrales y como herramienta de neurodiagnóstico permitiendo la evaluación de estructuras como tálamo y corteza.

En el caso de los PPAs de latencia tardía éstos se observan entre los 50 a 500 ms. Este complejo se caracteriza en adultos por presentar tres componentes: P1 (peak positivo alrededor de los 50 ms), N1 (peak negativo alrededor de 100 ms) y P2 (peak positivo entre los 150-200 ms). En relación a los **posibles generadores**, estos se encontrarían dentro de la **corteza auditiva primaria y secundaria**.

Estos PPAs son de utilidad en el estudio objetivo de la discriminación auditiva de tonos y fonemas en diversas poblaciones como en autismo, usuarios de implante coclear, para evaluar la plasticidad auditiva, así como índice para el pronóstico de recuperación en pacientes en coma.¹

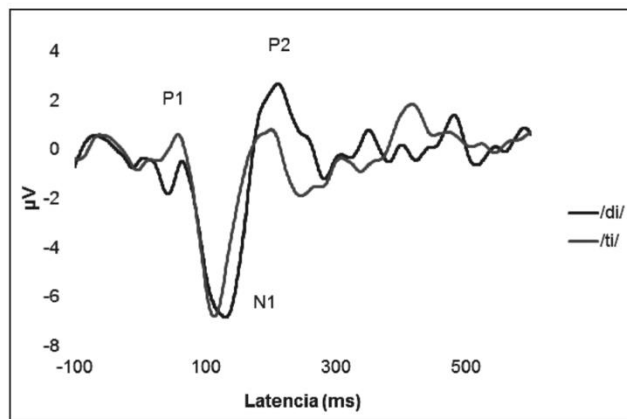
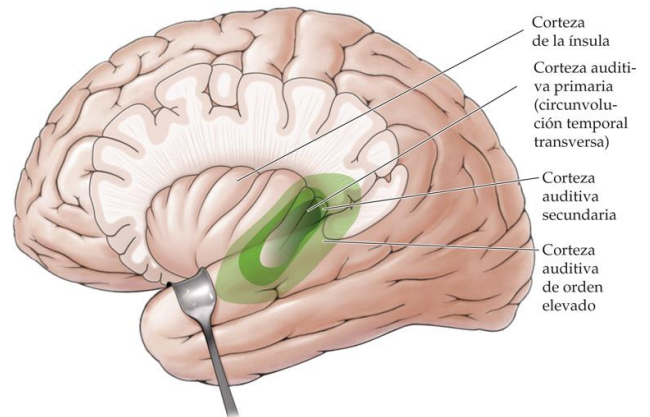


Figura 1. Complejo P1-N1-P2 (Cz) evocado por dos estímulos del habla (/di/ y /ti/) en un adulto con audición dentro de rangos de normalidad.



Fuente: John H. Martin: Neuroanatomía texto y atlas, 4e: www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

Los potenciales provocados auditivos prometen ser una valiosa técnica de apoyo para el diagnóstico y tratamiento audiológico. Sin embargo, es importante considerar que éstos por sí solos nos constituyen una herramienta única de evaluación, sino que deben ser considerados un elemento más dentro de la batería de pruebas que pueden ser utilizadas en clínica.

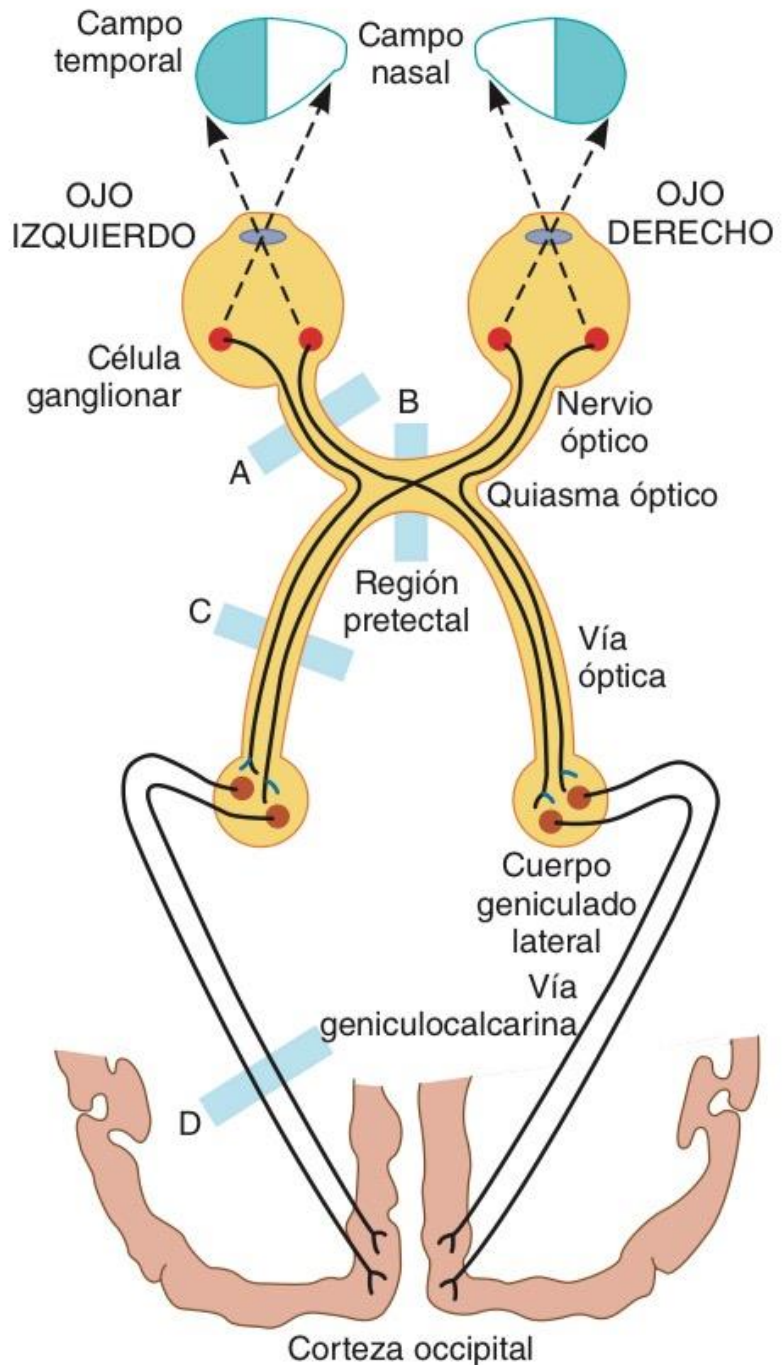


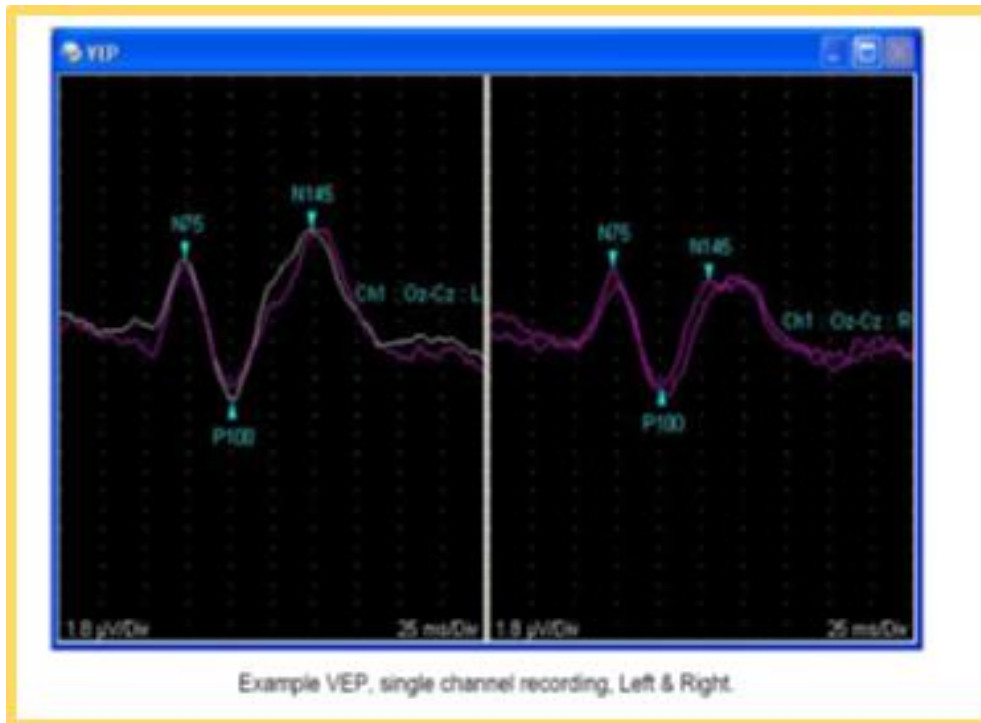
Via Visual

La vía involucrada en el procesamiento de estímulos visuales es la **vía visual** en el cual las fibras de las neuronas ganglionares de la retina forman el nervio óptico o segundo par craneal para dirigirse al quiasma óptico empaquetados en dos partes (la parte nasal y la parte temporal), en el quiasma se entrecruzan dichas fibras para dirigirse a través de las cintillas ópticas al núcleo geniculado lateral, una vez haciendo relevo en dicha región talámica pueden salir fibras conocidas como la radiación óptica dirigidas hacia el área visual primaria (Área 17 de Brodmann), secundaria y terciaria (Área 18 y 19 de Brodmann respectivamente), también esta vía tiene fibras colaterales hacia el colículo superior para regular la actividad de los núcleos de los pares III y IV para los movimientos conjugados.

En los PPV PATTERN (Cuando se usa el estímulo en forma de tablero de ajedrez) se identifican normalmente tres picos, con variación sucesiva de la polaridad negativa-positiva-negativa respectivamente, con latencias de los picos de 70 ms, 100 ms y 135 ms

La P-100, o primera positividad que ocurre en latencia alrededor de los 100 ms, es la más constante y útil en el estudio clínico. Su latencia normal varía entre 89 y 114 ms con una amplitud de 3-21 uV. y un rango de diferencia máxima entre los dos ojos de 6 ms.





Defined Measurements

Trace	N75 (ms)	P100 (ms)	N145 (ms)	N75-P100 (µV)
Results for Right Side → Ch1 : Oz-Cz : R	72.3	101.2	128.9	11.18
Results for Left Side → Ch1 : Oz-Cz : L	73.4	101.2	148.0	13.39
Calculated L - R Values → L-R	1.2	0.0	19.1	2.21

METODOLOGÍA

Materiales
1. Electromiógrafo con programas de captura y registro para Potenciales provocados
2. Electrodo de superficie (activo-referencia-tierra)
3. Gel conductor
4. Algodón y alcohol
5. Manual operativo del equipo



MÉTODOS

Actividad 1.

Tomar un registro de Potenciales Provocados Auditivos y Visuales en condiciones normales.

Actividad 2.

Divida al grupo en dos equipos, uno encargado de diseñar un experimento que permita, modificar algunas condiciones iniciales del sujeto y elaborar hipótesis sobre como esto afectaría el registro de los PPV o PPA. Aplicar sus conocimientos sobre fisiología para resolver el problema.

A continuación, se presenta la metodología para la realización de la prueba de PPA

1. Condiciones del Sujeto de experimentación. - El voluntario deberá encontrarse en reposo, tranquilo y confortable.
2. Electrodo. - Los electrodos que se colocan sobre la piel, la cual deberá limpiarse para que la impedancia sea menor de 5 000 Ohms, y siguiendo la técnica 10-20 para EEG, electrodo activo en M1 y M2 respectivamente dependiendo cuál sea el lado estimulado (el registro se hace ipsilateral al estímulo) con referencia a Cz y un electrodo de tierra que puede ser colocado en Fpz.



Figura 1. Localización típica de los electrodos para registrar potenciales evocados

1. Estimulo: Para la estimulación se usarán estímulos tipo click de breve duración (100 microsegundos), con una frecuencia de estimulación de 11.1 Hz para la fase neurológica y 33.1 Hz para la fase audiológica, una ventana de análisis de 10 milisegundos (ms) para la primera y 20 segundos para la segunda, Filtros de baja frecuencia (pasa altas) en 150 Hz, de alta frecuencia (pasa bajas) en 3000 Hz, con 1000 promediaciones para cada respuesta obtenida, realizando réplica para cada oído estimulado. En la fase audiológica disminuyendo la intensidad de 10 en 10 dB hasta encontrar el umbral para cada oído. (la mínima intensidad en donde se evoca la onda V).
2. Localización de electrodos. La localización que se usa consiste en dos electrodos de referencia (en el lóbulo de cada oreja), un electrodo de tierra (en el nasion) y un electrodo activo (en el vertex, Cz).



Antes de iniciar, asegúrese que el paciente se encuentra cómodo (sentado o en decúbito dorsal) y siempre atento a la aplicación del estímulo.

- Inicie el programa de registro.
- Los filtros pasabanda se encontrarán en 10-30 Hz y en 2,500-3,000 Hz (-3 dB) (en el Manual Operativo se definen los filtros y su operación básica).
- Asegure que el registro esté libre de ruido eléctrico (aterrice de manera adecuada el equipo).
- Defina dos canales de registro. El canal 1 será para el oído ipsilateral a Cz, e l canal 2 para el contralateral.
- Registre la actividad eléctrica durante un minuto sin estimulación y verifique que el nivel de ruido eléctrico sea mínimo.
- Coloque los audiófonos en el sujeto y aplique un estímulo auditivo de frecuencia e intensidad conocidas en un oído.
- Se usarán estímulos con las siguientes frecuencias: 5 Hz, 10 Hz, 100 Hz y 200 Hz.
- La intensidad del sonido deberá ser ajustada para cada sujeto y estará entre 40 y 80 dB.
- La respuesta normal es una serie de ondas en un intervalo de 10 ms.
- Puede aplicar un sonido blanco (ruido blanco de enmascaramiento en el oído contralateral al estimulado).
- Una vez registrada la respuesta a un estímulo auditivo almacénela en la computadora.
- Aplique el resto de las frecuencias de estimulación y almacene cada una de ellas.
- Repita el procedimiento anterior en el otro oído.
- Repita el proceso anterior para estimulación binaural.
- Entre cada tren de estímulos deje descansar al sujeto durante 5 minutos.

A continuación, se presenta la metodología para la realización de la prueba de PPV

1. Condiciones del Sujeto de experimentación. El sujeto se sienta cómodamente en una silla, frente a la pantalla de Computadora (instalada a 85 cm del nasión).
2. Se cubre con un parche negro el ojo que no va a ser examinado. Previo a la realización del examen se le hace un chequeo de la agudeza visual. Si el sujeto lleva gafas de corrección, el examen de PPV se hace con éstas.
3. La respuesta evocada se registra mediante la colocación de electrodos en el área occipital. Se emplea el montaje de Halliday con un mínimo de 5 electrodos colocados de la siguiente forma: el electrodo central en la línea media, a 5 cm por encima del inión; los demás electrodos desde aquel punto lateral 5 y 10 cm a cada lado; estos registran las respuestas de cada hemisferio. Como referencia, se utiliza un electrodo colocado en FZ del sistema 10-20 y un electrodo de tierra se coloca en el lóbulo de una de las orejas del sujeto o bien en FPZ (del sistema 10-20) (Figuras 2 y 3). La impedancia de los electrodos se mantiene estrictamente por debajo de los 5.000 Ohm. Después de la colocación de los electrodos, se procede a oscurecer el cuarto de examen.





4. La técnica para la obtención de los PPV consiste en aplicar un estímulo visual de patrón de cuadros reversibles en un tablero de ajedrez que aparece en la pantalla, en el cual el cuadro blanco se vuelve negro y el negro se vuelve blanco con una frecuencia de 2 en un segundo. Este estímulo se presenta por separado en cada ojo al campo visual completo, a cada uno de los hemisferios y al campo central.

5. La respuesta recogida por los electrodos es amplificada 33.000 veces y filtrada a 0.1-200 HZ. Se promedian 100 barridos de 320 mseg de duración. Si durante el registro de las respuestas aparecen artefactos (la señal análoga, EEG), el examinador puede interrumpir manual o automáticamente la interferencia.

6. Para garantizar la exactitud de las respuestas se realiza un mínimo de 2 ensayos prueba.

Procedimiento:

1. Se realiza la exploración de cada ojo por separado, por lo que se ocluye alternativamente cada uno de los ojos con un cartón obscuro, dejando libre el ojo que va a ser estimulado.
2. La estimulación inicia cuando los cuadrados comienzan a alternarse rítmicamente de forma y color, según una frecuencia establecida, quedando fijo el punto guía en el centro de la pantalla (Figura 4).
3. Se suelen utilizar dos series de cien estímulos por cada ojo y en dos frecuencias espaciales diferentes para el tablero de ajedrez, es decir, una frecuencia baja con cuadrados grandes y en menor número y una frecuencia alta con cuadrados más pequeños y en mayor número.
4. Se le pide a la persona que mire fijamente al punto guía al centro de la pantalla, procurando no perderlo de vista ni distraerse con el movimiento alterno de los cuadrados, debiendo permanecer atento y concentrado.

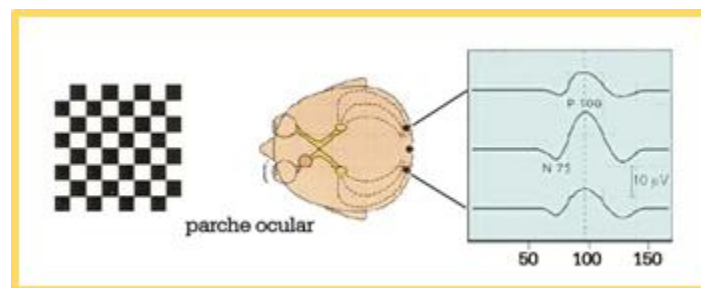


Fig. 2. PPV de patrón en un ojo

Normal (Manual Sierra Wave).

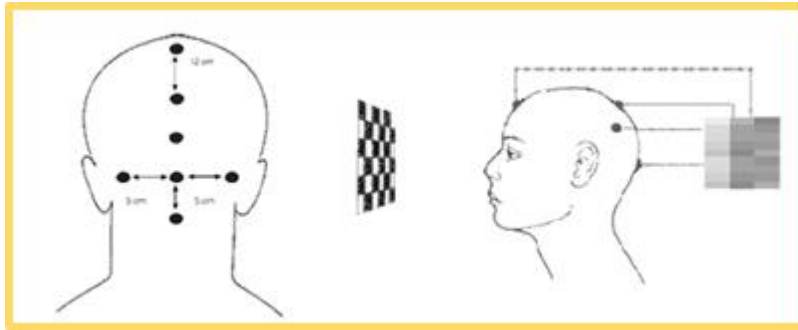


Fig. 3. Localización Posterior de los electrodos en los PPV
(Manual Sierra Wave).

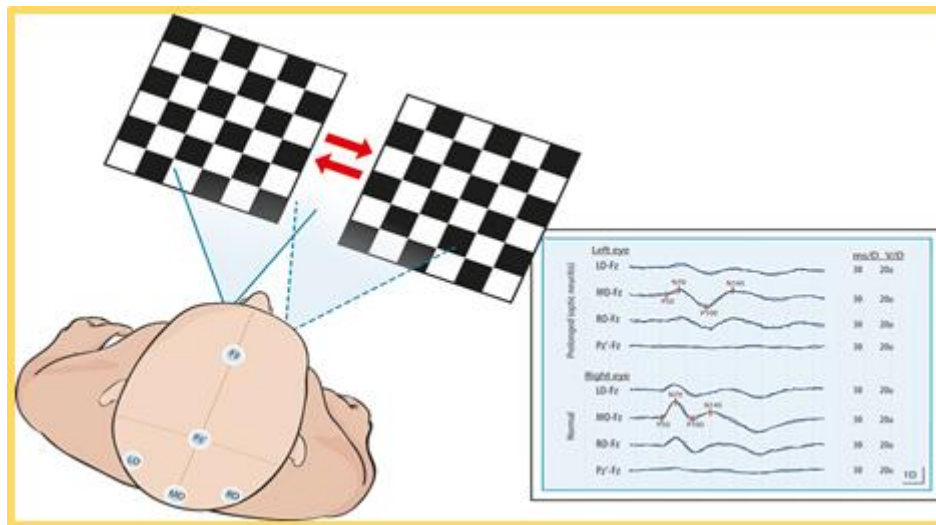


Fig.4. Registro de Potenciales Provocados Visuales (Manual Sierra Wave)

RESULTADOS DE LA PRÁCTICA

Como resultados de la práctica el estudiante obtendrá registros neurofisiológicos que deberá interpretar y analizar según las variables que quiera estudiar.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar la práctica el estudiante será capaz de:

- Integrar los conocimientos básicos de las vías sensitivas visuales y auditivas.
- Analizar y relacionar las diferentes ondas con el posible generador dentro de las vías auditivas y visual.
- Realizar un registro, identificar sus componentes y relacionarlo con cada vía explorada.



MECANISMOS Y FORMAS DE EVALUACIÓN

Los mecanismos y formas de evaluación son un criterio libre para cada docente, sin embargo, se recomienda que el docente se centre en diseñar su evaluación con base en los resultados de aprendizaje.

Ejemplo: Mapas mentales, esquemas, exposición práctica, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Berne & Levy. Fisiología. 7ª Edición. Madrid: Elsevier. 2018
2. Ganong. *Fisiología Médica*. Barret, Barman, Boitano & Brooks. 25ª Edición. México: Mcgraw-Hill Interamericana. 2016.
3. S, O. C. (2014). Potenciales evocados auditivos de corteza: Complejo P1-N1-P2 y sus aplicaciones clínicas. *Revista De Otorrinolaringología Y Cirugía De Cabeza Y Cuello*, 74(3), 266-274. doi:10.4067/s0718-48162014000300012
4. Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum & Hudspeth. *Principles of neural Science*. 5ª Edición. Mcgraw-Hill. 2012.
5. Zarranz, J. J. (2013). *Neurología*. Madrid: Elsevier.
6. Adams Principios de Neurología

P
r
á
c
t
i
c
a

r
e
v
i
s
a
d
a

p
o
r

D
r
.

V
i
t
o

H
e
r
n
á
n
d
e
z

