



Fisiología del sistema auditivo y visual

Propósito general

Analizar las vías auditiva y visual incluyendo las conexiones centrales.

Propósitos específicos

Explicar los mecanismos de codificación de la información visual a nivel retina.

Comprender la conectividad e interacciones sinápticas de los fotorreceptores.

Describir las vías de transmisión de la información visual de la retina a la corteza visual.

Identificar los receptores y las fibras nerviosas aferentes que sustentan la vibración, el tacto discriminatorio, el sentido de la posición de la articulación, la termorecepción y la nocicepción y sus conexiones con la corteza cerebral.

Comprender el análisis de frecuencia realizado por la cóclea en función de sus propiedades físicas.

1. Introducción

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

Vía auditiva

La vía involucrada en el procesamiento del estímulo sonoro es la vía auditiva central, en la 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.

Para que una persona pueda percibir un sonido requiere de la activación de la vía auditiva periférica y central, la primera se encarga 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 en el SNC. La activación de la vía auditiva central se puede estudiar mediante potenciales provocados auditivos (PPAs). El parámetro más utilizado para evaluarlos es el tiempo de latencia, definido como el tiempo transcurrido (ms) desde la presencia del estímulo a la visualización de la respuesta. A partir de esta clasificación es posible agrupar a los PPAT (potencial provocado auditivo de tronco cerebral) de latencia temprana, media y tardía.

El PEAT corresponde a un PPA de latencia temprana que nos permite evaluar la vía auditiva. Para hacerlo se utiliza como estímulo un sonido breve como un “clic”, generados por un estimulador que se coloca en la región mastoidea. El estímulo se aplica en el lado a evaluar mientras se enmascara la audición del otro lado con ruido blanco. La ventaja de este método es que permite evaluar cada vía auditiva por separado.

En cada oído se registra una serie de cinco ondas y cada una de ellas 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.

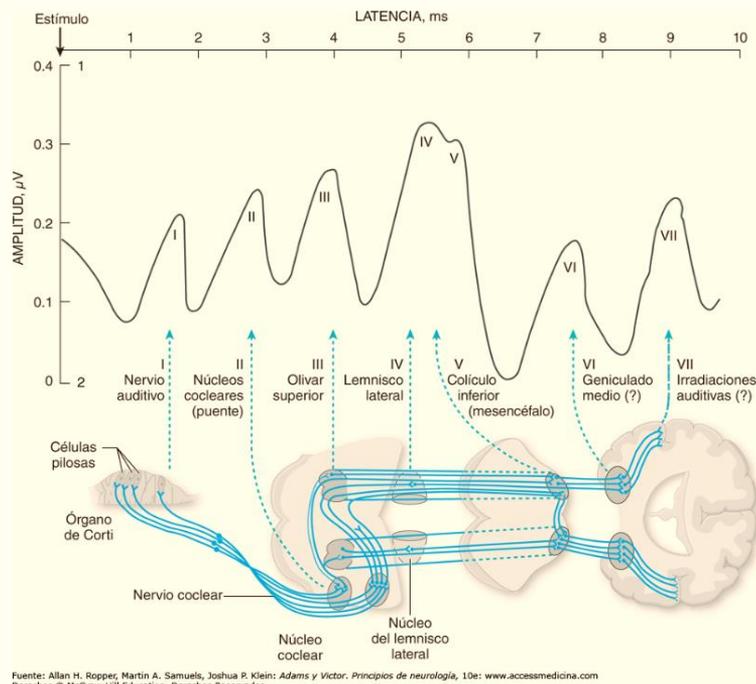


Fig. 1. Relación vía auditiva-respuesta eléctrica. PPA de latencia temprana.

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, permite la evaluación de estructuras como el tálamo y la corteza.

Los PPAs de latencia tardía 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 con los posibles generadores, estos se encontrarían dentro de la corteza auditiva primaria y secundaria. Estos PPAs son de utilidad en el estudio

de la discriminación auditiva de tonos y fonemas en poblaciones con autismo, usuarios de implante coclear, para evaluar la plasticidad auditiva, además se pueden utilizar como índice para el pronóstico de recuperación en pacientes en coma.

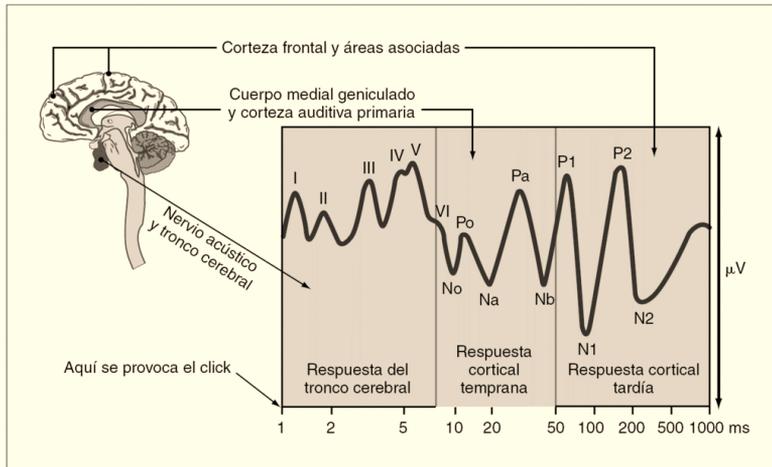


Fig. 2. Integración de PPA de respuesta temprana a tardía.

Los potenciales provocados auditivos prometen ser una valiosa técnica de apoyo para el diagnóstico y tratamiento audiológico. Sin embargo, es importante considerar que por sí solos no 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.

Vía visual

En la vía visual las fibras de las neuronas ganglionares de la retina forman el nervio óptico o segundo par craneal, que se dirige al quiasma óptico empaquetados en dos partes (la parte nasal y la parte temporal), en el quiasma se entrecruzan y dirigen a través de las cintillas ópticas al núcleo geniculado lateral, una vez haciendo relevo en dicha región talámica pueden salir fibras conocidas como radiación óptica que van 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 μ V. y un rango de diferencia máxima entre los dos ojos de 6 ms.

2. 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

3. Actividades en la sesión

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.

Metodología para la prueba de PPA

1. Condiciones del sujeto de experimentación: El voluntario debe encontrarse en reposo, tranquilo y confortable.
2. Condiciones del registro: Los electrodos que se colocan sobre la piel limpia (favorece una impedancia menor de 5 000 Ohm) siguiendo la técnica 10-20 para EEG, el electrodo activo en posición M1 y M2, dependiendo cual sea el lado estimulado (el registro se hace ipsilateral al estímulo), el electrodo de referencia se coloca en Cz y el de tierra en Fpz.

Características del estímulo:

Se usan estímulos tipo *clic* de breve duración (100 μ s), con una frecuencia de estimulación de 11.1 Hz para la fase neurológica y 33.1 Hz para la fase audiológica, la ventana de análisis es de 10 ms para la primera y 20 s para la segunda, se utilizan filtros de baja frecuencia (pasa altas) en 150 Hz y de alta frecuencia (pasa bajas) en 3000 Hz. Se obtiene un trazo promedio (de 1000 respuestas obtenidas), además se recomienda realizar una réplica para cada oído a evaluar.

Se recomienda encontrar el umbral de cada oído, para lo cual, en la fase audiológica se disminuye intensidad de 10 en 10 dB hasta encontrar el umbral para cada oído (la mínima intensidad en donde se evoca la onda V).

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 nasión) 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 pasa baja se encontrarán en 10-30 Hz y en 2,500-3,000 Hz (-3 dB).

- Asegure que el registro esté libre de ruido eléctrico.
- Defina dos canales de registro. El canal 1 es para el oído ipsilateral a Cz, el 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 uno de los oídos.
- Use estímulos con las siguientes frecuencias: 5 Hz, 10 Hz, 100 Hz y 200 Hz.
- Ajuste intensidad del sonido para cada sujeto entre 40-80 dB.
- Verifique la respuesta fisiológica del individuo (regularmente se observa 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.
 - Entre cada tren de estímulos deje descansar al sujeto durante 5 minutos.
- Repita el proceso anterior para estimulación binaural.

Metodología para 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. 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. Se cubre con un parche negro el ojo que no va a ser examinado.

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 inion; 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 (lo mejor posible).

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 de la computadora, en el cual el cuadro blanco se vuelve negro y el negro se vuelve blanco con una frecuencia de 2 cambios en un segundo. Este estímulo se presenta por separado en cada ojo al campo visual completo, a cada uno de los hemicampos 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 ms de duración.

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.

3. Se suelen utilizar dos series de 100 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 (centro de la pantalla), procurando no perderlo de vista ni distraerse con el movimiento alterno de los cuadrados, debiendo permanecer atento y concentrado.

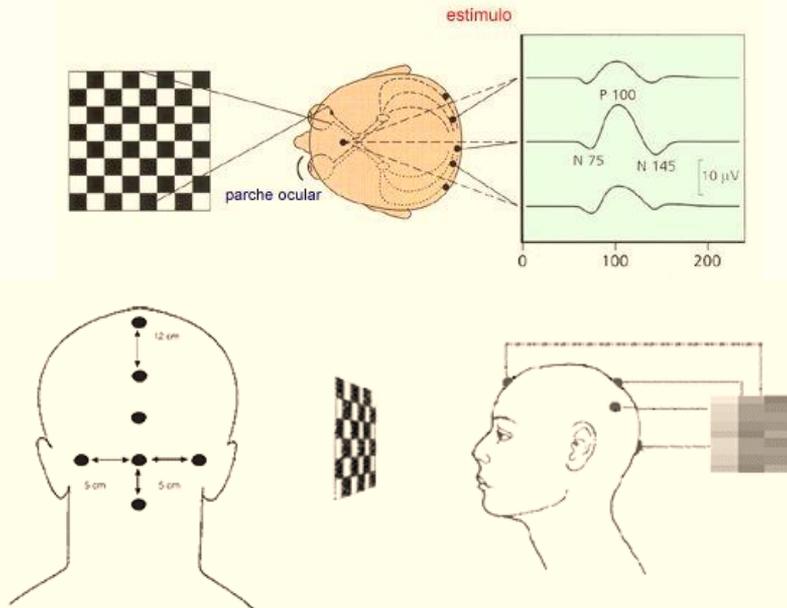


Fig. 4. Localización Posterior de los electrodos en los PPV

4. Referencias

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),



CC BY

Esta obra está bajo una
Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional