



# EVALUACIÓN ELECTRODIAGNÓSTICA DEL SISTEMA VISUAL

## AUTOR

**Thomas Salmon:** Northeastern State University, USA

## PAR REVISOR

**Scott Steinman:** Southern California College of Optometry, USA

## ESTE CAPÍTULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Electro oculograma (EOG)
- Electro retinograma (ERG)
- Potenciales Visuales Evocados (PVE)

## INTRODUCCIÓN

El sistema visual utiliza impulsos eléctricos para transmitir datos desde los foto receptores a otras neuronas, y, finalmente, al cerebro. Por lo tanto, una manera de estudiar y evaluar el sistema visual es medir su actividad eléctrica. Las pruebas PVE y ERG miden los potenciales eléctricos brutos del sistema visual; es decir, miden la respuesta eléctrica de las principales partes del sistema visual. Las pruebas de electro diagnóstico proporcionan información importante sobre el sistema visual y pueden ayudar a diagnosticar ciertas enfermedades, especialmente las que afectan a la retina o el nervio óptico. Los tres tipos principales de pruebas de electro diagnóstico son:

- EOG (electro oculograma)
- ERG (electro retinograma)
- PVE (potenciales evocados visuales)

Cada prueba evalúa un fenómeno eléctrico diferente y se utiliza para el diagnóstico de diferentes condiciones.

## ELECTRO OCULOGRAMA (EOG)

Las neuronas y los músculos del ojo normalmente almacenan pequeñas cargas eléctricas dentro de sus células y es posible medir la carga eléctrica neta del ojo. Normalmente, el ojo tiene una carga eléctrica ligeramente más positiva en la parte anterior y una carga más negativa en la parte posterior, como se muestra en la Fig. 16-1 de Schwartz, 2004. El EOG mide la diferencia de carga eléctrica entre la parte anterior y posterior del ojo. La diferencia entre la parte anterior y posterior del ojo es de aproximadamente 6 mV, pero variará dependiendo del estado de adaptación del ojo y en la presencia de ciertas enfermedades.

## ELECTRO OCULOGRAMA (EOG) (CONTINUACIÓN)

El procedimiento de prueba del EOG se ilustra en las Figs. 16-1 y 16-2 de Schwartz, 2004.

- Se colocan los electrodos en la piel cerca del canto interno y externo
- El sujeto mira a derecha e izquierda, mientras se registra el cambio de potencial eléctrico
- El valor del EOG es la diferencia en la carga eléctrica entre la parte anterior (+) y posterior (-) del ojo

Se empieza por dejar que el paciente se adapte a la oscuridad durante unos 10 minutos mientras se registra. Las luces del consultorio se encienden y se continúa registrando mientras el paciente se adapta a la luz. La diferencia de voltaje entre la parte anterior y posterior del ojo varía en función de la adaptación a la luz o a la oscuridad y de la salud del ojo.

La Fig. 16-3 de Schwartz, 2004, muestra una grabación de un EOG.

- La carga eléctrica alcanza un mínimo (**a través de la oscuridad**) después de aproximadamente 8 minutos en la oscuridad. Esto puede indicar la actividad del EPR
- Se alcanza un máximo (**activación con la luz**) después de unos 15 minutos en la luz. Esto puede indicar la actividad de los foto receptores
- A partir de este cálculo la **relación de Arden**:

$$(\text{Relación de Arden}) = \frac{(\text{activación con la luz})}{(\text{A través de la oscuridad})} \times 100$$

EOG Anormal < 165%

El EOG ya no se utiliza mucho, pero en gran medida ha sido suplantado por el ERG. Algunas enfermedades de la retina, sin embargo, pueden ser diagnosticadas por el EOG pero no el ERG. Algunos ejemplos son la enfermedad de Stargardt (fondo flavimaculatus), la distrofia en mariposa y la enfermedad de Best (distrofia viteliforme).

## ELECTRO RETINOGRAMA (ERG)

El ERG mide la respuesta de toda la retina expuesta a la luz (principalmente las capas externas). El voltaje medido es sólo aproximadamente de 1 mV, que es menor que el potencial medido por el EOG. Hay varios tipos de los procedimientos de ERG.

- El ERG estándar de campo lleno inunda toda la retina con un solo destello
- El ERG de centelleo expone la retina a una luz centelleante
- El ERG focal expone un área limitada de la retina
- El ERG multifocal evalúa un gran número de lugares discretos en la retina utilizando un objetivo en forma de panal en el que ciertas facetas de la matriz se encienden y desactivan (Figura 16-7 de Schwartz, 2004). Esto pone a prueba muchas pequeñas áreas de la retina por separado, y se registran pequeños ERG para cada lugar de la retina. Esto se puede utilizar para diagnosticar la salud de una parte de la retina
- El ERG de patrón (PERG) proyecta un pequeño tablero de ajedrez en la retina. El PERG utiliza una contrafase de tablero de ajedrez centelleante o un patrón de rejilla como se muestra la Fig. 16-8 de en Schwartz, 2004. Se diferencia de los ERG estándar y de centelleo en que registra la respuesta de la retina, no a la simple iluminación, sino con los cambios en el contraste. Mientras el ERG estándar parece proceder de la actividad eléctrica en la retina externa, el PERG parece provenir de las capas internas de la retina. También hay una prueba de ERG de patrón focal, lo que limita las pruebas a un área más pequeña de la retina.

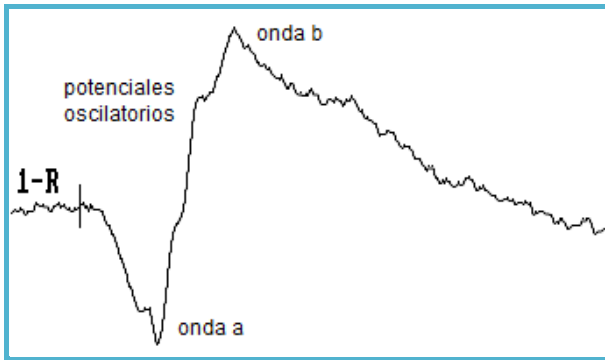


Figura 27-1: Curva del ERG estándar

La Figura anterior 27-1, muestra una lectura típica de una prueba ERG estándar. Véase también la figura 16-4 de Schwartz. La onda muestra la respuesta eléctrica registrada a un solo destello de luz brillante, con el tiempo a lo largo del eje x. Las características importantes son la onda a negativa, seguida de la onda b positiva y otros componentes que no se muestran. Las ondas a y b separadas son generadas por los sistemas fotópico y escotópico. La onda a negativa se asocia con los foto receptores. La onda b proviene de las células gliales de Müller y los foto receptores. Los potenciales oscilatorios se refieren a pequeñas protuberancias en la parte ascendente de la onda b y pueden ser evaluados para diagnosticar la hipoxia retiniana, como podría ocurrir en la retinopatía diabética.

La respuesta del ERG a una luz centelleante es una serie repetitiva de ondas, que se componen de patrones que se repiten de la forma de onda que se muestra en la Figura 27-1.

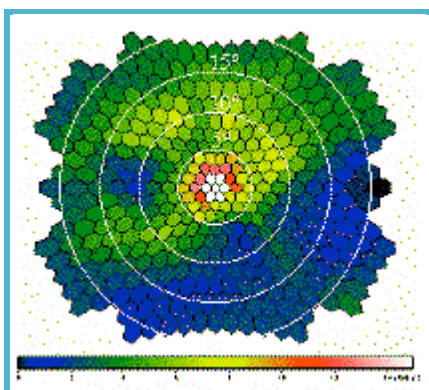


Figura 27-2: Mapa de colores de un ERG multifocal

Dependiendo de las condiciones de estímulo (adaptación a la oscuridad / luz, estímulo de color (Fig. 27-2), la luminancia, duración, etc), el ERG se puede configurar para enfocar el sistema escotópico, el sistema fotópico o ambos. En el diagnóstico de las enfermedades, se comparan las magnitudes de las ondas a y b, sus cursos en el tiempo y el patrón de respuesta con una respuesta normal.

La **Sociedad Internacional de Electrofisiología Clínica de la Visión (ISCEV)** ha establecido un protocolo estándar para las pruebas de ERG que simplifica enormemente el procedimiento. Pasa a través de los siguientes pasos, utilizando un destello (flash) o centelleo de luz blanca:

Adaptación a la oscuridad antes de la prueba

- Paso 1: Un solo destello con una luminancia de 0,01 cd / m<sup>2</sup> (25 dB). Esto pone a prueba la respuesta del bastón adaptado a la oscuridad
- Paso 2: Un solo destello con una luminancia de 1,5 a 3,0 cd / m<sup>2</sup> (0 dB). Esto mide una respuesta de bastones y conos combinada
- Paso 3: Repite un solo destello de 1,5-3,0 cd / m<sup>2</sup> (0 dB). El computador aísla los potenciales oscilatorios
- Adaptación a la luz durante tres minutos para saturar los bastones
- Paso 4: Un solo destello en 1,5-3,0 cd / m<sup>2</sup>. Esto mide una respuesta sólo del cono
- Paso 5: centelleo de luz a 30 Hz con una luminancia de 1,5 a 3,0 cd / m<sup>2</sup> (0 dB)

El ERG estándar es más útil para la detección de enfermedades de la retina periférica, tales como la retinitis pigmentosa. Debido a que la fóvea ocupa un área muy pequeña de la retina, contribuye poco al ERG. Por lo tanto, que no se usa el ERG para diagnosticar enfermedades maculares.

## POTENCIALES VISUALES EVOCADOS (PVE)

Esta prueba también se conoce como el potencial visual evocado (PVE), o potencial cortical evocado visualmente (PCVE). Este registra el muy pequeño cambio en el voltaje ( $\sim 5\mu\text{V}$ ) en la corteza visual (lóbulo occipital) en respuesta a un estímulo luminoso. Como la corteza visual cercana al polo occipital está dominada por la información de la fovea, esta es una prueba fundamentalmente para las enfermedades que afectan la **visión central**. Cualquier condición que afecte a la señal neural entre la fovea y la corteza visual puede afectar los PVE. Es decir, cualquier cosa que cause mala agudeza visual (central) provocará una respuesta disminuida de los PVE. Los PVE se pueden utilizar para lo siguiente:

- Enfermedad del nervio óptico. Por ejemplo, si la retina parece normal a la oftalmoscopia pero el paciente tiene una visión reducida, puede ser causada por la neuritis óptica. Por ejemplo, los PVE puede ayudar a diagnosticar la esclerosis múltiple (MS), que puede causar neuritis óptica
- Para evaluar objetivamente la agudeza visual o sensibilidad al contraste en pacientes que no responden. Los PVE a veces se utilizan para **examinar la visión en infantes**, aunque puede sobreestimar la agudeza visual. Esto se logra mediante el registro de los PVE mientras el bebé observa un patrón de tablero de ajedrez alternante. El tamaño de los cuadrados se puede ajustar para probar diferentes niveles de la agudeza visual
- Para el diagnóstico de la simulación o la histeria. Algunos pacientes dicen o piensan que ven muy mal, pero si se sospecha simulación, se puede comprobar la agudeza visual de manera objetiva con los PVE. Sin embargo, es difícil medir una agudeza visual mejor de 20/40 con los PVE

Cualquier enfermedad que afecta la información neural entre la fovea y la corteza visual puede afectar los PVE. Se debe tener en cuenta que el diagnóstico con los PVE no es específica –los PVE por sí solos no puede diagnosticar el sitio de la anomalía entre la fovea y la corteza visual. Cualquier cosa que afecte la calidad de imagen de la retina (tal como un defecto refractivo no corregido, o catarata) también puede reducir la respuesta PVE. La ambliopía también disminuye los PVE.

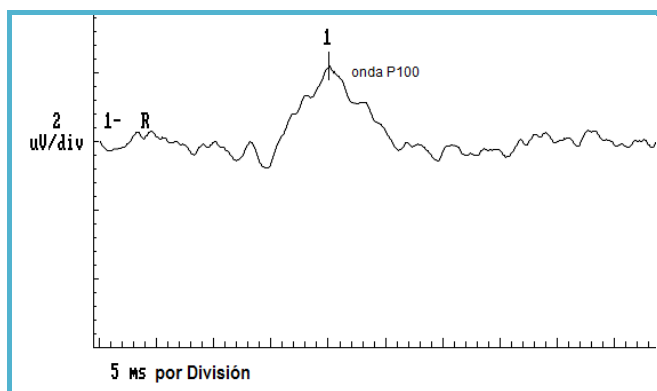


Figura 27-3: Registro de los PVE

Los datos de una prueba de flash de PVE se registran como una forma de onda similar a la mostrada en la Figura 27-3. El eje y indica el voltaje de la respuesta y el eje x representa el tiempo después del flash. La característica más importante es el pico, conocido como la onda P100. Normalmente se produce a alrededor de los  $100 \pm 10$  milisegundos. Esta duración de tiempo se conoce como el **tiempo implícito**. Unos PVE anormales mostrarían una amplitud P100 más pequeña de lo normal y el tiempo implícito más largo de lo normal. Antes de diagnosticar los resultados, se debe haber calibrado el instrumento y establecido las normas para ese equipo en particular.

Tabla 27-1: Resumen de las pruebas electro diagnósticas

PRUEBA	QUÉ SE MIDE?	EJEMPLOS DE USO	COMENTARIOS
EOG	Carga eléctrica del todo el ojo	Enfermedades de Stargardt, Best	Relación de Arden
ERG (estándar)	Toda la retina, respuesta eléctrica al estímulo visual de la capa más externa	RP, ceguera nocturna, anomalía de bastones vs. conos	Flash o centelleo, patrón multifocal

PVE	Respuesta de la corteza visual a la información de la fovea	DMRE, neuritis óptica, ambliopía, visión del infante, simulación	El CPVE flash o centelleo (estado estable) con patrón; no específico
-----	---	--	--

El Capítulo 16 de Borish, 2006, también comprende la evaluación Electro diagnóstica.

## LECTURAS/REFERENCIAS SELECCIONADAS

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- Benjamin WJ (ed). **Borish's Clinical Refraction, 2nd Edition**. Butterworth-Heinemann, Philadelphia, 2006