



TESTS DE ELECTRODIAGNÓSTICO

AUTOR

Luigi Bilotto: Brien Holden Vision Institute

PAR REVISOR

James Loughman: Dublin Institute of Technology

INTRODUCCIÓN

Este capítulo incluirá una revisión de :

- Electrorretinograma (ERG)
- Potenciales visuales evocados (PEV)
- Electrooculografía(EOG)

ELECTRORRETINOGRAMA (ERG)

El electroretinograma es un método que registra las señales eléctricas (**potencial de campo**) generado por una función visual de la superficie corneal. El ERG registra la suma de los potenciales eléctricos que se originan de las capas de la retina. El ERG es una herramienta diagnóstica útil cuando el estado visual de un paciente está reducido, ya que brinda una medida de la integridad retiniana. En ciertas condiciones patológicas, las anomalías en el ERG pueden presentarse antes de la reducción de la AV o antes de signos oftalmoscópicos.

Los componentes retinianos, los fotorreceptores (Fig.16.1a), células horizontales y bipolares, células de Müller y el EPR, responden a cambios en el gradiente de concentración del potasio extracelular y por tanto, contribuye a la actividad eléctrica retiniana. La actividad neuronal generada por los componentes de la retina crea un patrón complejo de ondas (Fig 16.1b) que puede registrarse un equipo eléctrico.

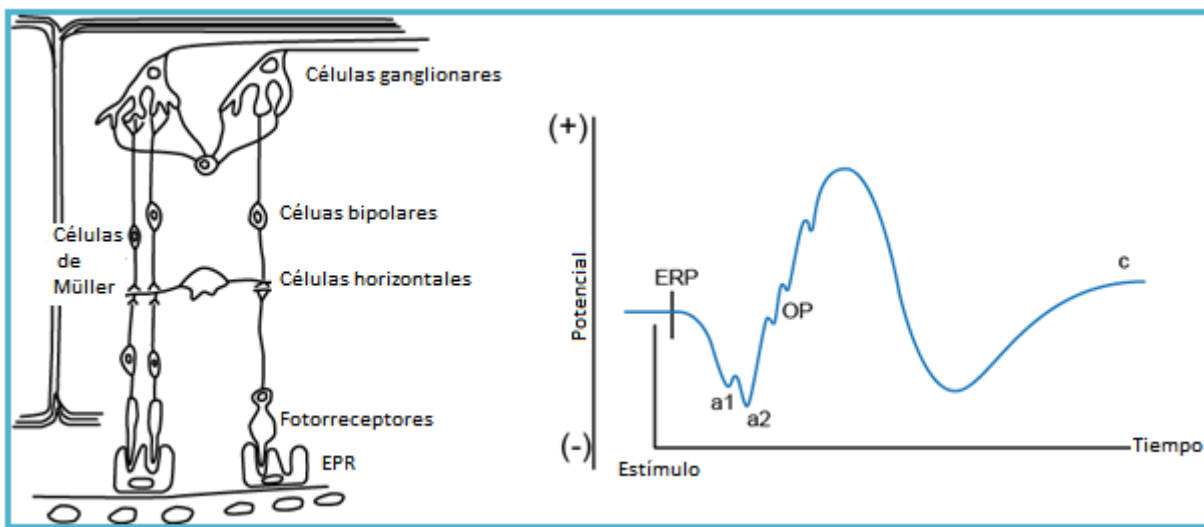


Figura 16.1a

Figura 16.1b

El ERG común está formado por 3 ondas diferentes: La onda A, onda B y onda C (Fig 16.1b). La **onda A** se origina de la actividad dentro de **los segmentos internos de los fotorreceptores**. La onda A puede descomponerse en dos partes, una de los conos y otra de los bastones. La **onda B** se origina de la reflexión pasiva de las **células de Müller** respondiendo al potasio liberado por las células bipolares. Su origen celular es de las células bipolares, pero, cuando se mide el ERG en el plano corneal, se convierte en una medida de la reflexión de las células de Müller de la actividad bipolar. La **onda C** se origina del **EPR**. Con el fin de generar la onda C, los receptores deben estar intactos. Si no lo están, las ondas muestran la respuesta de la melanina, no de del pigmento visual rodopsina.

Existen dos componentes menores de la onda del ERG. El primero es el Receptor potencial temprano (ERP) que se presenta justo antes de la onda A. El ERP se origina en los segmentos externos de los fotorreceptores. El segundo es el potencial oscilatorio (PO) que aparece en la porción ascendente de la onda B. Se piensa que PO se deriva de la actividad neuronal entre las células bipolares y amacrinas. Estas regiones de la longitud de onda son menos relevantes clínicamente que las células bipolares y amacrinas.

El primer análisis del ERG se realizó en una investigación por R. Granit. Granit aisló 3 procesos mayores a los cuales llamó PI, PII y PIII. El PI corresponde a la onda C, PII a la onda B y PIII a la onda A.

Origen anatómico	Componente ondulatorio	Proceso
Fotorreceptores	A	PIII
Células de Müller	B	PII

RPE	C	PI
-----	---	----

Tabla 16.1: Resumen de la región anatómica con los procesos del ERG.

INSTRUMENTACIÓN

El equipo ideal para evaluar es el **Ganzfeld** que provee un domo de campo completo de luz estroboscópica. La iluminación brillante de Flash estándar (SBF) debe ser de al menos $1.5-3.0 \text{ cd/m}^2$. La respuesta al flash de luz se registra a través de los electrodos. Existen muchos electrodos distintos incluyendo el Henkes (lente de contacto rígido), el Jet (lente de contacto desechable), el DTL (hilo de nylon recubierto de plata), el Foil (oro), Gel de alcohol polivinílico (fibras de carbón inmersas en polivinil) o electrodos cutáneos (útiles cuando se evalúan niños, niños pequeños o pacientes no colaboradores). Los electrodos de referencia o a tierra pueden ser parte del ensamblaje de un lente de contacto o un electrodo cutáneo contra la frente, mejilla o cuenca orbitaria. Los electrodos a tierra generalmente son de tipo prendedor para la oreja.

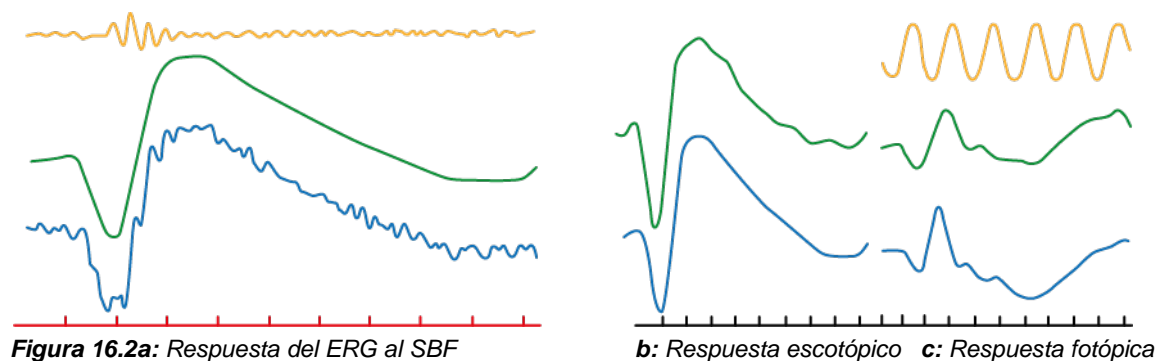
Procedimiento

El protocolo para el ERG incluye 5 mediciones distintas:

1. Respuesta máxima en el ojo adaptado a la oscuridad
2. Respuesta dada por los bastones
3. Respuesta dada por los conos
4. Respuesta a una luz centelleante
5. Potenciales oscilatorios

Para iniciar la evaluación del ERG **escotópico**, se debe **dilatar al paciente** y permitir **que se adapte a la oscuridad** durante 30 minutos por lo menos. Las condiciones escotópicas son necesarias con el fin de maximizar la respuesta de los bastones y minimizar el estímulo de los conos. Se emplea un fondo oscuro y blanco SBF. Se registra una respuesta intermitente de 30 Hz. El ERG es una respuesta escotópica de los bastones y conos. Con el fin de medir la respuesta dada por los bastones, se registra en la misma frecuencia, pero la iluminación del estímulo se cambia a blanca o azul 2.5 unidades logarítmicas por debajo del SBF. Finalmente, mientras se esté bajo condiciones escotópicas se mide el PO con el estímulo blanco SBF en una frecuencia de 100-1000 Hz.

Luego se registra el **ERG fotópico**. El paciente debe adaptarse durante 10 minutos a la luz sobre un fondo brillante de aproximadamente $17-34 \text{ cd/m}^2$. El ERG se registra usando una única luz tipo flash de la iluminación SBF empleada para maximizar la respuesta de los conos y minimizar la de los bastones. Finalmente se registra la respuesta intermitente bajo condiciones fotópicas, empleando la iluminación SBF y un flash de luz de 30-Hz.



RELEVANCIA CLINICA

Ciertas condiciones oculares pueden afectar los patrones ondulatorios normales del ERG. El ERG es útil especialmente para ayudar en el diagnóstico de distrofias retinianas que tienen a afectar diferentes capas de la retina y por tanto el ERG de diferentes maneras. La Retinitis pigmentosa, Pseudo Retinitis pigmentosa, RP inversa, Stargard, Neuropatía óptica congénita de Leber, Ceguera nocturna congénita, monocromatismo de conos y degeneración de conos son algunos ejemplos que pueden investigarse con el ERG.

Como la mayoría de distrofias son hereditarias, los **estudios familiares** usando tests “eléctricos” pueden ayudar en el diagnóstico de los miembros de la familia con esa condición. Como los cambios encontrados con el ERG aparecen generalmente antes de los síntomas visuales y lesiones en el fondo de ojo, se considera útil en la **detección** temprana de condiciones. Un reconocimiento de condiciones que limitan la visión nos permite **aconsejar** y prepararnos mejor en el entrenamiento de baja visión estando frente a un posible discapacitado. Finalmente, también puedes aconsejarse pruebas genéticas y diagnosticar un patrón hereditario de condiciones particulares.

Los siguientes ejemplos patológicos demuestran como se afecta el ERG y como puede emplearse clínicamente para el diagnóstico diferencial de diferentes condiciones.

Retinitis Pigmentosa (RP)

La RP es una degeneración progresiva de la retina en la que no existe una función de los bastones. Los signos de anomalía en el fondo incluyen la proliferación pigmentaria espiculada bilateral, atenuación arteriolar y reducción del brillo del tapete retiniano. Los síntomas incluyen, pérdida de visión en la noche, baja visión periférica y problemas de movilidad. El **ERG escotópico** muestra una **reducción considerable de la amplitud ondulatoria**. El **ERG fotópico** muestra disminución en **las amplitudes y las ondas b tienen una amplitud reducida**.

Pseudoretinitis Pigmentosa

El ERG permite hacer una diferenciación entre condiciones similares a la RP. El ERG permite diferenciar condiciones que se asemejan al RP. Los pacientes que sufren daños retinales a través del trauma, coriorretinitis, toxicidad por cloroquina u oclusión de arteria central de la retina, pueden presentar agregación pigmentaria similar a la que se presenta en pacientes con RP. Estas condiciones no son hereditarias y por tanto, solo se presentan de manera unilateral con curso no progresivo. La función visual en tales casos, generalmente se preserva y el **ERG** tiende a estar **impecable**.

Neuropatía óptica congénita de Leber (LCON)

Los pacientes con enfermedad de Leber sufren de disfunción retinal con signos y síntomas de reducción de la función visual central y periférica y nistagmus que se da desde el nacimiento y mantiene un curso progresivo. La evaluación del fondo generalmente es normal. El ERG muestra **reducción severa en las amplitudes** tanto de las respuestas escotópicas como fotópicas.

Ceguera Nocturna congénita estacionaria (CSNB)

La ceguera nocturna congénita estacionaria CSNB (por sus siglas en inglés) es una enfermedad en la que la retina presenta ausencia de bastones. Se presenta al nacimiento y es no progresiva en pacientes con AV normal, campos visuales normales, pero, genera una adaptación a la oscuridad severamente disminuida. La CSNB debe diferenciarse de la miopía de camó incompleto y deficiencia de vitamina, ambas asociadas a alteraciones de la adaptación a la oscuridad. Un **ERG** de un paciente con CSNB mostrará **tiempos implícitos de la respuesta escotópica que es casi análoga a la respuesta fotópica**. En un paciente normal, el tiempo implícito de la onda B es dos veces mayor en la respuesta escotópica cuando se compara con la respuesta fotópica. El ERG también muestra una **reducción en la amplitud de la onda B**. La onda resultante B se registra como una respuesta

electronegativa. Esto puede presentarse como resultado de una mala transmisión eléctrica de los fotorreceptores a las células bipolares.

Monocromatismo de Bastones

Un paciente con un monocromatismo de bastones típico tiene una ausencia completa de conos en la retina. Se presenta desde el nacimiento y es de carácter no progresivo. La visión se verá severamente reducida y los pacientes presentarán anomalías de la visión del color y nistagmus. La respuesta del ERG escotópico está intacta, sin embargo **las respuestas fotópicas e intermitentes son inexistentes debido a la ausencia de conos**. En el monocromatismo atípico de bastones en los que solo está un fotopigmento presente, la visión se verá severamente afectada con presencia de nistagmus congénito. Sin embargo, la visión del color será normal. El ERG escotópico está intacto, pero, **el ERG fotópico puede estar presente pero reducido**.

Degeneración de conos

La degeneración de conos tiene un curso progresivo. Los pacientes pueden tener déficit en la visión del color y pérdida de la AV. Los conos foveales se ven afectados de últimos, por tanto, la AV puede verse no afectada en los estadios iniciales de la enfermedad. La respuesta escotópica en el ERG es buena, **pero, la respuesta fotópica en el ERG se ve severamente reducida**.

POTENCIALES VISUALES EVOCADOS (VEP)

Los PVE miden la respuesta eléctrica del **lóbulo occipital** durante la presentación de un estímulo visual. Los tests emplean electrodos en la superficie del lóbulo occipital para registrar la suma de potenciales eléctricos que se originan principalmente en la **mácula**. El PVE es una herramienta diagnóstica útil cuando el estado visual del paciente está reducido, ya que brinda una medición de la integridad del NO. En ciertas condiciones patológicas, las anomalías del PVE puede presentarse luego de que se recupera la AV.

El estímulo presentado al paciente es **un patrón reverso** que tiene una iluminación (Fig 16.3). El patrón de blanco y negro revisa, alterna y evoca un potencial que se registra desde la corteza occipital. Principalmente es una reflexión de **la integridad macular** por ambas razones. Primero, los electrodos se colocan sobre el lóbulo occipital. Los receptores para la visión central se encuentran en los extremos del lóbulo occipital. Los receptores de visión periférica se representan con mayor profundidad hacia la fisura calcarina. Los electrodos, por tanto, se colocan cerca al área de visión central. Segundo, la mácula, que constituye el 5° del área de la retina, representa el 50% de las fibras visuales en el lóbulo occipital. Por tanto, las fibras del lóbulo occipital están direccionadas a una alta resolución del detalle.

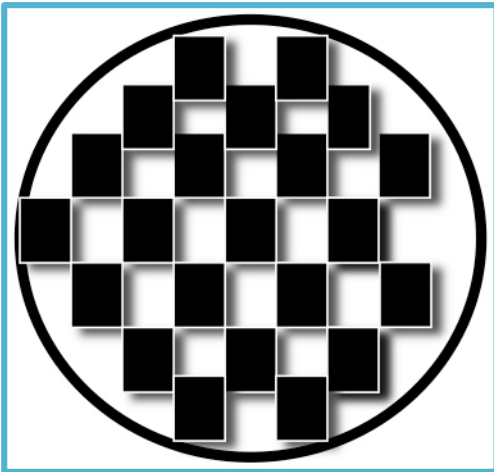


Figura 16.3: Patrón de revisión reverso

El PVE típico muestra una única onda o mayor pico positivo que representa la respuesta fotópica (Fig 16.7a). La amplitud de la onda difiere dependiendo del tamaño de revisión del estímulo. El **tiempo implícito** para un paciente normal es de **100mseg**. Por tal razón, la onda que se genera en ese momento se llama onda **P100** o **P1**. En la presencia de una anomalía orgánica, la onda P100 se retrasará o su amplitud puede verse reducida (Fig 16.4b)

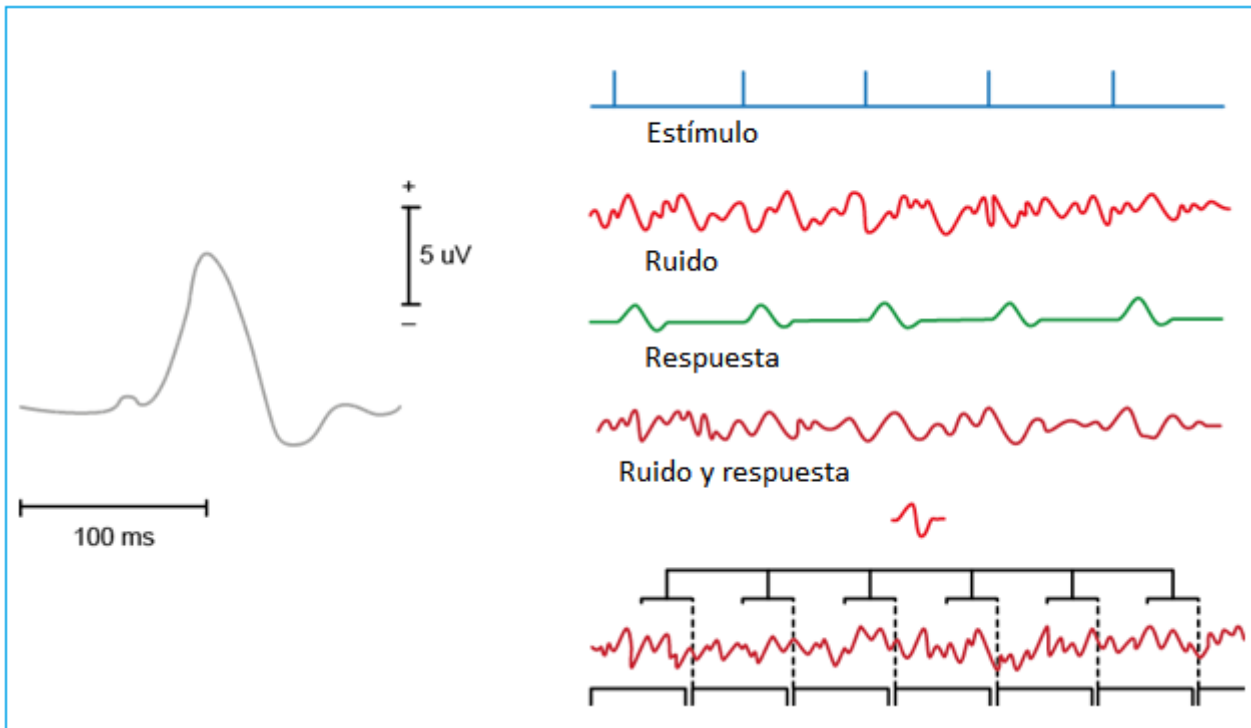


Figura 16.4a: Patrón del PVE estándar

Figura 16.4b: Composición del PVE (ruidos y respuesta actual)

INSTRUMENTACIÓN

Existen varios sistemas para registrar los PVE. El equipo más avanzado, fabricado por Nicolet Biomedical instruments, es el Pathfinder II Electrodiagnostic System. Existen 3 componentes fundamentales para los sistemas de PVE (Fig 16.4a y B):

1. Estímulo visual
2. Dispositivo para registrar el impulso eléctrico del lóbulo occipital
3. Un método para analizar la información

Procedimiento

Sentar al paciente frente al estímulo. Colocar el electrodo superficial sobre el **inion** (protuberancia osea en la región occipital). El electrodo de referencia se coloca en el oído izquierdo y el electrodo a tierra en el oído derecho. El paciente debe usar su corrección y debe fijar el centro de la pantalla. El test se hace **monocularmente** y la respuesta se registra en 4 tamaños de revisión diferentes (Fig 16.5)

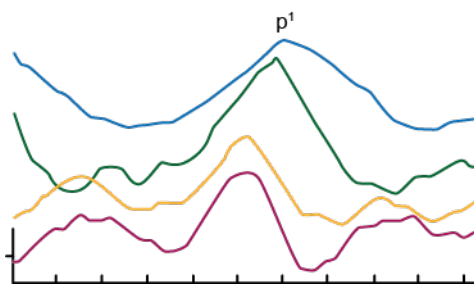


Figura 16.5: Respuesta PVE estándar (4 tamaños de revisión diferentes)

RELEVANCIA CLÍNICA

Algunas condiciones oculares pueden afectar la amplitud máxima y el tiempo implícito de la onda P100. La medición del PVE es útil para ayudar en el diagnóstico de enfermedades maculares, alteraciones del nervio óptico, enfermedad orbitaria y ambliopía. El PVE también brinda una medición objetiva de la AV. La medición de la agudeza visual, es dependiente del tamaño de revisión y la generación de un pico mayor en respuesta al estímulo.

Enfermedad macular

En condiciones como la Coroidopatía central serosa idiopática (ICSC) y degeneración macular relacionada con la edad (DMRE), la integridad de la mácula se ve comprometida. Como el pico principal es el reflejo de la función macular, la amplitud puede reducirse y el tiempo implícito puede retrasarse.

Enfermedad del Nervio óptico

La Neuropatía óptica desmielinizante (NOD) la vaina de mielina responsable de la velocidad de conducción de los impulsos neurales se ve alterada. Por tanto El PVE muestra un retraso en el tiempo implícito. El P100 puede no ocurrir sino hasta 150 msec después o más. A pesar de que la AV mejore, el P100 generalmente se mantiene retrasado. La Neuropatía óptica isquémica (NOI) afecta las fibras nerviosas. El PVE muestra una reducción de la amplitud máxima. También, puede presentarse un leve retraso en el tiempo implícito.

Enfermedad Orbitaria

En condiciones como fístula del seno cavernoso, pueden verse afectadas las órbitas pseudomotoras y distiroideas, la AV y el campo visual, pero, el PVE con toda seguridad mostrará una anomalía. El PVE en dichos casos, muestra una reducción de la amplitud máxima.

Ambliopía

El PVE es útil en determinar el pronóstico en la mejoría de la AV a través de la terapia visual. La ambliopía puede reducir la amplitud máxima. Una amplitud levemente reducida indica un buen pronóstico para la AV, mientras que, una reducción severa es menos positiva para la mejoría a través de terapia visual.

Medición objetiva de la Agudeza visual

Con pacientes no colaboradores, no verbales o con opacidades densas de los medios refringentes, el PVE puede brindar una medición objetiva de la AV. Si un paciente es capaz de ver el patrón, se generará un pico máximo. La amplitud del pico puede relacionarse con el tamaño de revisión (ángulo subtendido por el estímulo), es decir la AV.

ELECTROOCULOGRAFÍA (EOG)

La electrooculografía es una medición del **potencial** entre la córnea y el fondo. Dicho potencial se conoce con el nombre de **batería**. La batería se registra como una respuesta eléctrica a los movimientos oculares, por tanto, no es constante. El tamaño de la batería es dependiente del estado de adaptación a la luz. La batería es más grande bajo condiciones fotópicas y más pequeña en condiciones escotópicas. El test funciona mediante el uso de electrodos en el canto nasal y temporal de cada ojo. La fijación se cambia entre dos estímulos que están separados por un ángulo visual de 30° (Fig. 16.6). La EOG es una herramienta útil porque es el reflejo de **la integridad del EPR. En ciertas condiciones se presentan anomalías en la EOG, mientras que en el ERG todo es normal.**

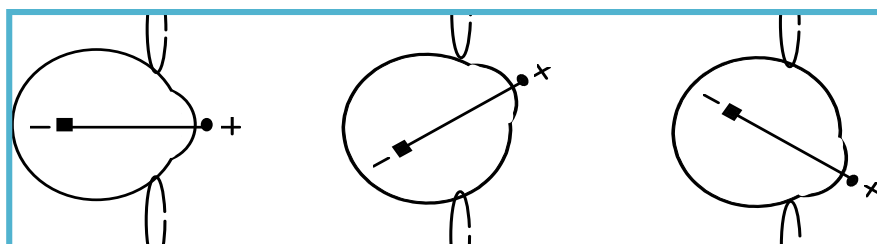


Figura 16.6: El potencial cambia con los movimientos oculares

El test se realiza bajo condiciones escotópicas y fotópicas. El potencial de movimientos oculares bajo condiciones **fotópicas** muestra un pico **máximo de luz** que refleja oscilaciones rápida. El potencial de movimientos oculares bajo **condiciones escotópicas** muestra una **oscuridad mínima a través** de la cual refleja oscilaciones lentas. El radio entre el Pico de luz y oscuridad es clínicamente relevante y es conocido como el **radio luz-oscuridad** o **radio de Arden** (Fig 16.7a).

$$\text{Radio de Arden} = \frac{\text{Pico de luz (PL)}}{\text{Oscuridad travesa (OT)}}$$

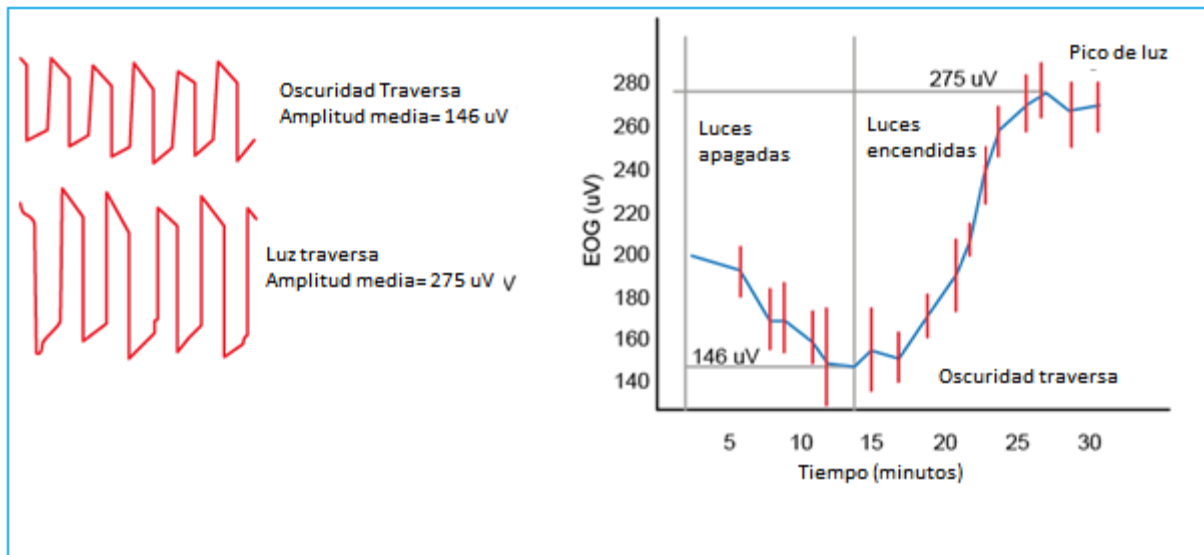


Figura 16.7a: Radio de Arden esperado ≥ 2.0

Figura 16.7b: Radio anormal de Arden ≤ 1.8

Procedimiento

Los electrodos se colocan en el canto nasal y temporal. Se le pide al paciente que alterne la fijación entre 2 objetivos con baja iluminación. El test se realiza en alrededor de 35 minutos. Los primeros 5 minutos se registran bajo condiciones fotópicas. Los siguientes 15 en condiciones escotópicas. Los 15 minutos finales se registran bajo condiciones fotópicas (Fig 16.7b).

RELEVANCIA CLÍNICA

Pocas condiciones oculares dan como resultado un ERG normal y una EOG anormal. **La distrofia viteliforme de Best y el fondo flavimaculoso** muestran una EOG normal y un ERG normal. La EOG es más útil cuando se sospechan condiciones específicas.