

Pruebas electrofisiológicas: ¿qué, cuándo, cómo y por qué? (2ª parte)

J. Català^{1,2,3}
M. Castany^{1,4}

¹Hospital Sagrat Cor
Institut Català
de Retina
²Institut Balear
d'Oftalmologia
³Hospital Sant Joan
de Déu
⁴Teknoftal

Resumen

Cada vez se solicitan más estudios electrofisiológicos y últimamente han experimentado una pequeña revolución tecnológica que permite una accesibilidad, sensibilidad, reproducibilidad y facilidad de uso muy superiores a hace unos años. Aun así se trata de unas pruebas en las que, para conseguir eficacia y rentabilidad diagnóstica, hace falta una orientación clínica muy clara.

En este artículo se analizarán las diferentes pruebas electrofisiológicas de una manera comprensible para el oftalmólogo general y se valorará qué podemos esperar de cada una de ellas. Hablaremos de Electro-oculograma (EOG), Electrorretinograma (ERG), Potenciales Evocados Visuales (PEV), Electrorretinograma Patrón (pERG) y Electrorretinograma Multifocal (mfERG).

Finalmente se propondrán unos protocolos de actuación frente a las situaciones clínicas más habituales.

Resum

Els estudis electrofisiològics són cada cop més sol·licitats i darrerament han experimentat una petita revolució tecnològica que permet una accessibilitat, sensibilitat, reproductibilitat i facilitat d'ús molt superiors a fa uns anys. Tot i així es tracta d'unes proves que, per aconseguir eficàcia i rendibilitat diagnòstica, cal tenir una orientació clínica molt clara.

En aquest article s'analitzaran ses diferents proves electrofisiològiques de manera comprensible per a s'oftalmòleg general i es valorarà què podem esperar de cada una d'elles. Parlarem de: Electro-oculograma (EOG), Electrorretinograma (ERG), Potencials Evocats Visuals (PEV), Electrorretinograma patró (pERG) i Electrorretinograma Multifocal (mfERG).

Finalment es proposaran uns protocols d'actuació davant de ses situacions clíniques més habituals.

Summary

Electrophysiological testing is more and more demanded and recently it has experienced a technological revolution allowing a better accessibility, sensibility, reproducibility and feasibility than years ago. Even though, to get efficacy and diagnostic profitability it is very important to have a good clinical orientation.

In this paper we will analyze the different electrophysiologic tests in a comprehensive way and we will check what we can obtain from everyone. We will discuss about the Electro-Oculogram (EOG), the Electrorretinogram (ERG), the Visual Evoked Potential (VEP), Pattern Electrorretinogram (pERG) and Multifocal Electrorretinogram (mfERG). Finally we will propose guidelines for some of the most frequent topics in clinical practice.

Correspondencia:
Jaume Català Mora
París 83, 6 planta
08029 Barcelona
E-mail:
info@jaumecatala.com

En esta segunda parte del artículo sobre electrofisiología vamos a profundizar en el electrorretinograma patrón (pERG) y en los potenciales evocados visuales (PEV) completando así las 5 pruebas

electrofisiológicas más utilizadas en la práctica clínica y, finalmente estableceremos unos protocolos de actuación ante las situaciones clínicas más habituales.

Electrorretinograma patrón (pERG)

Electrofisiología

El pERG consiste en la medición de la respuesta retiniana central ante un estímulo estructurado, generalmente un damero de luminancia constante que alterna blanco y negro. Dependiendo de la frecuencia de alternancia del estímulo obtendremos el pERG transitorio o “transient” (menos de 6 cambios por segundo, 3 Hz) o bien el pERG regular o “steady-state” (proceso de inversión superior a 10 veces por segundo, 5 Hz). Se trata de una prueba muy interesante puesto que evalúa la función macular a diferencia del ERG convencional que evalúa la respuesta retiniana en masa. Además permite la diferenciación electrofisiológica entre maculopatías y neuropatías y facilita la interpretación de los potenciales evocados visuales^{1,2}.

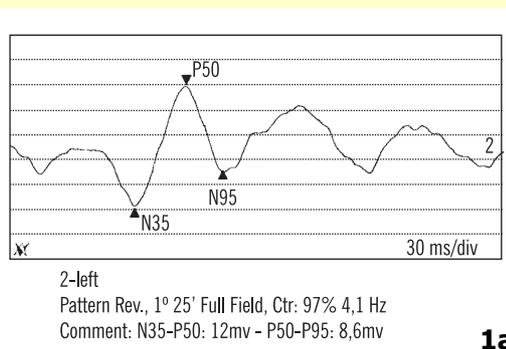
La respuesta que obtenemos mediante el pERG transitorio consiste en una onda negativa inicial (N_{35}) que habitualmente no se estudia, una onda positiva alrededor de los 50 milisegundos (P_{50}) y una onda negativa aproximadamente a los 95 milisegundos (N_{95}). Todavía no se conoce el origen exacto de estos dos componentes, pero parece que la onda N_{95} se genera en las células ganglionares; hasta una 70% de la onda P_{50} procede de las células ganglionares y además intervienen capas más externas de la retina con participación de los fotorreceptores maculares, por lo que esta onda se considera un índice de la función macular. Habitualmente valoramos la amplitud y latencia de las ondas P_{50} y N_{95} ^{1,3-6} (Figuras 1a y 1b).

En el pERG “steady-state” se produce un acúmulo sucesivo de las ondas con lo que se obtiene una onda sinusoidal que requiere de análisis de Fournier para su interpretación (Figura 2). En la práctica clínica habitual se utiliza básicamente el pERG transitorio y es al que nos vamos a referir a partir de ahora^{1,7-9}.

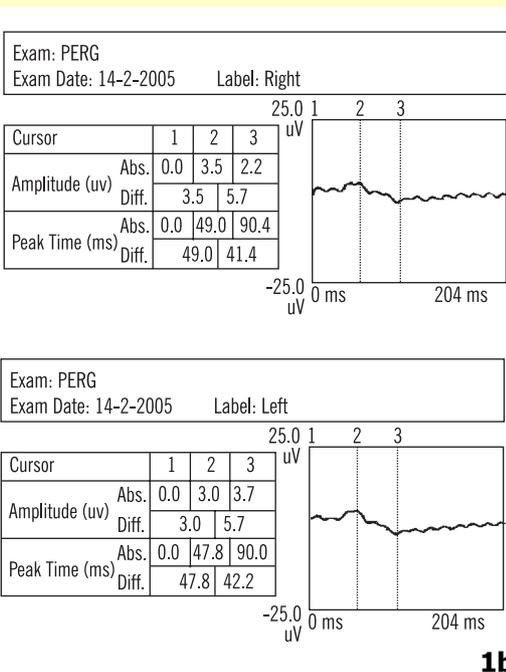
Registro

La ISCEV (Sociedad Internacional de Electrofisiología Clínica para la Visión) ha establecido un patrón estándar para el registro del pERG⁹.

Se recomienda realizar la prueba binocularmente, sin midriasis y con la refracción adecuada a la distancia de la pantalla. Se colocan 2 electrodos en la córnea o en la conjuntiva bulbar inferior de manera que no interfieran con el eje visual, se fijan 2 electrodos de referencia en el canto externo de cada ojo



Figuras 1a y 1b.
Respuesta del pERG transitorio con las ondas N_{35} , P_{50} y N_{95} en una representación esquemática (a) y en un paciente normal (b)



y un electrodo masa en la frente (Figura 3). Se sitúa al paciente frente a la pantalla de estimulación que contará con un punto de fijación central. Se recomienda obtener unas 150 a 200 respuestas para aumentar la relación señal-ruido. La duración de la prueba es de unos 30 minutos⁸. Se trabaja con valores unas 100 veces inferiores a los del ERG convencional por lo que es especialmente importante minimizar y filtrar los artefactos relacionados con movimientos oculares y parpadeos del paciente. Individuos con visiones muy bajas, inferiores a 1/10 en el ojo peor, no pueden ver el estímulo y las respuestas obtenidas no son valorables^{1,9,10}.

Figura 2.
Con el pERG
"steady-state" se obtiene
una onda sinusoidal

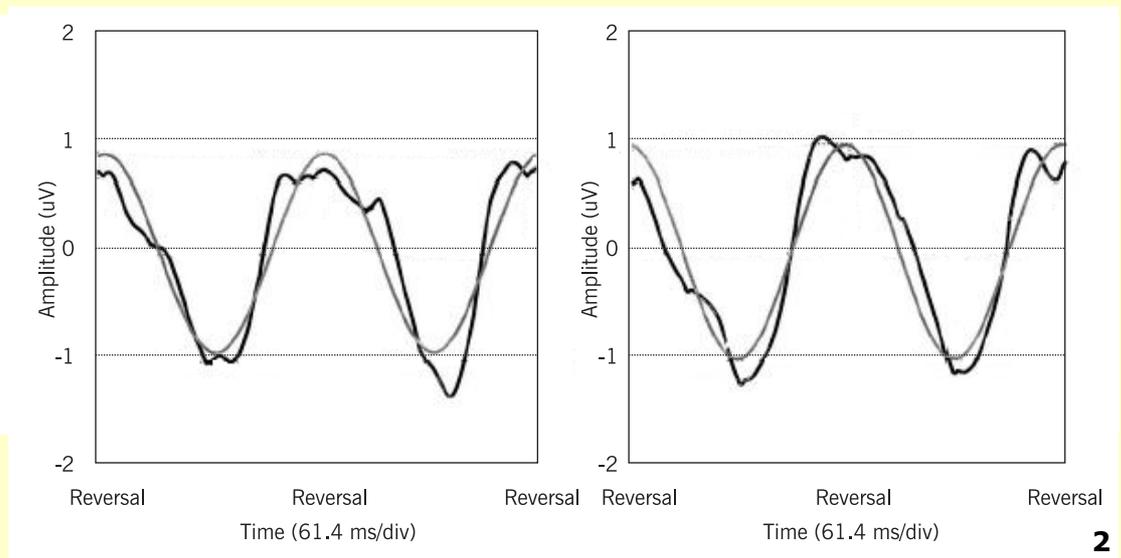
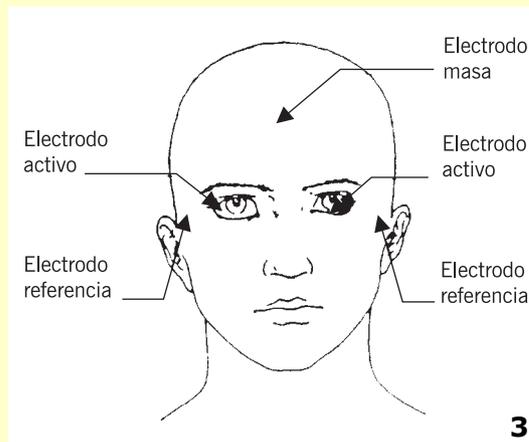


Figura 3.
Colocación de los
electrodos para la
realización del pERG



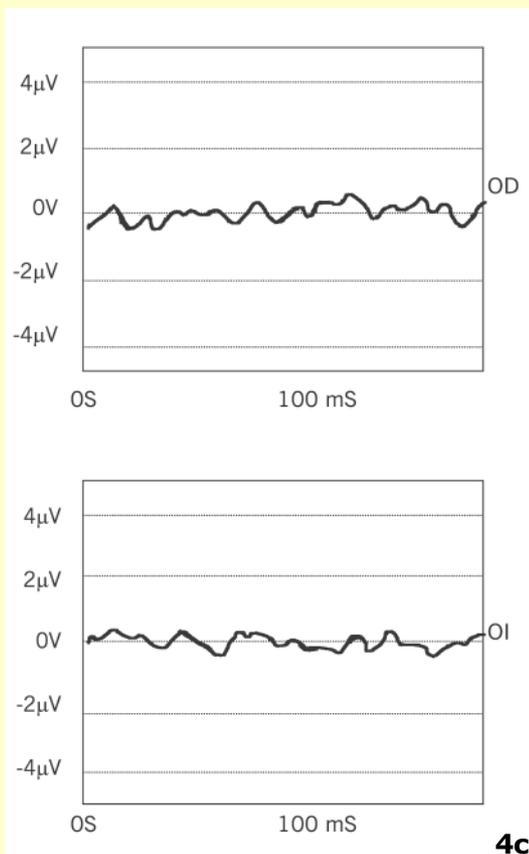
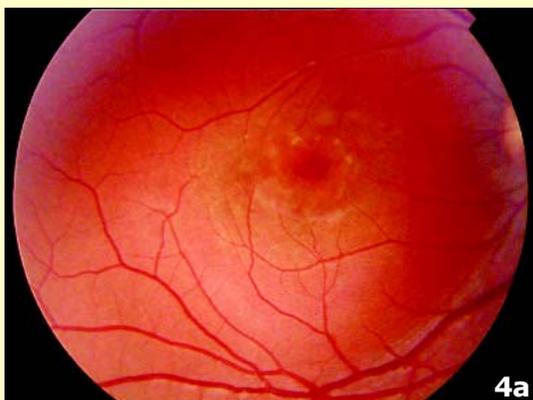
Utilidad clínica

Muchas enfermedades retinianas cursan con alteración del pERG, se han seleccionado aquellas situaciones en las que el pERG tiene mayor interés en el diagnóstico o en el seguimiento.

Maculopatías

El pERG permite una valoración objetiva de la función macular y es muy sensible a las disfunciones de la mácula produciéndose una reducción de la amplitud de la onda P₅₀¹. La onda N₉₅ sufre una reducción concomitante a la de la onda P₅₀ con lo que, gene-

ralmente, no se altera el ratio N₉₅: P₅₀. Ocasionalmente podemos encontrarnos con una relativa preservación de la onda N₉₅ con respecto a la reducción de la onda P₅₀¹. En la *enfermedad de Stargardt* la afectación del pERG generalmente es muy inicial, incluso en etapas en las que la visión está preservada¹¹⁻¹³. Otras maculopatías como el *agujero macular*, la *degeneración macular asociada a la edad*, la *coroidopatía serosa central*, el *edema macular quístico* tras cirugía de catarata y el *edema macular diabético* cursan con alteraciones de la onda P₅₀¹⁴⁻¹⁹. El *edema macular* y la *coroidopatía serosa central* pueden provocar tanto una reducción de la amplitud como un aumento de la latencia de la onda P₅₀¹. En



Figuras 4a, 4b, 4c.
Paciente con una enfermedad de Stargardt (a y b) en el que está abolida la onda P_{50} y también la N_{95} en el pERG (c)

la *maculopatía por cloroquina* se produce una afectación precoz y de la amplitud de la onda P_{50} previa a la afectación clínica con lo que el pERG podría ser de utilidad en la monitorización de estos pacientes (Figuras 4a, 4b y 4c).

Retinopatías más extensas

La *retinosis pigmentaria* y las *distrofias de bastones-conos* generalmente tienen una afectación tardía de la visión central. En ambos casos nos podemos encontrar con ERG abolidos y el pERG nos puede ser de utilidad en la monitorización y detección precoz de la afectación macular, bien sea degenerativa en la que tendremos una reducción de la amplitud de la onda P_{50} o bien por edema macular en el que se afectarán amplitud y latencia de la onda P_{50} ²⁰. En la *distrofia de conos* la afectación de la onda P_{50} es característica y puede ser de gran utilidad en el diagnóstico diferencial con neuropatías. En la *retinosquiasis ligada al X*, la *retinopatía de Birdshot* y otras *uveítis*

posteriores el pERG nos puede ser de utilidad para valorar el grado de afectación del polo posterior^{1,2} (Figuras 5a y 5b).

Enfermedades del nervio óptico

En un 40% de los casos de *neuritis óptica desmielinizante* nos encontraremos alteraciones del pERG: se produce una reducción de la amplitud de la onda N_{95} inicialmente acompañada de una reducción de la onda P_{50} . Mientras que ésta última suele recuperarse en varias semanas, la onda N_{95} persiste disminuida. El grado de afectación de la amplitud de la onda P_{50} en las fases iniciales de la neuritis podría ser predictivo del potencial de recuperación visual² (Figura 6).

Las *patologías compresivas del nervio y quiasma óptico* también ocasionan una reducción de la onda N_{95} con conservación de la P_{50} hasta fases tardías de la compresión. La afectación de la onda positiva (reducción de amplitud y menor tiempo de latencia) se

correlaciona con un mal pronóstico de recuperación visual^{21,22}.

En la *neuropatía óptica isquémica* se produce una alteración tanto de la onda N₉₅ como de la onda P₅₀,

sugiriendo una alteración vascular difusa con afectación de las células ganglionares y de células de capas más externas².

Las enfermedades primarias de las células ganglionares (*Neuropatía óptica de Leber y atrofia óptica dominante*) cursan inicialmente con una marcada afectación de la onda N₉₅ con conservación de la P₅₀. Ésta última sólo se afecta en fases finales de la enfermedad, en las que se produce una reducción de la amplitud y también un acortamiento del tiempo de latencia^{2,23} (Figura 7).

Otras *neuropatías* como la *alcohol-tabáquica*, o *secundarias a fármacos* como el etambutol pueden asociarse también a una disminución de la amplitud de la onda N₉₅^{1,2}.

El pERG se ha estudiado como método para el diagnóstico precoz del *glaucoma* ya que es un indicador de la actividad de las células ganglionares. A pesar de que el pERG es habitualmente anormal en el glaucoma, no se ha encontrado una adecuada correlación con los defectos del campo visual y se requieren estudios prospectivos a largo plazo para evaluar su posible utilidad en el diagnóstico y seguimiento de esta enfermedad²⁴.

En conclusión el pERG es un buen complemento del ERG para el estudio retiniano ya que permite la valoración de la función de la retina central. Por otra parte, al ser un indicador de la función de las células ganglionares permite, junto con los PEV, una mejor interpretación y diagnóstico diferencial de las neuropatías y maculopatías.

Figuras 5a y 5b.
Foto de fondo de ojo de un paciente con retinosis pigmentaria (a) en el que la preservación macular se demuestra con la conservación de las ondas P₅₀ y N₉₅ del pERG, mientras que el ERG convencional está abolido (b)

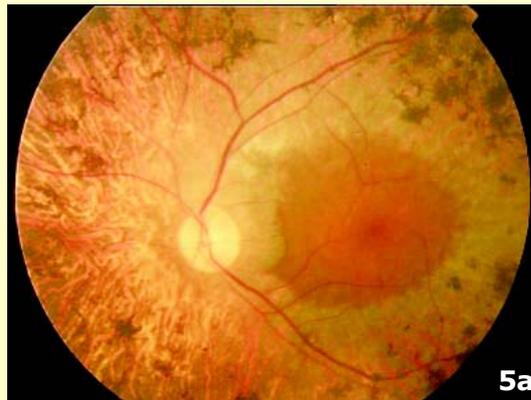
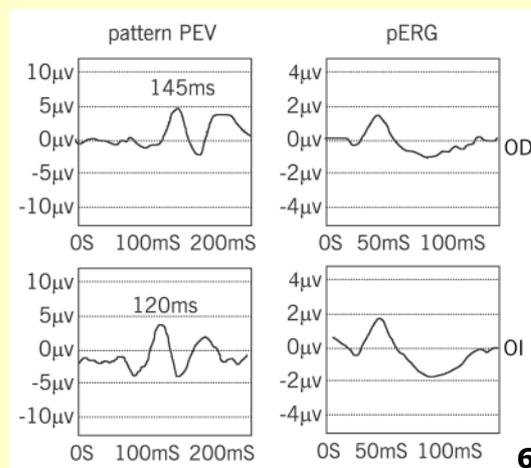
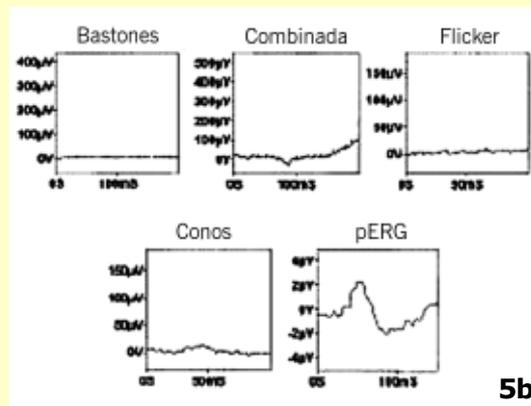


Figura 6.
Paciente con posible neuritis óptica retrobulbar antigua en el OI (retraso de latencia de la onda P₁₀₀) y neuritis retrobulbar reciente en su OD con retraso marcado de la onda P₁₀₀ y reducción de la amplitud de la onda N₉₅ del pERG



Potenciales evocados visuales (PEV)

Electrofisiología

Consisten en la respuesta eléctrica provocada por las estimulaciones visuales de la corteza occipital. Los PEV exploran la integridad de la vía visual desde la mácula hasta corteza occipital, valorando la función desde los fotorreceptores (especialmente del área central) hasta el córtex occipital, pasando por las células bipolares y las células ganglionares. En la práctica clínica habitual se obtienen básicamente tres tipos de registros: los PEV estructurados reversibles o "pattern reversal" en los que el estímulo es un damero que alterna de blanco a negro con luminancia constante; los estructurados tipo "onset/off-set" en los que el estímulo no alterna sino que aparece y desaparece manteniendo la luminancia constante

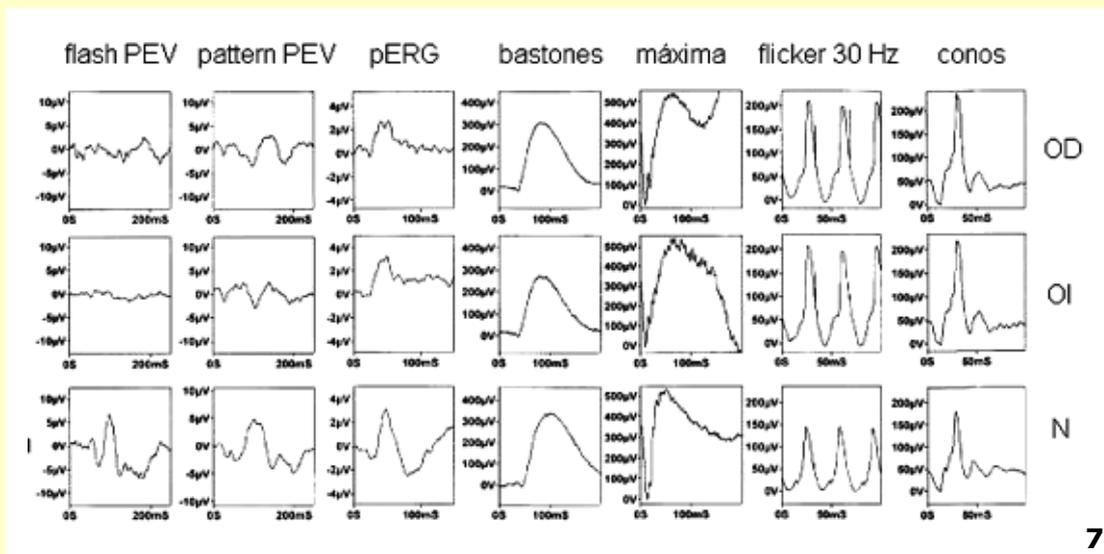
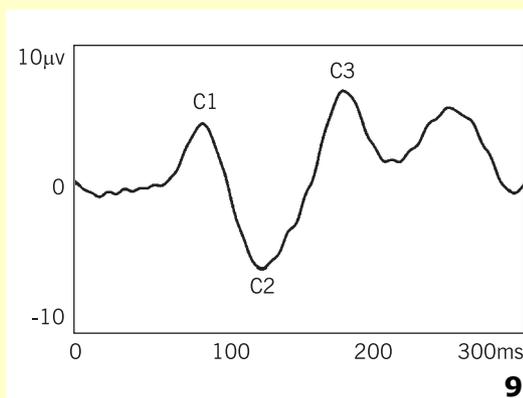
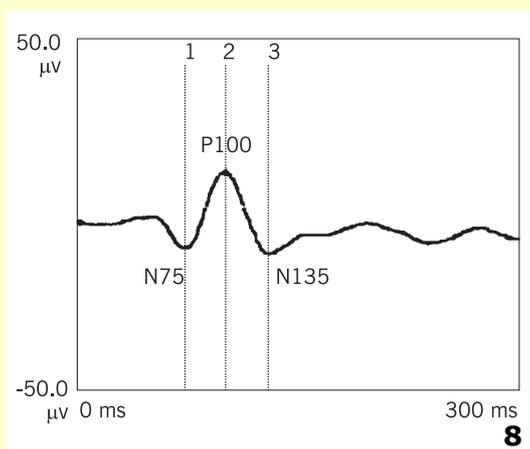


Figura 7. Exploración electrofisiológica de un paciente con neuropatía óptica de Leber en el que destaca la normalidad del ERG junto con la desaparición de la onda N_{95} del pERG y la marcada alteración de los PEV tipo pattern y flash en ambos ojos

Figura 8. Representación de la respuesta obtenida con el PEV tipo pattern reversal

Figura 9. Esquema del registro del PEV con estímulo pattern onset/offset



y los PEV tipo flash en los que el estímulo es una fuente de luz. En el caso de los estímulos estructurados se utilizan dos tamaños de cuadrado: el más pequeño evalúa el área foveal y el más grande la región parafoveal.

En los PEV tipo pattern reversal obtenemos una onda trifásica con tres componentes: N_{75} , P_{100} y N_{135} . El tiempo de latencia del componente positivo es el que presenta menos variación tanto en un mismo individuo como interoblacional y se consideran patológicas diferencias superiores a 10 ms. La amplitud es más variable aunque suele ser bastante similar entre los dos ojos del mismo sujeto. Es la técnica más utilizada ante las situaciones clínicas habituales (Figura 8).

Los PEV tipo onset/offset es útil en pacientes con nistagmus o cuando sospechamos alteraciones funcionales o simulación ya que es menos sensible a pérdidas de fijación. La respuesta es más variable que en el pattern reversal y consta de tres picos: C_1 , positivo a los 75 ms, C_2 negativo a los 125 ms y C_3 positivo a los 150 ms (Figura 9).

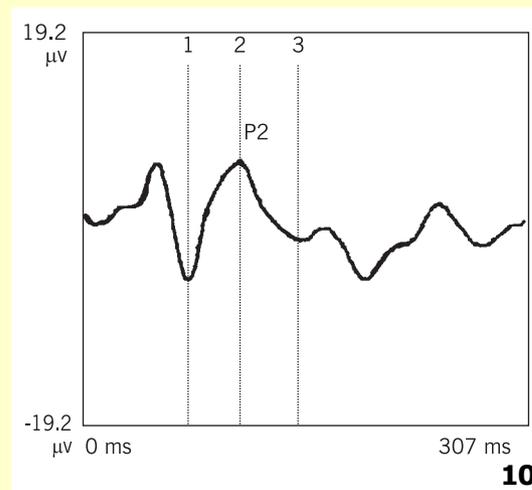
Los PEV tipo flash presentan gran variabilidad interindividual pero en un mismo sujeto son muy simétricos, además no dependen de la agudeza visual con lo que pueden ser de utilidad en pacientes poco colaboradores o en casos de opacidad de medios. Consisten en una serie de picos positivos y negativos de los cuales el más importante es el P_{21} , situado alrededor de los 120 ms (Figura 10)^{2,25,26}.

Registro

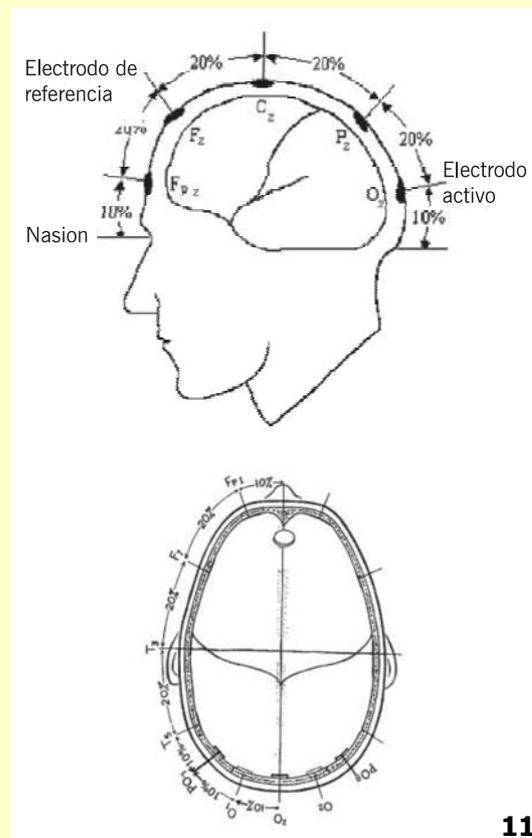
Recientemente la ISCEV ha revisado el patrón estándar para la realización de los PEV. La duración estimada de la prueba es de unos 45 minutos⁸.

Figura 10.
En el PEV tipo flash la onda que más se valora es la P₂

Figura 11.
Colocación de los electrodos para el registro de PEV



10



11

El estudio se realiza sin midriasis y, generalmente, con estimulación monocular. En el caso de estímulos estructurados se requiere corrección óptica adecuada para la distancia de observación. Se coloca un electrodo activo en la región occipital, 2 cm por encima del inion, en la posición Oz; un electrodo de masa en la frente (Fz) y un electrodo indiferente en los lóbulos de las orejas (Figura 11). El paciente, con oclusión monocular, debe situarse frente a la pantalla de estimulación. En el caso de estimulación estructurada la pantalla debe tener un punto de fijación central.

Cuando se pretende realizar registros con multicanales se colocan electrodos en posiciones laterales: O₁ y O₂, referenciados a Fz. Estas mediciones no se contemplan en el estudio estándar pero son útiles para localizar alteraciones quiasmáticas y retroquiasmáticas y para detectar proyecciones anómalas como en el caso del albinismo^{25,26}.

Utilidad clínica

Cualquier alteración de la vía visual puede traducirse en un PEV anómalo, valoraremos las diferentes patologías en las que los PEV pueden ser de utilidad desde la retina hasta el córtex occipital.

Maculopatías

En las enfermedades retinianas la afectación de los PEV tipo pattern reversal son secundarias a la pérdida de agudeza visual. En estos casos la valoración conjunta con el pERG permite establecer un diagnóstico diferencial entre maculopatías y neuropatías, como veremos más adelante.

Enfermedades del nervio óptico

La *neuropatía óptica secundaria a enfermedad desmielinizante* es la indicación príncipes del estudio mediante PEV tipo pattern-reversal. Se produce un retraso en la latencia de la onda P₁₀₀ con alteraciones de la amplitud poco marcadas. El retraso de latencia no se correlaciona con la pérdida de agudeza visual y de hecho persiste una vez recuperada la visión; la pérdida visual se correlaciona mejor con las variaciones en la amplitud de la onda P₁₀₀. También es útil en el diagnóstico de neuritis subclínicas en las que la afectación electrofisiológica precede al cuadro clínico.

La alteración de la latencia mejora lentamente tras la recuperación de la inflamación pero persiste cierto retraso en más de un 90% de los casos. En otros pacientes se puede observar un desdoblamiento de

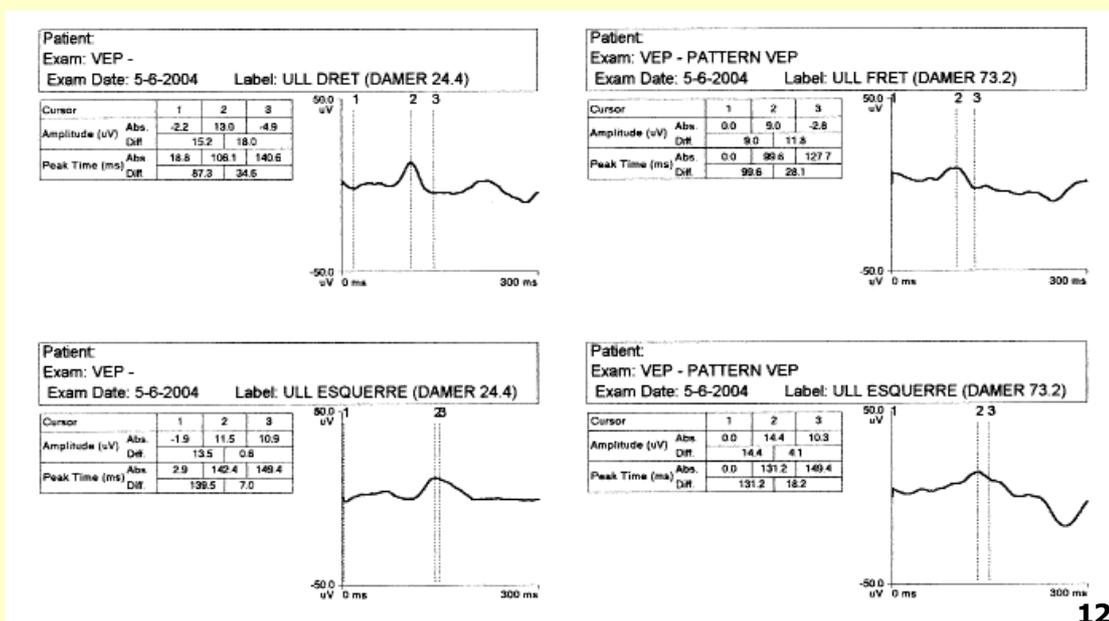
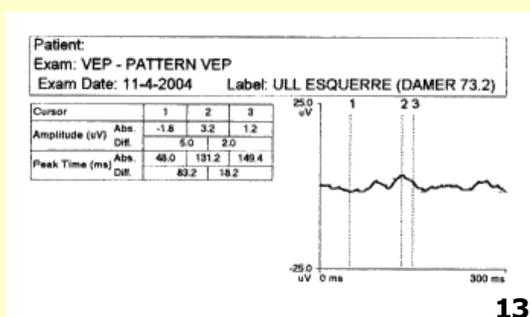


Figura 12. Retraso de latencia de la onda P_{100} con leve reducción de la amplitud en una paciente con neuritis óptica retrobulbar desmielinizante del ojo izquierdo

Figura 13. Desdoblamiento de la onda P_{100} como secuela de una neuritis óptica retrobulbar en un paciente con posible esclerosis múltiple



13

la onda P_{100} que también es sugestivo de un brote antiguo de neuritis óptica. Los PEV han demostrado una sensibilidad mayor que la resonancia nuclear magnética en el diagnóstico de neuritis ópticas antiguas, con lo que es de gran utilidad en el diagnóstico de esclerosis múltiple^{2,27} (Figuras 12 y 13).

En la *neuritis óptica isquémica* se produce una reducción marcada de la amplitud de la onda P_{100} , mientras que la latencia se retrasa sólo en caso de afectación muy amplia de la cabeza del nervio óptico^{2,26,28}.

Los PEV son de especial utilidad en el diagnóstico y seguimiento de las *neuropatías ópticas tóxicas* como la *alcohol-tabáquica* en la que se produce una reducción de la amplitud con leve retraso de latencia

de la onda P_{100} previos a la afectación visual. También aparecen alteraciones en los PEV en casos de toxicidad por *etambutol*, *cisplatino* y *deferioxamina* (Figuras 14a, 14b y 14c).

El papiledema no produce alteraciones en los PEV hasta fases tardías de la enfermedad y este hecho puede ser de utilidad en el diagnóstico diferencial con las *neuropatías ópticas inflamatorias* en las que se alteran tanto los PEV flash como pattern-reversal (Figuras 15a, 15b, 15c, 16a y 16b).

Los *tumores que comprimen el nervio óptico* pueden producir retrasos de latencia menos marcados que en casos de neuropatía desmielinizante, mientras que los *gliomas* del nervio óptico provocan la abolición de los PEV del ojo afecto^{2,29}.

Ante un *traumatismo* grave con posible lesión del nervio óptico la detección de PEV tipo flash representa un signo favorable. En los casos en los que sea posible es interesante asociar un ERG y un pERG a los PEV para valorar correctamente el caso como analizaremos más adelante²⁴.

pattern onset/offset o un flash anómalos son más sugestivos de patología orgánica²⁴.

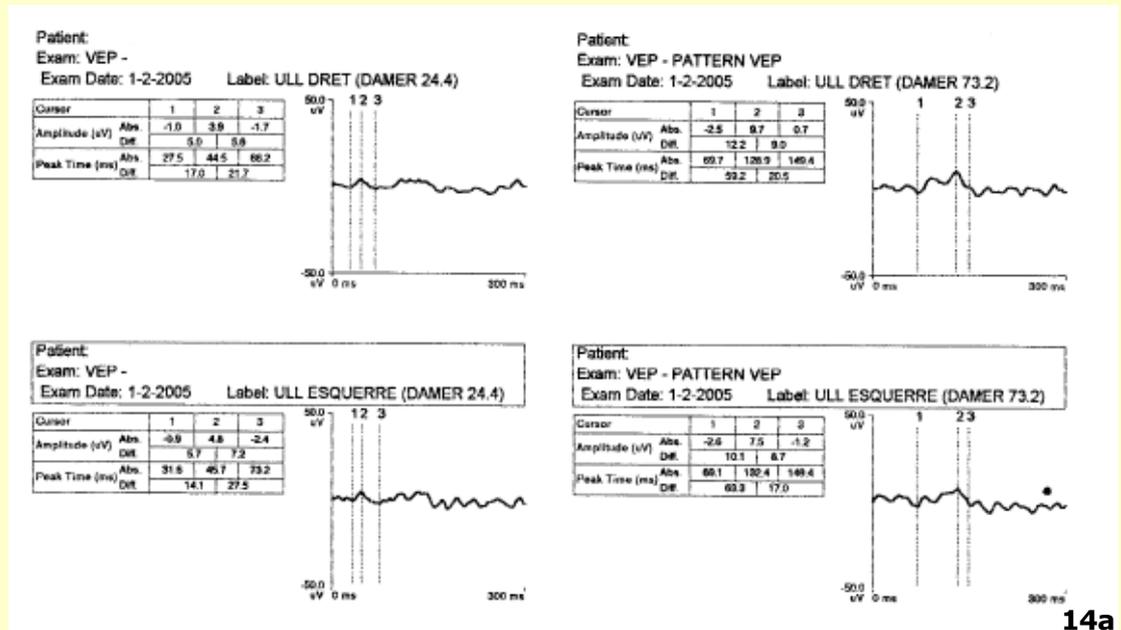
Alteraciones funcionales

El estudio de las *alteraciones funcionales* requiere un abordaje que incluya varias pruebas: ERG, pERG y PEV. Los potenciales tipo pattern reversal son muy sensibles a las pérdidas de fijación, mientras que un

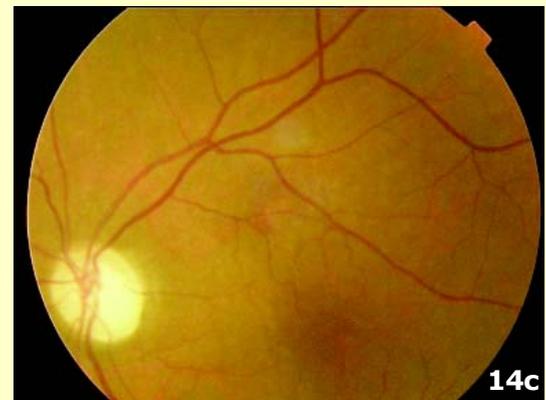
Otras enfermedades oftalmológicas

En un paciente normal la respuesta de PEV binocular es más amplia que la monocular, mientras que en los *ambliopes* con supresión el PEV binocular no es superior al monocular. En los pacientes con *ambliopía* podemos encontrar una disminución de la amplitud de la onda P₁₀₀ en el ojo ambliope que se normaliza con el tratamiento, con lo que los PEV pueden ser útiles en el control terapéutico.

Figuras 14a, 14b y 14c. Marcada reducción de la amplitud asociada a un retraso de las latencias de la onda P₁₀₀ (a) en un individuo con una neuropatía óptica alcohol-tabáquica con palidez papilar temporal (b y c)



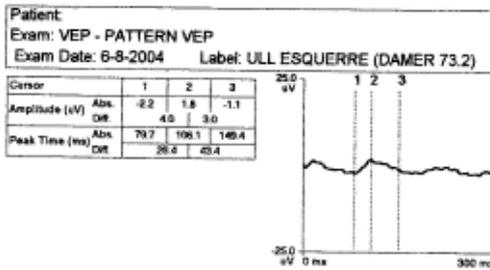
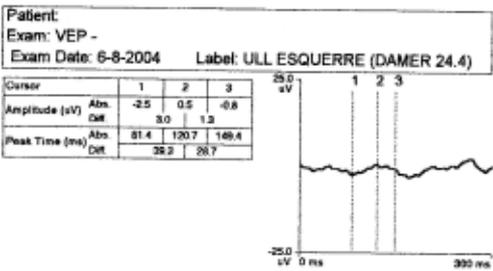
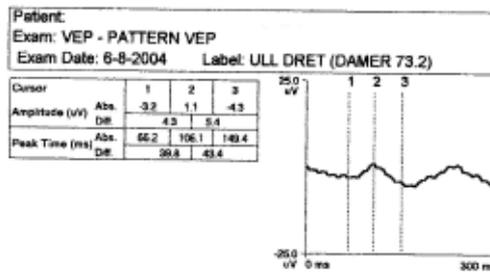
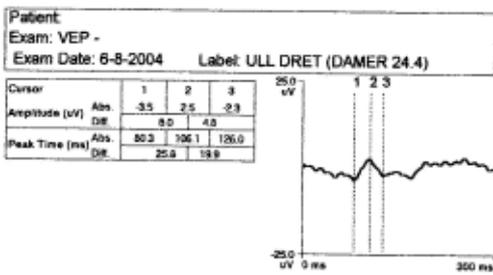
14a



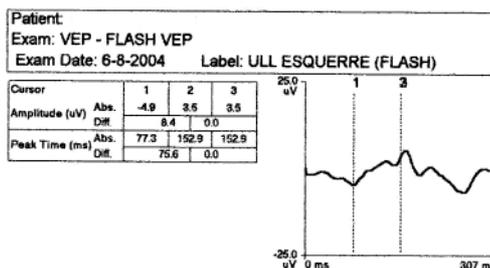
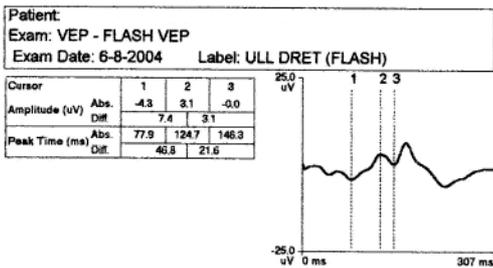


Figuras 15a, 15b y 15c. Paciente afecto de una papilitis en su ojo izquierdo (a) que presenta una reducción de la amplitud y un aumento del tiempo de latencia de la onda P₁₀₀ (b) asociado a un marcado retraso de la onda P₂ del flash PEV (c)

15a

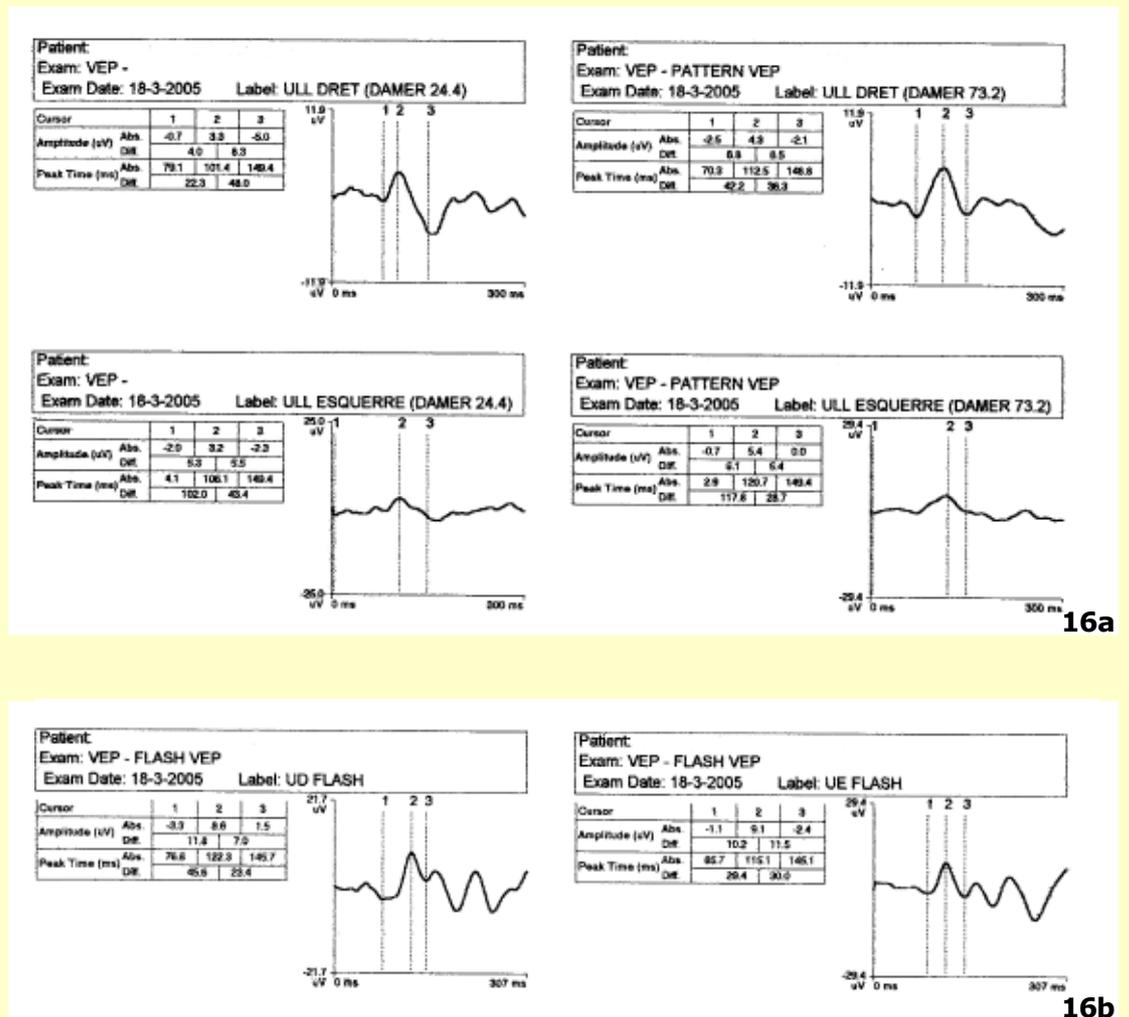


15b



15c

Figuras 16a y 16b.
 El mismo paciente presenta tres meses después de la papilitis una correcta recuperación visual. El PEV patrón muestra una leve reducción de la amplitud de la onda P_{100} con recuperación del tiempo de latencia (a). En el PEV flash se observa una normalización de la respuesta (b)



Los PEV también se han utilizado para el diagnóstico precoz del glaucoma. Se han encontrado alteraciones en el tiempo de latencia de la onda P_{100} tanto en pacientes glaucomatosos como en hipertensos oculares con una sensibilidad y especificidad que ronda el 65%

El PEV con estímulo flash es útil en el estudio de los pacientes con *opacidad de medios*. En estos casos se aconseja realizar también un ERG para descartar patología retiniana extensa. El ERG es más sensible que los PEV a la opacidad de medios produciéndose una reducción más marcada de la amplitud de las ondas en el ERG²⁶.

Enfermedades retroquiasmáticas

Los PEV multicanal se han utilizado para la localización de *alteraciones de la vía óptica retroquiasmáticas*, sin embargo la dificultad de su realización así como la accesibilidad de las pruebas de imagen y de la campimetría computerizada ha limitado su uso. En el *albinismo* se produce un exceso de entrecruzamiento de las fibras en el quiasma, con lo que cada lóbulo occipital recibe fundamentalmente un aporte monocular del ojo contralateral. Esta anomalía se detecta mediante un PEV tipo pattern onset/offset comparando la respuesta de cada lóbulo occipital a un estímulo monocular alterno^{2,26}.

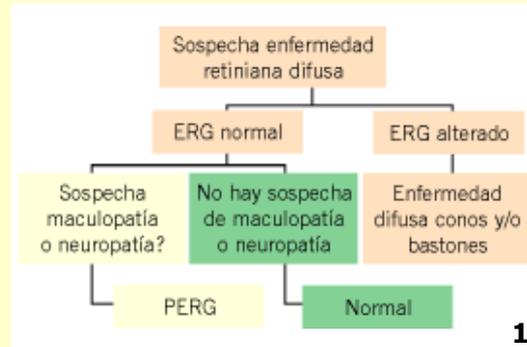
Protocolos e indicaciones de la exploración electrofisiológica

Cuando nos planteamos la realización de pruebas electrofisiológicas en un paciente, especialmente si estas pruebas se van a realizar en otro centro, es muy importante dar información clínica sobre el paciente y, por otra parte, orientar sobre qué queremos confirmar o descartar con la prueba solicitada. Debemos ser conscientes de las limitaciones de estas pruebas tanto por necesidades de colaboración de los pacientes como por la imposibilidad de establecer diagnósticos concretos basándonos exclusivamente en la electrofisiología.

La ISCEV ha clasificado diferentes situaciones en las que las pruebas electrofisiológicas nos pueden ser de ayuda:

1. Confirmación diagnóstica de enfermedades oftalmológicas o neurológicas, como por ejemplo ante enfermedades retinianas hereditarias, siderosis ocular, esclerosis múltiple, retinopatía diabética, oclusión retiniana arterial o venosa, albinismo (Protocolos 1 y 2).
2. Pérdida visual inexplicada. Se trata de pacientes con disminución de la agudeza visual sin causa aparente que lo explique: pérdida visual asociada al estrés, nictalopia, alteraciones campimétricas como constricción o escotomas centrales, pacientes con dificultades para expresarse o con incapacidad para los tests subjetivos de visión, demandas médico-legales que requieran un estudio objetivo de la visión, pérdidas visuales funcionales (Protocolo 3).
3. Oftalmopediatría. Algunas pruebas como EOG, pERG o mfERG son muy difíciles de realizar en niños menores de 5 años y requieren cierta colaboración. Sin embargo el ERG y el PEV son pruebas que pueden practicarse a cualquier edad y pueden ser útiles en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades metabólicas y hereditarias, nistagmus, ambliopías, ceguera, antecedentes familiares de baja visión o alteraciones de la visión binocular.
En niños muy pequeños no colaboradores suele realizarse un ERG con flash mesópico que puede realizarse con o sin anestesia. El ERG es prácticamente normal desde el nacimiento. Analizaremos la morfología de la respuesta y la amplitud y tiempos de latencia de las ondas a y b, cuya alteración sería sugestiva de enfermedad retiniana. En estos casos suele ser necesario valorar la evolución de los registros.

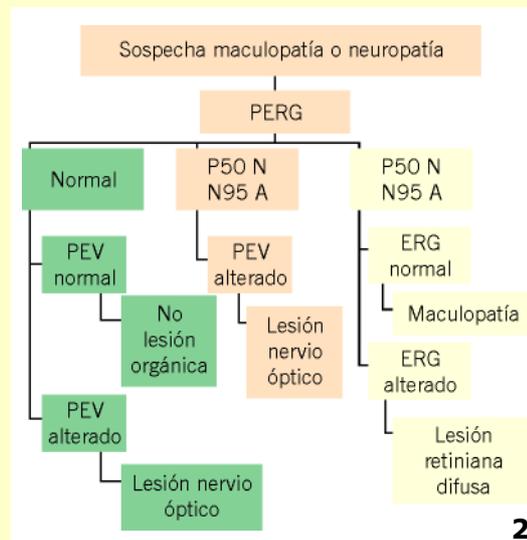
Los PEV tipo flash son los que realizamos en niños ya que apenas requieren de la atención.



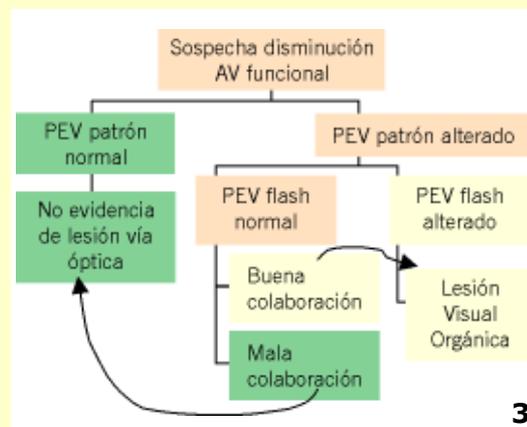
Protocolo 1.

Protocolo 2.

Protocolo 3.



2



3

Existe un proceso de maduración de los potenciales, así en un prematuro la estimulación flash provoca una gran onda negativa. En el recién nacido normal el trazado típico consta de una onda positiva P₂, una onda negativa N₃ y otra positiva P₃. A los tres meses de edad la morfología de los PEV es similar a la del adulto. Con el desarrollo las latencias disminuyen progresivamente de manera que a los 6 años son comparables al adulto. Para la estimulación estructurada se usan daderos más grandes que en adultos y no se consigue una respuesta similar hasta el año de edad.

4. Opacidad de medios. Suelen utilizarse el ERG y los PEV tipo flash y son de utilidad a la hora de establecer una indicación y un pronóstico quirúrgico en casos de opacidades corneales, cataratas maduras, congénitas o traumáticas y hemorragias vítreas (Protocolo 4).
5. Monitorización de fármacos o posible toxicidad. En el caso de los antipalúdicos de síntesis se ha propuesto la utilidad del mfERG y del pERG en

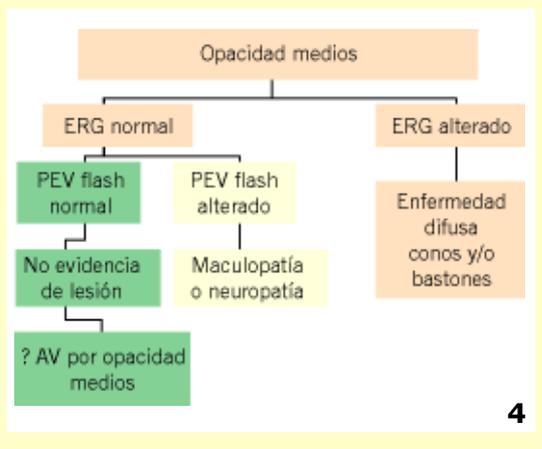
la detección precoz de toxicidad, aunque no están establecidos como métodos rutinarios. En fases más tardías el ERG puede ayudar a confirmar el diagnóstico.

En casos de sospecha de toxicidad por etambutol, fenotiacina, alcohol-tabaco se puede realizar ERG, pERG y PEV para objetivar la alteración visual.

6. Detección de enfermos o de portadores sanos de enfermedades visuales hereditarias, como en la retinitis pigmentaria, ceguera congénita estacionaria, enfermedad de Stargardt y otras.
7. Seguimiento cuantitativo de enfermedades oftalmológicas. Se ha propuesto el uso del ERG y el EOG para la monitorización de uveítis posteriores, retinosis pigmentaria o trombosis venosas. Los PEV pueden ser de interés en el seguimiento de la tirotoxicosis para establecer la necesidad de tratamiento esteroideo o quirúrgico.
8. Valoración de la función retiniana y del nervio óptico después de un traumatismo. El uso de los PEV y del ERG puede ser necesario en casos de opacidad de medios y, junto con el pERG pueden detectar o confirmar alteraciones de gran trascendencia medico-legal.
9. Finalmente pueden realizarse estudios electrofisiológicos como parte de proyectos de investigación tanto en pacientes como en individuos sanos.

El conjunto de todos los estudios electrofisiológicos puede valorar la integridad de toda la vía visual, sin embargo no siempre son necesarias todas las pruebas, es más, es conveniente minimizarlas para facilitar la comodidad y buena colaboración del paciente. Por otra parte en algunos casos es necesario combinar varias pruebas para poder establecer conclusiones. En la Tabla 1 se proponen las pruebas más apropiadas para diferentes situaciones clínicas.

Protocolo 4.



4

Tabla 1.
Indicaciones potenciales de los diferentes estudios electrofisiológicos ante diversas situaciones clínicas

Diagnóstico provisional	EOG	ERG	PERG	PEV Flash	PEV Pattern
Pérdida de AV inexplicada		+	+		+
Opacidad de medios		+		+	
Enfermedades tóxicas y nutricionales	±	+	+		+
Degeneraciones retinianas hereditarias	+	+			
Uveítis	+	±	+		
Enfermedades vasculares (OVCR, diabetes)		+	+		+
Neuritis retrobulbar			+		+
Glaucoma			+		

Perspectivas futuras

Un servicio de electrodiagnóstico oftalmológico busca evaluar la capacidad visual y engloba varios profesionales: técnicos, optometristas y médicos. La valoración de la visión debería incluir estudios psicofísicos como la agudeza visual, campimetría, pruebas de contraste, tests de colores, pruebas electrofisiológicas estándar y también pruebas más específicas como los PEV multifocales, PEV flicker, electronistagmografía. Además ofrece un amplísimo campo de investigación en busca de la valoración objetiva de la función visual.

Lecturas recomendadas

Fishman GA, Birch DG, Holder GE, Brigell MG, eds. *Electrophysiologic Testing in disorders of the retina, optic nerve and visual pathway*, 2nd ed. Ophthalmology monograph 2. San Francisco, CA: The Foundation of the American Academy of Ophthalmology, 2001.

Benítez del Castillo JM, Pérez Salvador JL, Benítez del Castillo Sánchez J, Pérez-Salvador García E, eds. *Manual Básico de Electrofisiología Ocular: Sus aplicaciones en la práctica clínica*. 1ª ed. Mac Line. Madrid. 2002.

International Society for Clinical Electrophysiology of Vision. Disponible en: <http://www.iscev.org>.

Bibliografía

- Holder GE. Pattern electroretinography (PERG) and an integrated approach to visual pathway diagnosis. *Prog Retin Eye Res* 2001;20:531-61.
- Holder GE. Electrophysiological assessment of optic nerve disease. *Eye* 2004;18:1133-43.
- Maffei L, Fiorentini A. Electroretinographic responses to alternating gratings before and after section of the optic nerve. *Science* 1981;211:953-5.
- Harrison JM, O'Connor PS, Young RS, et al. The pattern ERG in man following surgical resection of the optic nerve. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1987;28:492-9.
- Blondeau P, Lamarche J, Lafond G, et al. Pattern electroretinogram and optic nerve section in pigeons. *Curr Eye Res* 1987;6:747-56.
- Ryan S, Arden GB. Electrophysiological discrimination between retinal and optic nerve disorders. *Doc Ophthalmol* 1988;68:247-55.
- Berninger T, Schuurmans RP. Spatial tuning of the pattern ERG across temporal frequency. *Doc Ophthalmol* 185;61:17-25.
- ISCEV. Visual Electrodiagnostics: a guide to procedures. 1999. www.iscev.org/standards/proceduresguide.html
- Bach M, Hawlina M, Holder GE, et al. Standard for pattern electroretinography. *Doc Ophthalmol* 2000; 101:11-8.
- Berninger TA. The pattern electroretinogram and its contamination. *Clin Vis Sci* 1986;1:185-90.
- Stavrou P, Good PA, Misson GP, et al. Electrophysiological findings in Stargardt's-fundus flavimaculatus disease. *Eye* 1998;12:953-8.
- Lois N, Holder GE, Fitzke FW, Plant C, Bird AC. Intrafamilial variation of phenotype in Stargardt macular dystrophy-fundus flavimaculatus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:2668-75.
- Lois N, Holder GE, Bunce C, Fitzke FW, Bird AC. Stargardt macular dystrophy-fundus flavimaculatus: phenotypic subtypes. *Arch Ophthalmol* 2001;119: 359-69.
- Smith RG, Brimlow GM, Lea SJ, Galloway NR. Evoked responses in patients with macular holes. *Doc Ophthalmol* 1990;75:135-44.
- Falsini B, Minnella A, Buzzonetti L, Merendino E, Porciatti V. Macular electroretinograms to flicker and pattern stimulation in lamellar macular holes. *Doc Ophthalmol* 1992;79:99-108.
- Birch DG, Anderson JL, Fish GE, Jost BF. Pattern-reversal electroretinographic acuity in untreated eyes with subfoveal neovascular membranes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33:2097-114.
- Eckstein MB, Spalton DJ, Holder GE. Visual loss from central serous retinopathy in systemic lupus erythematosus. *Br J Ophthalmol* 1993;77:607-9.
- Arden GB, Hamilton AM, Wilson-Holt J, et al. Pattern electroretinograms become abnormal when background diabetic retinopathy deteriorates to a preproliferative stage: possible use as a screening test. *Br J Ophthalmol* 1986;70:330-5.
- Prager TC, Garcia CA, Micher CA. The pattern electroretinogram in diabetes. *Am J Ophthalmol* 1990;109: 279-84.
- Hawlina M, Jarc M, Popovic P. Pattern ERG is preserved in retinitis pigmentosa - a follow-up study. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1998;106(suppl. 1001):46.
- Ruther K, Ehlich P, Philipp A, Eckstein A, Zrenner E. Prognostic value of the pattern electroretinogram in cases of tumors affecting the optic pathway. *Graefers Arch Clin Exp Ophthalmol* 1998;236:259-63.
- Parmar DN, Sofat A, Bowman R, Bartlett JR, Holder GE. Prognostic value of the pattern electroretinogram in

- chiasmal compression. *Br J Ophthalmol* 2000;84:1024-6.
23. Berninger TA, Jaeger W, Krastel H. Electrophysiology and colour perimetry in dominant infantile optic atrophy. *Br J Ophthalmol* 1991;75:49-52.
 24. Holder GE. The Pattern electroretinogram. En: Fishman GA, Birch DG, Holder GE, Brigell MG, eds. *Electrophysiologic Testing in disorders of the retina, optic nerve and visual pathway, 2nd ed. Ophthalmology monograph 2*. San Francisco, CA: The Foundation of the American Academy of Ophthalmology, 2001.
 25. Odom JV, Bach M, Barber C *et al* Visual evoked potentials standard (2004). *Doc Ophthalmol* 2004;108:115-23.
 26. Brigell MG. The Visual Evoked Potential. En: Fishman GA, Birch DG, Holder GE, Brigell MG, eds. *Electrophysiologic Testing in disorders of the retina, optic nerve and visual pathway, 2nd ed. Ophthalmology monograph 2*. San Francisco, CA: The Foundation of the American Academy of Ophthalmology, 2001.
 27. Miller DH, Newton MR, Van der Poel JC *et al*. Magnetic resonante imaging of the optic nerve in optic neuritis. *Neurology* 1988;38:175-9.
 28. Rizzo JF III, Lessell S. Optic neuritis and ischemic optic neuropathy: overlapping clinical profiles. *Arch Ophthalmol* 1991;109:1668-72.
 29. Acheson J. Optic nerve and chiasmal disease. *J Neurol* 2000;247(8):587-96.

Fe de errata

En el artículo "Pruebas electrofisiológicas: ¿qué, cuando, cómo y por qué?" publicado en *Annals d'Oftalmologia* 2005;13(1):8-29, la Figura 5 corresponde a la Figura 6, y la Figura 5 correcta sería la siguiente:

