

## POTENCIALES EVOCADOS VISUALES Y ELECTRORETINOGRAMA

ERNESTO OJEDA

### INTRODUCCIÓN

Los potenciales evocados visuales (PEV) han cobrado importancia progresiva en el diagnóstico actual de las afecciones de las vías visuales tanto en adultos como en niños.

Al observar los cambios que se indican durante la fotoestimulación, se reconocieron los potenciales evocados en el registro electroencefalográfico y con muchos años de antelación al desarrollo de las técnicas utilizadas hoy.

Inicialmente los PEV fueron estudiados con estímulos emitidos por destellos o *flashes* de luz o mediante el estroboscopio que producían respuestas muchas veces inciertas e inconsistentes, lo que limitó su uso. Los PEV ganaron popularidad cuando se introdujo y difundió la estimulación por patrón reversible, mediante la presentación de modelos visuales (damero).

Las respuestas generadas en la retina siguen estrechamente en su recorrido la trayectoria de las vías visuales, cualquier anomalía desde la córnea hasta la corteza occipital puede alterar los PEV. El compromiso del trayecto de la córnea a la retina se estudia usando técnicas con las que están más familiarizados los oftalmólogos. Los PEV se utilizan principalmente para valorar problemas desde el nervio óptico hasta la corteza cerebral. El estímulo con destello es útil en circunstancias particulares en que se desea determinar la integridad de la vía visual en forma grosera, en aquellos que no cooperan, bajo anestesia general, en niños y en situaciones de muy pobre agudeza visual.

### Equipo

Los PEV se obtienen por estimulación con un patrón reversible en damero (cuadrícula a manera de tablero de ajedrez) presentado en un monitor que permita modificar el tamaño de los cuadrados, los sectores de la pantalla, la velocidad de reversión de los cuadros y con la suficiente calidad para mantener un nivel constante de intensidad luminosa y de contraste. Así mismo se debe contar con destello de luz que permita controlar la intensidad, duración y frecuencia del estímulo.

### Metodología

El paciente se sienta frente al monitor, y fija la mirada en una marca central que debe tener el monitor. La distancia exacta entre el ojo y la pantalla debe ser estandarizada (usualmente 1 metro) de acuerdo a los grados de estimulación que se desea.

La estimulación visual con cuadrados de 10-20 minutos de ángulo visual produce las respuestas con amplitudes mayores. Se usan ángulos visuales por debajo de 15 minutos de arco para evaluar visión macular. Ángulos visuales por encima de 15 minutos de arco incluyen la fovea, y los mayores de 40 minutos de arco la retina parafoveal. En general se recomienda, si solo se utiliza un tamaño de cuadrados, ángulos visuales de 28 a 32 minutos de arco (Figura 1).

### Electrodos

Se usan electrodos convencionales de copa como los utilizados en electroencefalografía.

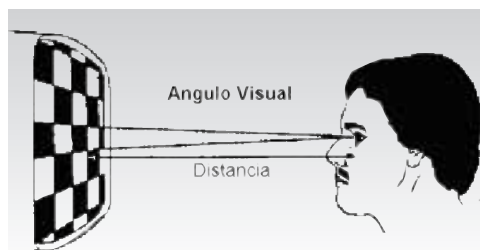


Figura 1. Cálculo del ángulo visual: multiplicar la altura del cuadrado del damero en mm por 3450 y dividir por la distancia entre el ojo y la pantalla en mm, se obtiene el ángulo visual en minutos. Para obtener los grados se divide por 60.

El montaje más utilizado es CZ-OZ, con electrodo a tierra colocado en la frente u oreja. Debe utilizarse un montaje que incluya electrodos laterales en pacientes que tengan un defecto conocido de sus campos visuales o en quienes va a realizar estimulación parcial del campo visual. Chiappa recomienda el siguiente montaje:

- Canal 1: OZ a referencia
- Canal 2: PZ a referencia.
- Canal 3: A la derecha del inión, cinco cms por encima y cinco cms laterales.
- Canal 4: A la izquierda del inión, cinco cms por encima y cinco cms lateral.

### Resultados normales e interpretación

En los estudios clínicos de rutina 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. Se genera al parecer en el área estriada y la corteza pre-estriada de los lóbulos occipitales. 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 mseg (Figura 2).

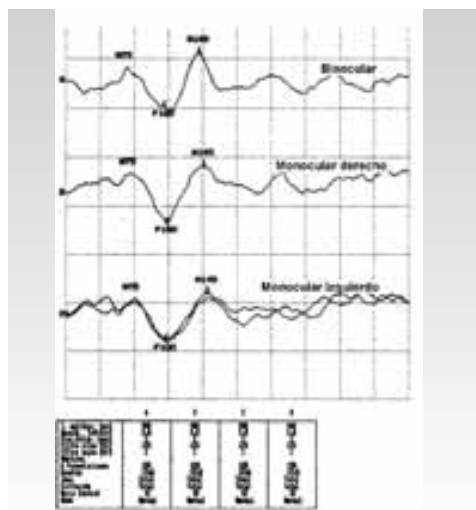


Figura 2. Potenciales evocados visuales obtenidos mediante patrón reversible en tablero de ajedrez con estimulación binocular (A) y monocular (B-D) y 120 respuestas promediadas. Se observa la secuencia normal negativo (N75), positivo (Pico) negativo (N 145).

Cuando se realiza estimulación con destello, los resultados presentan grandes variaciones morfológicas y de sus latencias, por lo tanto la información obtenida por este método es más cualitativa que cuantitativa (Figura 3).

### Factores técnicos que afectan los resultados

La intensidad de la luminosidad del estímulo afecta la P-100. Aumentar la luminosidad incrementa la amplitud y disminuye la latencia. Dado que el diámetro pupilar afecta la cantidad de luz que alcanza la retina, los pacientes no deben ser estudiados bajo efecto farmacológico que modifique el tamaño pupilar. Las condiciones de luz ambiental deben estar controladas y el patrón de contraste del monitor de televisión estandarizado. Se recomienda utilizar los lentes de corrección que habitualmente utilice el paciente para su trastorno de refracción.

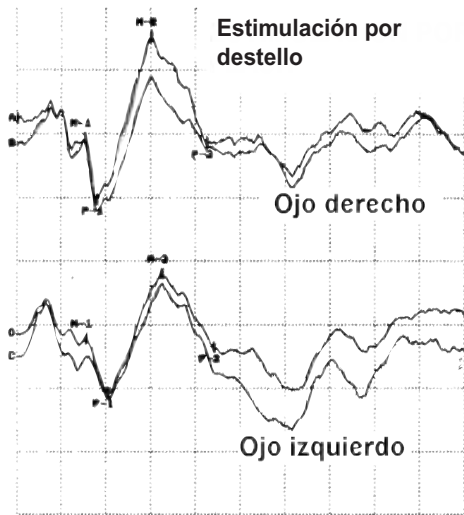


Figura 3. Potenciales evocados visuales obtenidos mediante estimulación con destello monocular. Para cada ojo se promediaron entre 50 y 100 respuestas que se sobrepone para determinar confiabilidad de respuestas. Nótese el cambio de morfología con respecto a estimulación con damero y disminución de latencia de la primera positividad (P1).

### Aplicaciones clínicas

Los potenciales evocados proveen importante información complementaria al examen clínico. Los defectos de conducción producen cambios en la latencia sin mayor cambio en la configuración y las diferencias interoculares son probablemente el marcador más conspicuo de disfunción del nervio óptico.

La amplitud tiene poca utilidad, dada la gran variabilidad interindividual de la misma, y su susceptibilidad a las diferencias de agudeza visual, luminosidad del estímulo y luz ambiente.

Cuando se desea distinguir entre lesión de retina o del nervio óptico, la evaluación oftalmológica y la electroretinografía complementarias es una estrategia para aclarar esta situación clínica.

### Uso en neuritis óptica y esclerosis múltiple

Muchos estudios han validado la importancia de los PEV en el diagnóstico de EM. La tendencia de la enfermedad es involucrar al nervio óptico produciendo o no síntomas. Los hallazgos de los PEV pueden ser anormales en pacientes con EM a pesar de que los estudios oftalmológicos o de resonancia magnética sean normales.

Los PEV en la neuritis óptica siempre demuestran alguna anomalía y a pesar de la recuperación de la agudeza visual, generalmente persiste por tiempo indefinido. Luego de un episodio aislado de neuritis óptica los PEV permanecen anormales por varios meses a años y se incrementan los hallazgos anormales con la recaídas subsecuentes.

Varios estudios sugieren que en EM la anomalía de los PEV llega al 85%. Con los criterios de Poser, en EM probable la proporción de sujetos comprometidos es 50% y en la EM posible 35%.

La latencia de la P100 y la diferencia interocular son los parámetros más evidentes y sensibles para la interpretación clínica de los PEV.

### Otros usos clínicos

En los tumores intrínsecos o extrínsecos a las vías visuales los PEV son de utilidad. No se evocan, se reduce la amplitud significativamente o se altera la morfología. Menos conspicuos son los cambios de la latencia P100.

Por lo general, el edema papilar y la hipertensión endocraneana benigna no producen cambios significativos en la P-100. Sin embargo, algunos estudios reportan anomalía con reversión de los hallazgos paralelamente con el control clínico.

Varias enfermedades de SNC producen anomalías en los PEV. La ataxia de Friedreich frecuentemente produce prolongación de las latencias y disminución de la amplitud. En Charcot-Marie-tooth, déficit de vitamina B-12, diabetes, enfermedad de Parkinson, sarcoidosis, ambliopía tóxica, corea de Huntington y migaña se han descrito anomalías.

El uso de los PEV en el estudio de las lesiones de la porción posterior de las vías visuales, que resulten de un tumor, infarto o ceguera cortical resultante, debe realizarse con estimulación de hemicampos y electrodos en recolección extendidos lateralmente. Sin embargo, éstas estrategias de estudio arrojan resultados poco consistentes. El criterio de la reducción de amplitud mayor al 50% relativa al ojo contralateral, parece ser el hallazgo anormal más importante.

El papel en pediatría de los PEV es notable. Son de importancia en el seguimiento de la maduración de las vías visuales, la ambliopía, el déficit visual, la ceguera, las malformaciones congénitas, la prematuridad, las infecciones y las secuelas de meningitis.

Por otra parte, la evaluación con destellos es de gran utilidad en la valoración de la integridad de las vías visuales en diversas condiciones oftalmológicas, tales como cataratas, opacidades diversas de los medios, desprendimiento de retina, traumas de órbita, en pacientes que no pueden cooperar con y en neonatos.

## EL ELECTRORETINOGRAMA

El electroretinograma (ERG), es un examen que mide la respuesta eléctrica producida por las células retinianas sensibles a la luz; conos y bastones.

El ERG de campo completo es una respuesta en masa generada por las células a través de la retina entera en respuesta a destellos. Los conos aportan del 20 a 25% y los bastones del 75 a 80% del ERG con destellos de luz blanca y en condiciones de adaptación a la oscuridad.

El ERG de campo completo se genera principalmente por la actividad de los conos y bastones extramaculares. La mácula central (10 grados centrales), contiene aproximadamente 450.000 conos que corresponden al 7% del total de la población retiniana de conos. Por lo tanto, las anomalías que sólo afectan la mácula central no tienen una representación significativa en el ERG de campo completo.

Los fotorreceptores en respuesta a la estimulación generan un componente inicial corneano negativo u onda "a" del ERG, en tanto que las células de Müller son las responsables del componente tardío positivo u onda "b". El ERG de campo completo es útil en la detección del compromiso de la función de conos y bastones. Los pacientes con alteración visual por atrofia óptica o enfermedades corticales tienen preservado el ERG de campo completo en respuesta al destello.

## Componentes del ERG humano

El ERG humano está compuesto por una serie de elementos que no son igualmente prominentes dentro de el registro. Dado que el ERG es el producto de la suma algebraica de sus generadores, rara vez es posible aislarlos completamente.

Más que por su relevancia fisiológica es por su prominencia, que las ondas "a" y "b" se consideran los componentes principales de la respuesta humana. La onda "a" tiene dos componentes. Hay que tener en cuenta que el ERG está constituido por la superposición de las respuestas fotópicas y escotópicas, cada una de las cuales tiene una onda inicial "a" negativa seguida por una onda "b" positiva.

En la figura 4 el trazado superior muestra la forma de onda en el ERG del ojo adaptado a la oscuridad, separada en sus dos componentes. La línea punteada representa la contribución escotópica (bastones) y la interrumpida la contribución fotópica (conos), ambas contiene una onda "a" y "b". La línea vertical corresponde al inicio del estímulo.

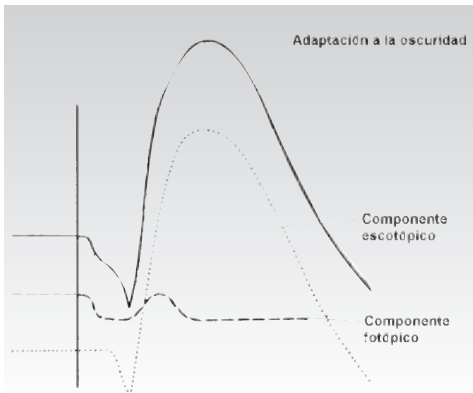


Figura 4. Electroretinograma (ERG) en oscuridad.

Un análisis más detallado de los componentes del ERG muestra en orden secuencial temporal la aparición de los diversos componentes, no necesariamente están presentes en todos los registros y en determinados casos, es necesario usar estrategias especiales para su obtención. La primera respuesta es el potencial de receptor temprano, seguida inmediatamente por los componentes fotópico y luego escotópico de la onda “a” seguida de la onda “b”, que también tiene su componente inicial fotópico y luego escotópico. Principalmente, sobre la porción escotópica se inscriben los potenciales oscilatorios como pequeñas ondas. Por último hay una deflexión negativa, a veces denominada respuesta negativa tardía

y finalmente la onda “c”, que frecuentemente no se desarrolla (Figuras 5 y 6).

### Mediciones del ERG

Las diferentes medidas de la respuesta del ERG varían de acuerdo a las condiciones de iluminación e intensidad del estímulo y estado de adaptación a la oscuridad o a la luz y deben ser estandarizadas en cada laboratorio en particular.

A continuación se discute los estándares para la realización del ERG y las respuestas básicas a obtener, de acuerdo con la Sociedad Internacional de Clínica Electrofisiológica de la Visión (ISCEV)

### Técnicas para la realización del ERG

#### Estímulo luminoso

Para la estimulación se utiliza un flash emitido desde una cúpula que permite la estimulación del total de la retina (Ganzfeld), o por medio de difusores oculares. Para determinados casos se utiliza destellos focales para exámenes especializados.

La duración del estímulo debe ser de aproximadamente cinco ms. Respecto a la intensidad del estímulo la que emita un destello una intensidad de luz estandarizada.

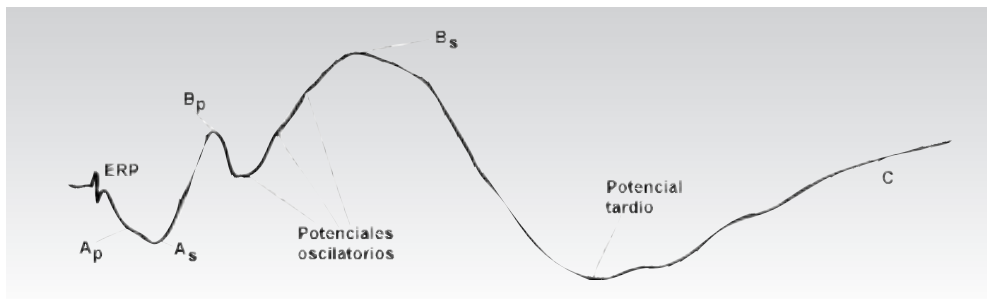


Figura 5. ERG esquema. Potencial de receptor temprano. Ap onda “a” porción fotópica. As onda “a” porción escotópica. Bp onda “b” porción fotópica. Bs onda “b” porción escotópica. Potenciales oscilatorios. Respuesta negativa tardía. C onda “c”.

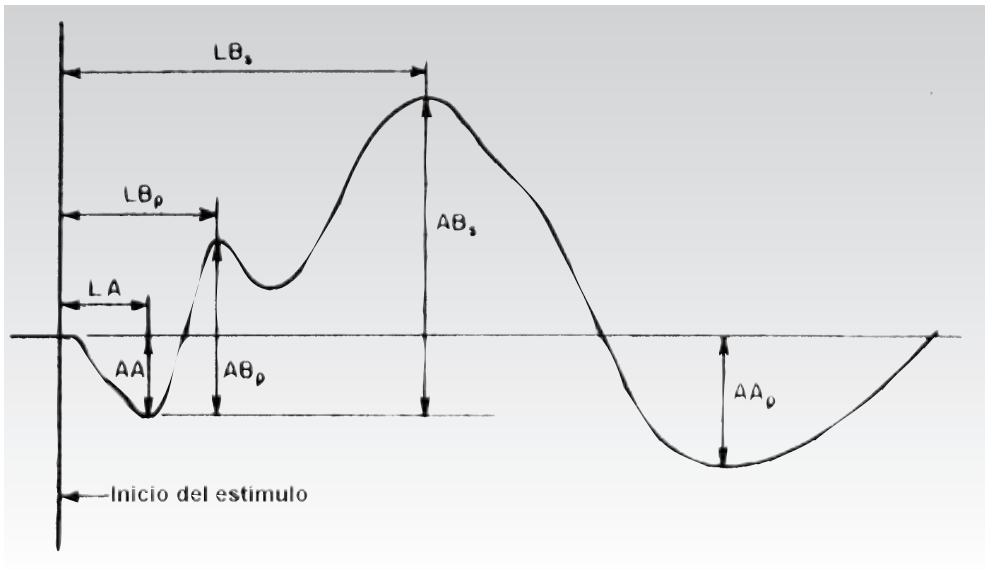


Figura 6. ERG esquema. AA, la onda a. ABp el componente fotópico de la onda "b". ABs, el componente escotópico de la onda "b". AAp la respuesta negativa tardía. Las medidas de latencia incluyen: LA, el pico de la latencia de la onda "a". LBp tiempo implícito de la porción fotópica de la onda "b". LBs. Tiempo implícito de la porción escotópica de la onda "b".

### Electrodos

Se utilizan electrodos tipo lentes de contacto (Burian-Allen), fibras conductoras u hojillas, presillas o mechas conjuntivales, que requieren del uso de anestesia local para su inserción, y con los que se debe asegurar una impedancia adecuada para la obtención del registro. Los electrodos de referencia incorporados en los lentes de contacto configuran un tipo de electrodo bipolar. La alternativa es utilizar electrodos de superficie cutáneos en la frente o cerca del ojo explorado, teniendo en cuenta una mínima impedancia.

### Protocolo clínico

Se recomienda dilatación pupilar máxima. La adaptación a la oscuridad se realiza por 20 minutos previa la obtención de la respuesta de los bastones (escotópico) y de 10 minutos de exposición a la luz

previo al registro de la actividad de los conos (fotópico)

### Respuestas específicas

**Respuesta de los bastones.** Se obtiene, luego de la adaptación a la oscuridad por 20 minutos, con un débil destello de luz haciendo énfasis en la primera señal obtenida.

**Respuesta máxima combinada.** Se obtiene por el estímulo con destello estándar blanco y en el ojo adaptado a la oscuridad. Esta respuesta es producida normalmente por una combinación de los sistemas de conos y bastones.

**Potenciales oscilatorios.** Se obtienen en el ojo adaptado a la oscuridad con el destello estándar blanco, utilizando filtros y una conformación de bandas de paso apropiadas. También se puede obtener en el ojo adaptado a la luz.

**Respuesta de los conos.** Se obtiene mediante destello de luz estándar y con el ojo adaptado a la luz por 10 minutos y supresión de la actividad de los bastones por iluminación de fondo.

**Respuesta de parpadeo a 30 Hz (Flicker).** Se obtiene con iluminación de fondo para suprimir la actividad de los bastones, con estímulos de flash presentados a una frecuencia

de 30 por segundo.

La utilidad del ERG en la clínica oftalmológica es extensa. En el ámbito neurológico ayuda a precisar el compromiso retiniano asociado a diversos síndromes. En la tabla a continuación se relacionan las principales distrofias retinianas asociadas con enfermedades sistémicas y sus principales características clínicas (Tabla 1).

Tabla 1. Distrofias retinianas.

<b>Amaurosis de Leber:</b> enfermedad renal, retardo mental, cardiomiopatía.
<b>Abetalipoproteinemia:</b> distrofia retiniana, desgaste y retardo mental.
<b>Enfermedad de Refsum:</b> neuropatía periférica, debilidad, ictiosis, arritmia cardíaca, displasia epifisiaria.
<b>Síndrome de Usher tipo I:</b> sordera precoz severa y distrofia retiniana tardía.
<b>Síndrome de Usher tipo II:</b> distrofia retiniana precoz, sordera para tonos de frecuencia alta, respuestas vestibulares intactas y desórdenes peroxisomales
<b>Síndrome de Zellweger:</b> enfermedad infantil de Refsum + leucodistrofia adrenal infantil + distrofia retiniana + hipotonía, cardiopatía y retardo mental.
<b>Síndrome de Cocayne:</b> distrofia retiniana, retardo mental, piel sensible al sol con cáncer de piel y debilidad.
<b>Mucopolisacaridosis y mucolipidosis:</b> con distrofia retiniana progresiva.
<b>Enfermedad de Batten:</b> enfermedad de inicio macular precoz y deterioro mental.
<b>Síndrome de Jeune:</b> distrofia torácica asfixiante, distrofia retinal y renal.
<b>Síndrome de Joubert:</b> Distrofia retiniana, retardo mental moderado, movimientos anormales incluyendo apraxia congénita de oculomotores y desorden peroxisomal.
<b>Enfermedad de Hallervarden Spatz:</b> degeneración cerebelosa progresiva, retardo mental moderado y distrofia retiniana.
<b>Síndrome de Alstrom:</b> distrofia retiniana, sordera, obesidad, baja talla, diabetes, acantocitosis nigricans.
<b>Síndrome de Biedl-Bardet:</b> distrofia retiniana, torpeza mental, hipogenitalismo, polidactilia en 70%, distrofia renal.
<b>Síndrome de Senior:</b> compromiso renal, distrofia retiniana .

**LECTURAS RECOMENDADAS**

[1] ALLISON T, MATSUMIYA Y, GOFF WR. The Scalp topography of human visual evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997; 42: 185-197.

[2] American Electroencephalographic Society: Guidelines for clinical evoked potential studies. *J Clin Neurophysiol* 1:3, 1984.

[3] ARDEN BG, BARNARD WM, MUSHIN AS: Visual evoked responses in amblyopia. *Br J Ophthalmol* 1974; 58:183-192.

[4] ARMINGTON JC. The Electroretinogram. New York: Academic Press. 1974.

[5] ASHWORTH B, MALONEY AFT, TOWNSEND HRA. Delayed visual evoked potentials with bilateral disease of the posterior visual pathway. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1978: 449-451.

[6] BACH M, HAWLINA M, HOLDER GE, ET AL. Standards, Recommendations and Guidelines. Standard for Pattern Electroretinography. *Documenta Ophthalmologica* .2000;101:11-18.

[7] BAYLOR DA. Photoreceptor signals and vision. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1987;28-34.

- [8] **BLUMHARDT LD, HALLIDAY AM.** Cortical abnormalities and the visualevoked response. *Doc Ophthalmol Proc Series* 1981; 27:347-365.
- [9] **CELESIA GG, BODIS-WOLLNER I, CHATRIAN GE, HARDINGFA, SPEKREIJSE H.** Recommended standards for electrorretinograms and visual evoked potentials. Report of an IFCN committee. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1993; 87:421-436.
- [10] **CHIAPPA KH.** Evoked potentials in clinical medicine, Philadelphia: Lippincott-Raven 1997.
- [11] **IJIMA H.** Distribution of ERG amplitudes, latencies, and implicit times. Heckenlively JR, Arden GB, eds. *Principles and Practice of Clinical Electrophysiology of Vision*. 1991;289-290.
- [12] **KRILL AE, DEUTMAN AF, FISHMAN M.** The cone degenerations. *Doc Ophthalmol* 1973.35;1-80. .
- [13] **MARMOR MF, ZRENNER E.** Standart for clinical electroretinography. (1999 update). *Doc Ophthalmol* 1999;97:143-156.