

## Valores de referencia del electrooculograma

### Reference values for electrooculography

**Dr. Alberto Barrientos Castaño, Dr. Maritza Herrera Mora, Dr. Obel García Báez, Lic. Milagros Sierra Hernández, Lic. Odalys Pérez de la Rosa**

Centro Internacional de Retinosis Pigmentaria. Clínica "Camilo Cienfuegos". La Habana, Cuba.

---

#### RESUMEN

**Objetivo:** obtener los valores de referencia del electrooculograma según los patrones normados por el Comité de Estandarización de la Sociedad Internacional para la Electrofisiología Clínica de la Visión (ISCEV).

**Métodos:** se seleccionaron al azar 27 individuos sanos entre los trabajadores del Centro Internacional de Retinosis Pigmentaria "Camilo Cienfuegos". Se les realizó el electrooculograma según los parámetros planteados por el Comité de Estandarización de la ISCEV. Se midieron los valores de los principales indicadores de importancia clínica del electrooculograma (índice de Arden, la amplitud de pico de oscuridad y el tiempo de aparición del pico de luz en la fase de claridad).

**Resultados:** los valores más bajos de amplitud del potencial estuvieron entre 388 y 882  $\mu\text{V}$  en la fase de oscuridad. El pico de luz se obtuvo entre los 9 y los 10 min y durante esta fase el potencial alcanzó una amplitud entre 808 y 1 963  $\mu\text{V}$ ; esta variabilidad de las amplitudes puede estar relacionada con que la prueba se realizó sin midriasis pupilar. El valor de referencia del índice de Arden obtenido fue de 1,55 a 2,87.

**Conclusiones:** se obtuvieron los valores de referencia de nuestro laboratorio para los principales indicadores de utilidad clínica del electrooculograma siguiendo metodologías estandarizadas.

**Palabras clave:** electrooculograma, epitelio pigmentario de la retina, valores de referencia.

## ABSTRACT

**Objective:** obtain electrooculographic reference values based on the patterns set by the Standardization Committee of the International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV).

**Methods:** twenty-seven healthy individuals were selected at random among employees at "Camilo Cienfuegos" International Center for Retinitis Pigmentosa. An electrooculogram was performed on them following the parameters set by ISCEV Standardization Committee. A measurement was made of the main clinically important electrooculographic indicators (Arden index, dark peak amplitude and light peak emergence time in the light phase).

**Results:** the lowest amplitude values of the potential ranged between 388 and 882  $\mu\text{V}$  in the dark phase. The light peak was obtained between 9 and 10 minutes, and during this phase the potential reached an amplitude ranging between 808 and 1 963  $\mu\text{V}$ . This amplitude variability may be related to the fact that the test was conducted without pupillary mydriasis. The reference value obtained for Arden index was 1.55 to 2.87.

**Conclusions:** following standardized methodologies, reference values were obtained for the main clinically useful electrooculographic indicators. These indicators will be of use in our laboratory.

**Key words:** electrooculogram, retinal pigment epithelium, reference values.

---

## INTRODUCCIÓN

El electrooculograma (EOG) es una prueba electrofisiológica que mide la variación que se produce en el potencial de reposo del ojo (6 microvoltios) existente entre la córnea (positivo) y el polo posterior (negativo) con los movimientos oculares y los cambios de incidencia de la luz sobre la retina.<sup>1</sup> El término electrooculograma fue introducido por *Marg* en 1951, pero el potencial fue descubierto en 1849 por el profesor alemán *DuBois-Reymond*. A pesar de que ya se habían reportado alteraciones en el EOG en enfermedades degenerativas de la retina por *Riggs* y *François*, no fue hasta 1962 luego de los trabajos de *Arden*, que la prueba aumenta su uso en la práctica clínica diaria como un método de medición de la actividad funcional del complejo epitelio pigmentario de la retina y segmentos externos de los fotorreceptores.<sup>2</sup>

El EOG es una prueba útil en la evaluación de las enfermedades que afectan la retina (sobre todo si se usa en conjunto con el electroretinograma), como las distrofias hereditarias de la retina y coroides, afecciones vasculares, tóxicas, inflamatorias y tumorales donde se afecta el complejo epitelio pigmentario-fotorreceptores.<sup>3</sup> Es particularmente importante en la evaluación y diagnóstico de la enfermedad de Best o distrofia viteliforme de la mácula, donde el EOG está marcadamente disminuido y el electroretinograma a campo completo o global está dentro de límites normales.<sup>4-7</sup>

La utilización del EOG en la clínica al igual que otras pruebas de electrodiagnóstico visual, requiere de la obtención de los valores de referencia de los indicadores clínicos o parámetros fundamentales, a partir de los cuales se determina las alteraciones funcionales. Los métodos de obtención y medición del EOG han variado de un laboratorio a otro, por lo que en 1993, el Comité de Estandarización de la

---

Sociedad Internacional para la Electrofisiología Clínica de la Visión (ISCEV), realizó su primer intento de estandarización metodológica del EOG con el objetivo de obtener pruebas de calidad consistente y cuyos valores sean comparables con los valores de otros laboratorios.<sup>8,9</sup> Esta estandarización se revisó en el año 1998 y luego en el 2006.<sup>10</sup>

La obtención del equipamiento y la necesidad de realizar esta prueba en nuestra clínica para el estudio de las distrofias de la retina, y en particular la retinosis pigmentaria, nos motivo a trazarnos como objetivo, la obtención los valores de referencia de los principales indicadores clínicos del EOG siguiendo las metodologías estandarizadas internacionalmente por la ISCEV.

## MÉTODOS

El universo de trabajo estuvo constituido por los trabajadores de nuestro centro hospitalario, del cual se seleccionó una muestra de 27 trabajadores sanos, de ambos sexos, sin antecedentes de enfermedades oculares o sistémicas y sin defectos refractivos de más de 3 dioptrías tanto positivas como negativas. Los 27 sujetos que de forma voluntaria accedieron a realizarse este estudio, fueron informados del objetivo y método de realización de la prueba y se obtuvo su consentimiento de acuerdo con las normas de la declaración de Helsinki. A todos ellos se les realizó el examen oftalmológico para descartar patologías oculares.

El protocolo seguido para realizar el EOG se basó en la metodología planteada por el Comité de Estandarización de la ISCEV en el año 1993 y reprobada en el 1998.<sup>8,9</sup>

Sin dilatación pupilar previa, se adaptaron los sujetos en la habitación de prueba con un nivel de iluminación entre 35 y 70 lux durante 15 minutos. Se procedió luego de la limpieza de las zonas de contacto con pasta abrasiva Every, a la colocación de los electrodos de superficie (Ag/AgCl), lo más próximo a los cantos temporal y nasal de ambos ojos alternando la polaridad de los mismos, es decir, positivo (canto temporal) con negativo (canto nasal) en OD y positivo (canto nasal) con negativo (canto temporal) en el OI. El electrodo de tierra fue colocado en la región frontal. La colocación de estos se realizó utilizando pasta conductora Elefix de la Nihon Codeen. La impedancia de contacto electrodo-piel objetivo fue menor de 5  $\mu\Omega$ . La prueba se realizó utilizando el electrorretinógrafo EREV 2000 de la firma *Lace Electrónica*.

La primera fase de la prueba se realizó en adaptación a la oscuridad durante 15 min, seguido de una segunda fase en adaptación a la claridad también de 15 min de duración, con una luz de fondo de 400 cd/m<sup>2</sup>, ya que se realizó la prueba sin dilatación pupilar. Durante todo este tiempo se le orientó al paciente realizar movimientos oculares alternando la fijación de un punto luminoso rojo situado a 30° de ángulo visual en el meridiano horizontal del estimulador de cúpula (Ganzfeld).

Los filtros de corte de los amplificadores se colocaron en 0,3 Hz para el corte inferior (el equipo no cuenta con corte a 0,1 Hz) y 30 Hz para el corte superior.

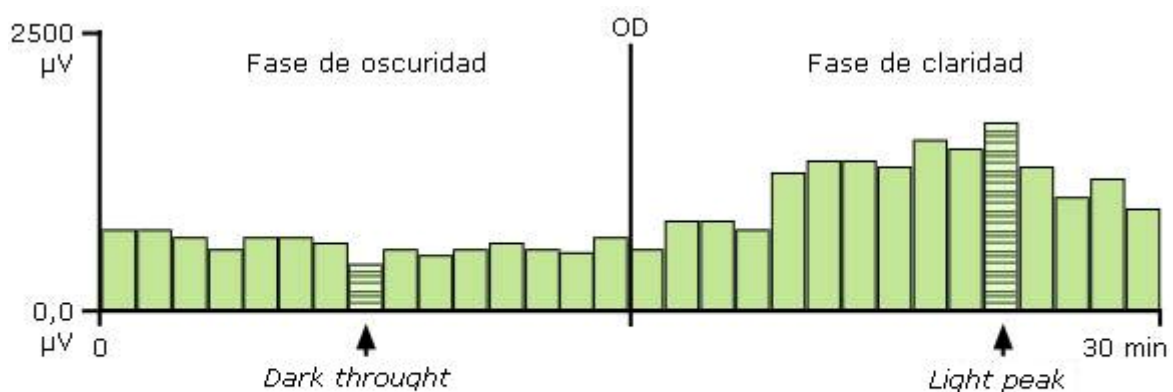
La medición de las sacadas fue realizada mediante el algoritmo computadorizado de la unidad de electrofisiología visual (EREV 2000) y rectificadas manualmente por el operador. En la respuesta obtenida se midió la amplitud más baja del potencial en

la fase de adaptación a la oscuridad (*dark trough* o pico de oscuridad), y la amplitud más alta en la fase de adaptación a la claridad (*ligh peak* o pico de luz); se midió a su vez el tiempo de aparición del pico de luz durante esta última fase, así como la diferencia entre la amplitud del pico de oscuridad y la amplitud del pico de luz (índice de Arden). Se realizó el procesamiento estadístico y se obtuvieron los valores de media, mínimo, máximo, desviación estándar y los límites, con un intervalo de confianza del 95 %.

## RESULTADOS

Se obtuvieron registros satisfactorios en los 54 ojos de los 27 sujetos sanos estudiados, de los cuales 15 fueron del sexo femenino, para el 55,5 % del total de sujetos y 12 del sexo masculino, para el 44,4 %. El rango de edad osciló entre 18 y 61 años, con un promedio de 28 años. La agudeza visual en todos los pacientes estudiados fue de 1,0 SC y el examen oftalmológico fue normal, lo que permitió descartar cualquier patología ocular.

Durante la fase de 15 minutos de adaptación a la oscuridad se observó el descenso del potencial de reposo del ojo, alcanzando el punto más bajo entre los 7 y los 9 min (pico de oscuridad). Los valores de amplitud en este punto más bajo del potencial estuvieron entre 388 y 882  $\mu\text{V}$ , con un promedio de 634,8  $\mu\text{V}$  (Fig.).



**Fig.** Trazado electrooculográfico normal donde se observa señalado el pico de oscuridad en la fase de oscuridad a los 8 min y el pico de luz a los 11 min.

Durante los 15 minutos de la fase de adaptación a la claridad el potencial ascendió gradualmente y el pico de luz se obtuvo entre los 8 y los 10 min de comenzar esta fase, donde se alcanzó una amplitud entre 808 y 1 963  $\mu\text{V}$  con un promedio de 1 385,9  $\mu\text{V}$  (tabla 1).

La diferencia entre la amplitud más baja en la fase de oscuridad y la amplitud más alta en la fase de claridad (índice de Arden), estuvo entre 1,55 y 2,87, con una media de 2,21.

Los valores de referencia según el sexo, se muestran en la tabla 2.

**Tabla 1.** Valores de referencia del electrooculograma

	Amplitud del pico de oscuridad ( $\mu\text{V}$ )*	Amplitud del pico de luz ( $\mu\text{V}$ )*	Tiempo de aparición del pico de luz (min)	Índice de Arden
Promedio	634,8	1385,9	9,5	2,21
DE	123,5	288,7	0,5	0,33
Máximo	922,9	1965,7	10	2,95
Mínimo	411,4	740,5	9	1,68
Intervalo de confianza **	388-882	808-1 963	9-10	1,55-2,87

\* Microvoltios.

\*\* Intervalo para el 95 % de confianza (media  $\pm$  2 DE).

**Tabla 2.** Valores de referencia del EOG según el sexo

Sexo	Amplitud del pico de oscuridad ( $\mu\text{V}$ )*	Amplitud del pico de luz ( $\mu\text{V}$ )*	Índice de Arden
Femenino	642 (438-844)**	1407 (965-1 849)	2,22 (1,61-2,83)
Masculino	625 (317-934)	1352 (606-1961)	2,19 (1,49-2,81)

\* Microvoltios.

\*\* Media con intervalo de confianza.

## DISCUSIÓN

La metodología de registro del EOG estandarizado orientada por la ISCEV, permite obtener un registro consistente, y que puede ser reproducido y comparado con los obtenidos por otros laboratorios, a la vez que son una referencia para el trabajo y

la creación de los valores de referencia de los laboratorios de electrofisiología visual.

La adaptación de los sujetos durante 15 min en el local de prueba a un nivel de iluminación constante, permitió obtener un registro estable y de menor variabilidad entre los sujetos. Nuestro registro se realizó con un corte inferior (*high pass filter*) de 0,3 Hz y no de 0,1 Hz, que es lo recomendado, lo cual hace más difícil la identificación de los *overshoot* en las sacadas. Esto se trató de minimizar con la adecuada instrucción al paciente, la vigilancia permanente de este durante la realización de la prueba, así como la colocación adecuada y manual del cursor en el pico de oscuridad y de luz que tuvieran sacadas bien realizadas al terminar la prueba.<sup>9,10</sup>

El pico de oscuridad alcanzado en nuestra prueba se observó entre los 7 y los 9 min, lo cual coincide con lo reportado en la literatura por otros autores que han observado este punto entre los 8 y 10 min de la fase de adaptación a la oscuridad.<sup>1,8</sup> El valor promedio alcanzado de este pico y que refleja la integridad funcional del epitelio pigmentario, fue un poco mayor (634,8  $\mu\text{V}$ ), comparado con los resultados de otros autores, que plantean que suele ser el 30 % inferior al valor inicial del potencial (300 a 500  $\mu\text{V}$ ) durante la fase de pre-adaptación de 15 min.<sup>11</sup> Esta diferencia puede estar relacionada con los filtros de corte utilizados, en particular el filtro de corte inferior (*high pass filter*), que fue a 0,3 Hz, lo cual origina que se registren sacadas más amplias y esto exagera la amplitudes tanto del pico de oscuridad como el de luz.<sup>10</sup> Durante la fase de adaptación a la claridad se observó el ascenso gradual del potencial, que alcanzó el punto más alto (pico de luz) entre los 8 y los 10 min, lo que también coincide con lo planteado en la literatura que es entre 7 y 14 min.<sup>10</sup> La amplitud promedio alcanzada del pico de luz que y que nos refleja la integridad funcional del complejo epitelio pigmentario-fotorreceptores, fue de 1 385,9  $\mu\text{V}$ . El rango de este valor fue muy amplio (tabla 1) y pensamos que esta variabilidad, puede estar relacionada con que la prueba fue realizada sin midriasis pupilar, lo cual disminuye el control que se tiene sobre la entrada de luz durante la fase de claridad, aunque *De Rouck* plantea que la variaciones interindividuales del EOG están en el orden de 12,5 %.<sup>11</sup>

Los valores del índice de Arden obtenido oscilaron entre 1,55 a 2,87; como vemos el límite inferior normal es menor a lo reportado por otros autores cuyos valores normales de índice de Arden están en el orden de 1,80 o más.<sup>1</sup> *Francois* y otros<sup>11</sup> consideran los límites normales del índice de Arden entre 1,65 y 1,80. Otros autores reportan el valor del índice normal por encima de 2,00, en el límite cuando esta entre 2,00 y 1,50 y anormal por debajo de 1,50.<sup>10</sup> Esta variación en los valores del índice de Arden está dada por la misma variación interindividual reportada que existe en los valores el pico de oscuridad y el pico de luz, y también depende de si se realiza la prueba con midriasis pupilar o no.<sup>1,11</sup>

En nuestro trabajo, las mujeres mostraron valores promedio ligeramente mayores del índice de Arden, amplitud del pico de oscuridad y amplitud del pico de luz comparado con los hombres, lo cual coincide también con lo reportado, y se plantea que está dado por la influencia de factores hormonales sobre el epitelio pigmentario de la retina (tabla 2).<sup>1,11</sup>

Podemos concluir que estos valores obtenidos de los principales indicadores clínicos del EOG en nuestro departamento, siguiendo esta metodología de registro sin dilatación pupilar, no difieren a lo reportado por otros autores con similar método, y servirán de referencia para la valoración funcional del epitelio pigmentario en nuestros pacientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fishman GA. The electro-oculogram. En: Fishman GA, Bich DG, Holder GE. Electrophysiologic Testing in disorders of retina, optic nerve and visual pathway. Ophthalmology monographs 2 of American Academy of Ophthalmology. 2nd ed. San Francisco: The Foundation of the American Academy of Ophthalmology; 2001. p. 157-75.
2. Kolder HE. Electro-oculography. En: Heckenlively JR, Arden GB. Principles and practice of clinical electrophysiology of vision. St. Louis: Mosby Year Book; 1991. p. 301-13.
3. Miyake Y. Electrooculography. En: Miyake Y. Electrodiagnosis of retinal diseases. New York: Springer-Verlag; 2006. p. 165.
4. Marmorstein LY, Wu J, McLaughlin P, Yocom J, Kart MO, Neussert R, et al. The light peak of the electroretinogram is dependent on voltage-gated calcium channels and antagonized by bestrophin (Best-1). Gen Physiol. 2006 May;127(5):577-89.
5. Farrell DF. Unilateral retinitis pigmentosa and cone-rod dystrophy. Clin Ophthalmol. 2009;3:26370.
6. Sohn EH, Francis PJ, Duncan JL, Weleber RG, Saperstein DA, Farrell DF, et al. Phenotypic variability due to a novel Glu292Lys variation in exon 8 of the *BEST1* gene causing best macular dystrophy. Arch Ophthalmol. 2009 July;127(7):913-20.
7. Spaide RF, Noble K, Morgan A, Freund KB. Vitelliform macular dystrophy. Ophthalmology. 2006 Aug;113(8):1392-400.
8. Marmor MF, Zrenner E. Standard for clinical electro-oculography. Doc Ophthalmol. 1993;85:115-24.
9. Marmor MF. Standardization notice: EOG standard reapproved. Doc Ophthalmol. 1998;95:912.
10. Brown M, Marmor M, Vaegan, Zrenner E, Brigell M, Bach M. ISCEV Standard for clinical electro-oculography (EOG). Doc Ophthalmol. 2006;113:205-12.
11. Benítez del Castillo JM, Pérez JL, Benítez del Castillo J, Pérez E. Potencial de reposo de la retina. Electro-oculograma. En: Benítez del Castillo JM, Pérez JL, Benítez del Castillo J, Pérez E. Manual Básico de electrofisiología ocular sus aplicaciones en la clínica. Jerez de la Frontera: MAC LINE, S.L; 2002. p. 27-36.

Recibido: 24 de febrero de 2012.

Aprobado: 13 de abril de 2012.

Dr. *Alberto Barrientos Castaño*. Departamento de Electrofisiología de la Visión. Centro Internacional de Retinosis Pigmentaria. Clínica "Camilo Cienfuegos". Calle L No. 151 esquina a 13, Vedado, Plaza. La Habana, Cuba. Tel. 832-5554, 832-5555, Fax: (537) 833-3536. Correo electrónico: [cirpcc@infomed.sld.cu](mailto:cirpcc@infomed.sld.cu)