

INTEGRACION TEMPORAL DE LA ONDA b_2 DEL ERG HUMANO *

M. AGUILAR, J. PEREZ IRISARRI y A. GARCIA FRANCO

Instituto de Optica. Madrid-6

ABSTRACT

The relation that exists between the wave b_1 when produced by a single stimulus and the wave b_2 when produced by a double stimulus (two consecutive stimuli separated by an interval of the order of milliseconds) is found to be: In order for a double stimulus of intensity $I/2$ to produce a wave b_2 of the same length and width as a single stimulus of intensity I it is necessary for the interval of the double stimulus not to exceed half of the culmination time of the wave.

INTRODUCCIÓN.

Queremos presentar en este trabajo los primeros resultados obtenidos con la nueva instalación montada en el Instituto de Optica gracias a la ayuda del "Public Health Service", de Estados Unidos.

El electrorretinograma (ERG) humano consta fundamentalmente de una onda negativa, a , y dos positivas, b y c ; aunque el origen de esta última es incierto, está generalmente admitido que la causa de la onda a debe buscarse en los fotorreceptores, siendo, por el contrario, las condiciones nerviosas (según Barthley¹, concretamente las bipolares) las causantes de la onda b .

Tanto la onda a como la b están compuestas, a su vez, por las a_1 , a_2 y b_1 , b_2 , respectivamente. Diversos resultados experimentales² permiten asociar las a_1 y b_1 con el proceso fotópico y las a_2 y b_2 con la visión escotópica.

El ERG es la variación de la línea isopotencial del ojo a la estimulación por energía lumínica. Dos flashes producen dos ERG, pero si estos dos flashes están separados por un intervalo de tiempo muy pequeño (del orden de milisegundos), producen un

solo ERG, que puede ser igual o distinto al producido por un solo flash.

La amplitud de la onda b (y, por tanto, de sus componentes) es función —entre otras variables— de la intensidad del flash, llegando para un valor determinado de la intensidad a alcanzar una amplitud máxima, amplitud que, según la mayoría de los investigadores, permanece constante para intensidades superiores del flash, pero que, según las experiencias de otros, como Burian y Spivey³, disminuyen de nuevo al aumentar dicha intensidad.

El valor de la intensidad del flash necesario para alcanzar esta amplitud máxima de b depende de las condiciones experimentales: estado de adaptación, distribución espectral del flash, etc.

Como en los ERG en que existe la onda a es difícil saber dónde exactamente empieza la b , el criterio que se sigue para medir la amplitud de ésta, es considerar como amplitud, la distancia existente entre el valor mínimo de a y el máximo de b . Naturalmente, en el caso de que no exista la onda a , la amplitud es la distancia entre la línea base (isopotencial) y el máximo de b .

Diremos que un doble flash produce integración total en determinada onda, cuando se obtiene la misma amplitud utilizando un doble flash de intensidad $I/2$ que un flash simple de intensidad I .

Consideremos como integración parcial el caso en

(*) Este trabajo ha sido realizado mediante el Grant NBO4628-O1A1 del Public Health Service (Estados Unidos).

que la amplitud de la onda producida por un flash doble de intensidad $I/2$ sea menor que la producida por un flash simple de intensidad I , pero mayor que la debida a un flash simple de intensidad $I/2$.

En el presente trabajo vamos a estudiar las relaciones de amplitud de la onda b_2 existentes entre los ERG producidos por un flash simple y un flash doble, cuando el ojo está adaptado a la oscuridad.

Estas relaciones ya fueron estudiadas por uno de nosotros con el profesor Burian en 1960 en un trabajo mucho más completo en el que se estudió la integración temporal de las ondas b_1 y b_2 en visión fotópica y escotópica y cuyas conclusiones fueron presentadas en 1961 en la Reunión Anual de la "Optical Society of America".

Sin embargo, no nos parecen muy concluyentes los datos obtenidos en aquella ocasión referentes al comportamiento de la onda b_2 , por lo que hemos creído conveniente insistir sobre este punto.

PARTE EXPERIMENTAL.

1) *Montaje:*

Se ha empleado un electroencefalógrafo Grass modelo 6 de cuatro canales que puede trabajar hasta con una sensibilidad de $2 \mu V/mm$. y de un fotoestimulador Grass modelo PS-2 que da estímulos luminosos con una frecuencia de hasta 100 flash por segundo, pudiendo producir estímulos dobles con una separación temporal de 15 a 150 milisegundos. La intensidad del flash se puede variar en cinco saltos cuyos factores son 1, 2, 4, 8 y 16, siendo la intensidad correspondiente del último valor 16 veces la del primero. El tiempo de duración del flash es de 10 microsegundos y el campo subtendido de seis segundos. La distancia observador flash es de 40 cm.

Coincidiendo con el centro del flash existe una fuente puntual roja que se utiliza como luz de fijación del observador, pudiendo variar su intensidad de manera que sea justamente perceptible por aquél.

La cabeza del observador se estabiliza mediante una mentonera reglable, de modo que quede centrada y con los ojos a la altura del flash.

El electrodo de frente es de plata, de los denominados de contacto, de uso corriente en electroencefalografía. El electrodo corneal es una lente escleral especial (electrodo de Burian), que tiene un anillo de plata (electrodo), que muellea sobre la córnea asegurando un perfecto contacto de ésta; en la parte escleral tiene un par de solapas que poseen la misión de sujetar los párpados y evitar que el observador pueda cerrar el ojo.

2) *Técnica empleada:*

En las medidas realizadas con el ojo adaptado a la oscuridad, se tenía al observador quince minutos

en la oscuridad, a continuación se le colocaban los electrodos (por término medio se empleaban cuatro minutos), utilizando la menor luz posible, y de nuevo se sometía a una preadaptación de veinte minutos en la oscuridad, al final de la cual empezaban las medidas.

Aunque el observador veía el flash con una intermitencia de cuatro segundos durante los veintidós minutos aproximados que duraba la experiencia, sólo se registraban ERG cada cuatro minutos (concretamente los tiempos 1', 5', 9', 13', 17', 21').

En el intervalo en que se registraban los ERG se le advertía que procurase mantener la vista fija en la luz de fijación.

Cada uno de estos intervalos duraba aproximadamente un minuto y se registraban 15 ERG que recordando que se obtienen en los dos ojos, hacen un total de 30 ERG.

Como en cada sesión aprovechábamos 6 períodos de obtención de los ERG, los obtenidos son 180.

Hemos eliminado de nuestro trabajo los resultados de los observadores cuya línea base (la gráfica obtenida entre flash y flash) no es constante.

También hemos eliminado los datos de las sesiones que por cansancio o movimiento del observador, defecto en la colocación de los electrodos, irregularidades en la parte electrónica, o cualquier otra causa, daban gran dispersión de los resultados o tenían que interrumpirse antes de obtener los ERG necesarios para poder verificar comparaciones.

En estas experiencias hemos utilizado 4 observadores útiles, todos ellos estudiantes de edades comprendidas entre diecisiete y veintidós años. En el trabajo los designamos por diferentes letras mayúsculas, seguidas de un número que indica una distinta sesión de trabajo.

RESULTADOS.

Las ondas de la figura 1 sabemos que corresponden a la b_2 por el tiempo transcurrido entre el estímulo (línea superior) y la aparición de la onda, ya que si fuese la b_1 este tiempo sería mucho más corto.

En la figura 1 se representan los ERG obtenidos (en un observador) con una estímulo simple de intensidad I e $I/2$ y estímulos dobles de intensidad $I/2$ y diferentes intervalos.

Comparados los ERG 1, 2, 3, 4, observamos que en estímulos dobles de intervalos 20, 30 y 40 milisegundos se cumple la integración total y que no sólo la amplitud de b_2 permanece constante en los 4 casos, sino que también es la misma la anchura de la onda.

Los ERG 5 y 6 nos muestran casos de integración parcial en los que ya la anchura de la onda es mayor que la de los casos anteriores.

En el resto de los ERG, 7 y 8, la integración es nula, es decir, la amplitud de la onda b_2 es la misma que la correspondiente al estímulo sencillo de inten-

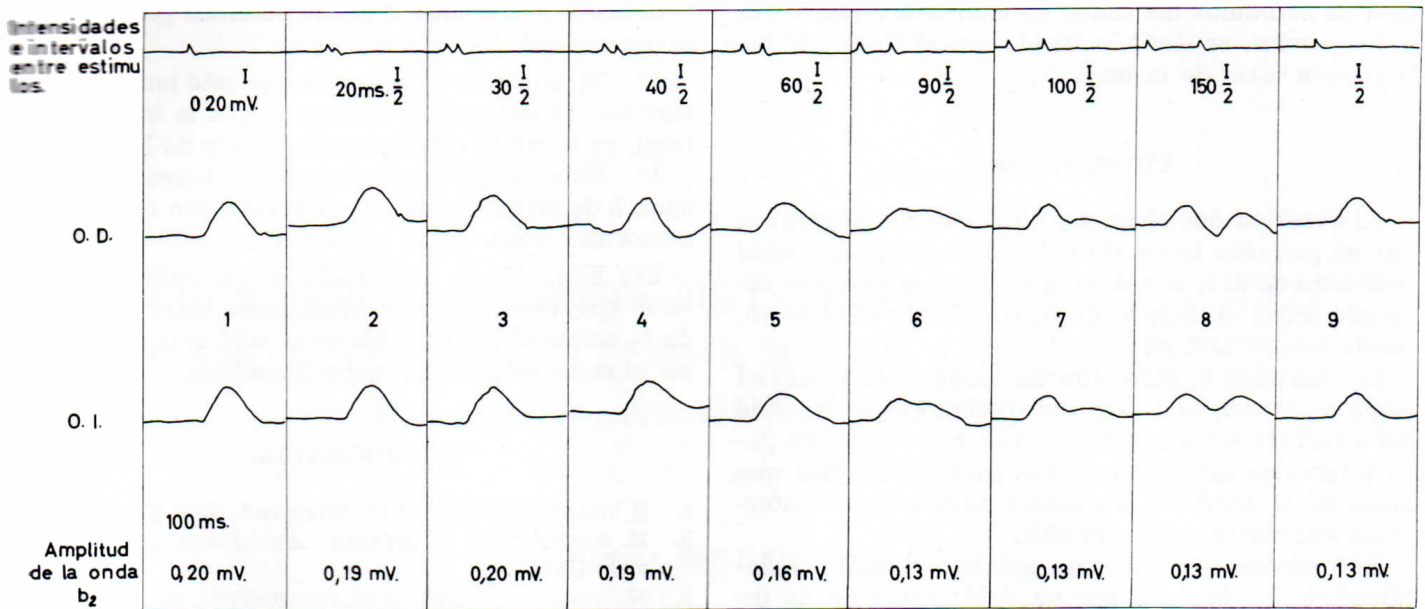


Fig. 1.—Integración temporal de la onda b_2 . Obs.: D-1. En ordenadas: 4,5 mm. equivale a 0,20 mV. y en abscisas 4,5 mm. equivalen a 100 ms.

sidad $I/2$, viéndose cada vez con más claridad, a medida que aumenta el intervalo, la aparición de un 2º ERG independiente.

En la tabla I se dan para los 4 observadores los ERG obtenidos con estímulos sencillos de intensidades I e $I/2$ y dobles de intensidad $I/2$.

Los valores de las amplitudes de la onda b_2 vienen dados en milivoltios, representando cada cifra la media de 10 medidas, siendo la dispersión de medidas respecto a la media de $\pm 0,005$ milivoltios.

De los datos de la tabla I parece deducirse que aún existe integración total para intervalos del orden de 40 milisegundos.

En la figura 1 vemos que el tiempo que tarda la onda b_2 en alcanzar su valor máximo desde que se inicia (tiempo de subida), es del orden de setenta a noventa milisegundos. (Este mismo orden se ha encontrado en el ERG de los demás observadores.)

Teniendo en cuenta este tiempo de subida podemos concluir:

Para que un estímulo doble de intensidad $I/2$ produzca la misma onda b_2 en amplitud y anchura que un estímulo sencillo de intensidad I , es necesario que el intervalo del doble estímulo no sobrepase la mitad del tiempo de subida de dicha onda.

Hemos querido comprobar también si el comportamiento de la onda b_2 , en lo que a sumación se refiere, es el mismo en visión monocular que en binocular, por lo que hemos repetido las experiencias con un solo ojo, permaneciendo cerrado el otro, y han salido prácticamente las mismas amplitudes, lo que prueba que el fenómeno de sumación de la onda b_2 es independiente de que la visión sea monocular o binocular.

Hemos hallado en los cuatro observadores la frecuencia crítica de fusión (frecuencia mínima de estímulos intermitentes necesaria para tener sensación de estímulo continuo) en las mismas condiciones experimentales en que hemos hallado el ERG, encontrando que la frecuencia corresponde a una separa-

TABLA I

Amplitudes de la onda b_2 en milivoltios.

Observador	Estímulo sencillo	Estímulo doble $I/2$. (Separación en milisegundos)							Estímulo sencillo
	I	20	30	40	50	60	100	150	$I/2$
A-1	0,18	0,18	0,17	0,18	0,16		0,12	0,11	0,12
A-2	0,15			0,14	0,12	0,12		0,09	0,09
A-3	0,14			0,14	0,12	0,11			
R-1	0,19	0,19		0,19	0,16	0,15		0,13	0,13
Me-1	0,18		0,18	0,18	0,16		0,12	0,12	0,12
Me-2	0,16	0,16		0,16	0,15	0,13			
D-1	0,20	0,19	0,20	0,19	0,17	0,16	0,13	0,13	0,13

ción de estímulos del orden de cuarenta o cincuenta milisegundos, es decir, coincide con el límite de integración total de la onda b_2 .

CONCLUSIONES.

Al observar dos estímulos consecutivos, separados por un pequeño intervalo del orden de milisegundos (estímulo doble), la acción que ejerce el segundo estímulo sobre la onda b_2 del ERG, debido al primero, puede concretarse en:

1.º La onda b_2 sufre una variación en su amplitud como consecuencia del segundo estímulo, que depende del intervalo entre los dos estímulos. Es aumento para intervalos pequeños, disminuyendo a medida que aumenta el intervalo, llegando a anularse para intervalos suficientemente grandes.

Entendemos por aumento máximo cuando la amplitud de b_2 obtenida por un doble estímulo de in-

tensidad $I/2$ es la misma que la obtenida por un flash de intensidad I .

2.º El intervalo límite para que este aumento sea máximo, es decir, para que se cumpla la integración total, es la mitad del tiempo de subida de la onda b_2 .

3.º Este comportamiento en la integración de la onda b de estímulos dobles es válido, tanto en visión monocular como en la binocular.

4.º El límite de separación de un estímulo doble en el que tiene lugar la integración total de la onda b_2 coincide con la frecuencia crítica de fusión en las mismas condiciones experimentales.

BIBLIOGRAFIA

1. S. BARTLEY: Visión. Van Nostrand. New York (1941).
2. E. ANERBACH y H. BURIAN: *Am. Journ. Opht.* **40**, 42 y 60 (1965).
3. H. BURIAN y SPIVEY: *Am. Journ. Opht.* **48**, 274 (1959).