

Mapas de la actividad eléctrica cerebral evocada visualmente en conejos*

J. C. Pérez-Cobo**, S. Sánchez-Suero***, M. López de Armentia y M. Pérez-Arroyo¹

Departamento de Fisiología
Facultad de Farmacia
Universidad del País Vasco
01080 Vitoria (España)

(Recibido el 16 de febrero de 1993)

J. C. PÉREZ-COBO, S. SÁNCHEZ-SUERO, M. LÓPEZ DE ARMENTIA and M. PÉREZ-ARROYO. *Maps of Visually Evoked Cerebral Electrical Activity in Rabbits*. Rev. esp. Fisiol., 49 (3), 181-186, 1993.

A basic model of topographic distribution of the electric response visually evoked in rabbits by means of flashes (0.69 joules/flash) has been obtained. The model is composed of four main parts — N_0 , P_1 , N_1 y P_2 — linked to the VI visual area and displayed on a dipole shaped. The dipole turnaround time oscillates between 20 and 25 ms. The use of electrical activity brain maps on the study of the PE makes it possible to notice the phenomenon simultaneousness, thus facilitating its interpretation. A multinomial interpolation method of continuous function has been used to perform the maps.

Key words: Brain electrical activity maps, Visual evoked potentials.

Desde la década de los años 50 se han desarrollado métodos para tratar de resumir la información espacio-temporal contenida en los registros de múltiples electrodos como respuesta a la estimulación sensorial y, así, facilitar la extracción de la información (2, 3). Al parecer la solución

más adecuada, por el momento, es la cartografía dinámica de los PE. Los primeros en generalizar estas técnicas fueron DUFFY *et al.* (5) y BUSCHBAUM *et al.* (2).

La aplicación del método cartográfico proporciona series de mapas de líneas equipotenciales que, en vez de tratar la información como una función del tiempo, presenta los datos en cada instante como una función del espacio (8). La representación topográfica de la actividad eléctrica cortical registrada como respuesta a un estímulo no aporta información esencialmente nueva a la que se puede obtener mediante el estudio de los trazados tempo-

* Estudio financiado por la UPV (Proyecto de investigación 081.123/0080/89).

** A quien debe dirigirse la correspondencia. (Teléfono: 945 - 13 16 66 (ext. 135); Fax: 945 - 13 07 56).

*** Becario del Gobierno Vasco.

¹ Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Alicante.

rales. La elegancia de presentación de los resultados y su relativamente fácil comprensión, sin embargo, han popularizado el método. Los mapas de líneas equipotenciales permiten apreciar la simultaneidad de los fenómenos, facilitando así su interpretación. El análisis topográfico es manifiestamente ventajoso para localizar focos de procesamiento neuronal (12). También resulta útil en la interpretación de los PE cuando se utilizan disposiciones de múltiples electrodos (6).

La realización de los mapas a partir de los datos en función del tiempo pasa por la utilización de un algoritmo de interpolación. El algoritmo elegido en este trabajo es polinómico (1) y, mediante una función continua, permite con gran facilidad de cálculo hallar los valores de potencial en cualquier punto situado entre los de registro.

En este artículo se presentan las series de mapas obtenidas corticalmente cada 5 ms como resultado de la estimulación con destellos en el ojo izquierdo de conejos pigmentados. La uniformidad esencial de los resultados permite definir un modelo de actividad eléctrica cerebral de respuesta a un estímulo visual en conejo.

Material y Métodos

Se utilizaron diez conejos (*Oryctolagus cuniculus*) de ojos pigmentados de la variedad común. Los registros se obtuvieron en condiciones agudas, bajo anestesia con halotano (0,5 %) en una mezcla (1:3) de O_2/N_2O .

Los electrodos, pequeños tornillos de acero inoxidable, se colocaron según la disposición de la figura 1, en contacto con la duramadre. Durante el registro se utilizó como referencia común la derivación de STEPHENSON and GIBBS (13).

La estimulación visual fue monocular del ojo izquierdo y se realizó en condiciones de adaptación a la oscuridad mediante una lámpara de Xenon (Photo-Stimulator

Strobotest-LT100, Knott, Elektronik), a 1 Hz de frecuencia y a 0,69 julios/destello de intensidad. Al terminar el experimento, el animal era sacrificado con una inyección de pentobarbital sódico. La señal amplificada por un electroencefalógrafo (Alvar, MINIHUIT Reega TR) se grababa en cinta magnética (Registrador HP, 3968 A) y paralelamente, en uno de los canales de registro, se almacenaba la señal de disparo producida por un generador de pulsos (Digitimer, D100) que servía como referencia posterior al promediador. La señal se grababa sin transformar, aunque para su análisis se filtraba (Filtros Digitimer, Neurolog System NL 115 y NL 125) situando la banda pasante entre 10-1000 Hz. La señal se promediaba en un analizador-promediador (HP 3582 A) y los datos se enviaban a un microordenador. Más datos metodológicos en PÉREZ-COBO *et al.* (10).

Las representaciones espaciales de los PEV cada 5 ms se han obtenido mediante un algoritmo de interpolación que permite hallar los potenciales intermedios entre los electrodos, tomando como referencia los valores de alrededor. El método utilizado, el sistema polinómico basado en la estructura monomial de ASENCOR y GRACIA (1), establece una función polinómica de tantos monomios como electrodos.

La superficie interpolada está delimitada por las líneas teóricas que unen los electrodos más «exteriores» y la estructura monomial se establece a partir de la disposición de los electrodos:

$$U_{(x,y)} = A_1 + A_2x + A_3x^2 + A_4x^3 + A_5x^4 + A_6y + A_7xy + A_8x^2y + A_9x^3y + A_{10}x^4y + A_{11}y^2 + A_{12}xy^2 + A_{13}x^2y^2 + A_{14}x^3y^2 + A_{15}x^4y^2 + A_{16}y^3 + A_{17}xy^3 + A_{18}x^2y^3$$

Donde $U_{(x,y)}$ es el potencial eléctrico en el punto de coordenadas (x, y) y A_i son los coeficientes que determinan el polinomio. El conjunto de coeficientes A_i para

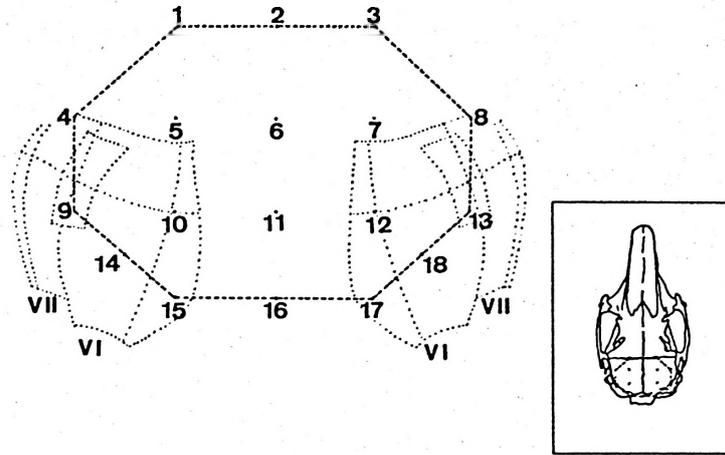


Fig. 1. Disposición de los 18 electrodos situados sobre la corteza cerebral de conejo —parte inferior derecha— y su relación con las áreas visuales.

cada representación se obtiene como solución de un sistema lineal para cada conjunto de valores de potencial en los electrodos. El sistema polinomial garantiza la existencia de la solución, por lo cual el problema del cálculo mediante computadora es trivial (9).

Resultados

A partir de los electrodos situados sobre la corteza cerebral se han obtenido PEV en cada punto de registro en función del tiempo (fig. 2) y se han identificado los cuatro componentes N_0 , P_1 , N_1 y P_2 an-

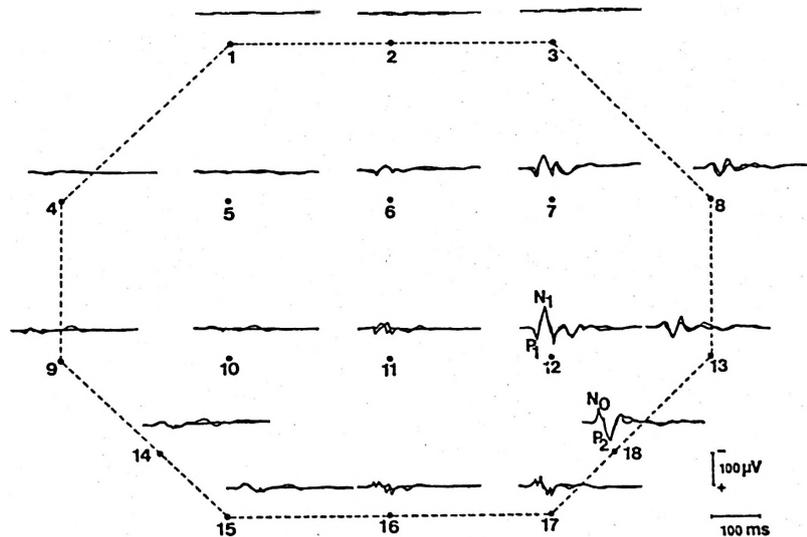


Fig. 2. Trazados de los PEV correspondientes a cada uno de los puntos de registro. Se señalan los componentes N_0 , P_1 , N_1 y P_2 .

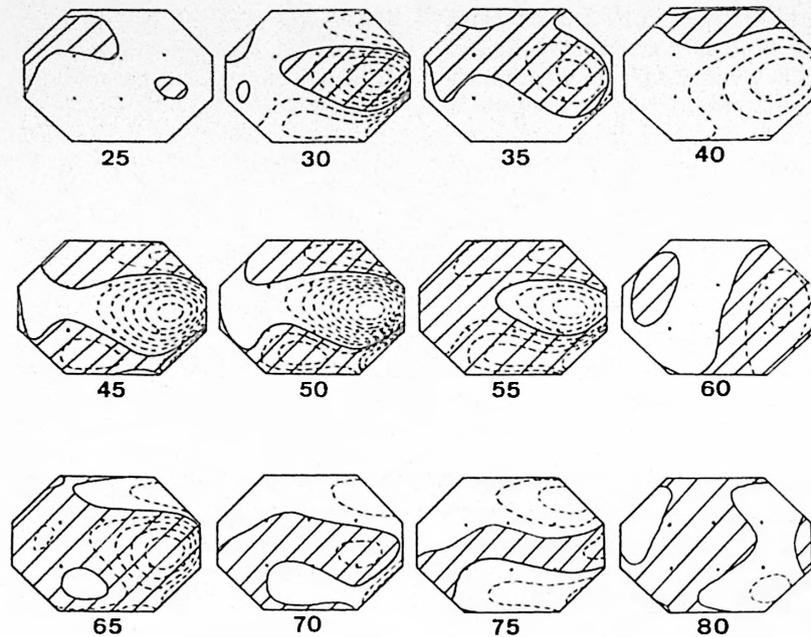


Fig. 3. Serie de mapas obtenida cada 5 ms por estimulación por flash (0,69 julios/destello) en el ojo izquierdo de un conejo.

Los mapas corresponden a los registros de la figura 2. (Positividad: área rayada).

teriormente descritos por PÉREZ-COBO *et al.* (10, 11).

En la figura 3 se muestran los mapas de actividad eléctrica cerebral evocada visualmente en un conejo desde los 25 ms hasta los 80 ms a intervalos de 5 ms. Se han utilizado los datos en función del tiempo de la figura anterior; la parte rayada corresponde a la zona positiva y los valores de las líneas equipotenciales se toman a partir de la línea continua (potencial cero), aumentando en valor absoluto $10 \mu\text{V}$ cada intervalo. Hasta los 30 ms no se observa actividad cortical. A esta latencia se pone de manifiesto, en el hemisferio contralateral al ojo estimulado, la aparición de dos componentes, uno positivo de $40 \mu\text{V}$ (P_1) y otro negativo de $-40 \mu\text{V}$ (N_0), situados respectivamente en la parte anterior y posterior del área visual VI (7). En el mapa siguiente, a los 35 ms, la de-

saparición del componente negativo es prácticamente total, mientras que todavía se observa actividad positiva en la parte anterior de VI. A los 50 ms se establece, en la parte anterior de VI, un componente negativo (N_1) de $-80 \mu\text{V}$. Esta onda se empieza a formar desde los 40 ms, cuando ocupa prácticamente todo el hemisferio contralateral, y está definida a los 45 ms. En este momento aparece un componente positivo (P_2) en la parte posterior del área visual VI. Esta onda se reafirma a los 50 ms. De esta forma se puede apreciar una situación inversa a la existente a los 30 ms. Los mapas siguientes reflejan la desaparición del componente negativo y el establecimiento de una actividad positiva extendida en todo el hemisferio derecho, aproximadamente hasta los 65-70 ms.

En la figura 4, se presentan mapas de la

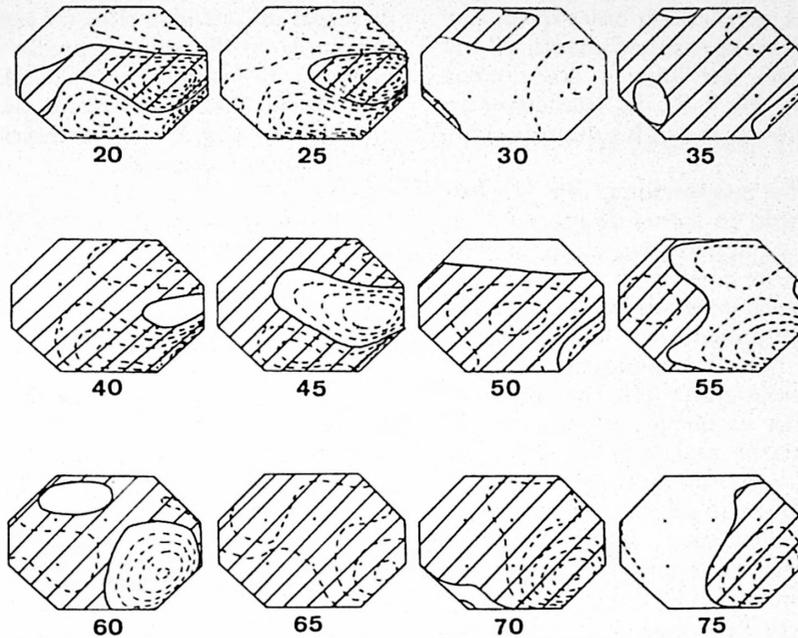


Fig. 4. Serie de mapas obtenida cada 5 ms en ojo izquierdo de conejo. La actividad provocada visualmente empieza a los 20 ms. (Positividad: área rayada).

actividad eléctrica subsiguientes a la estimulación visual para otro conejo: las diferencias interindividuales se ponen de manifiesto como diferencias en las latencias. Se observa que N_0 y P_1 aparecen unos 10 ms antes que en el caso anterior, disponiéndose, sin embargo, de igual forma sobre el área visual VI. Esto es, N_0 sobre la parte posterior de dicha área y P_1 sobre la parte anterior. Los componentes P_2 y N_1 no empiezan a delimitarse claramente hasta los 40 ms. En este tiempo se empieza a observar lo que 5 ms. más tarde va a ser la disposición definitiva de estas ondas. Es decir, la P_2 localizada en la parte posterior y la N_1 en la parte anterior del área visual VI. Se observa, de nuevo, una inversión de polaridad en la disposición de los componentes con respecto a los primeros milisegundos.

Discusión

A pesar de las diferencias interindividuales, que se reflejan tanto en la amplitud de los componentes como en su momento de aparición, se ha encontrado una distribución topográfica uniforme de la actividad eléctrica evocada visualmente mediante destellos para diferentes animales.

La respuesta evocada visual primaria en conejos estimulados monocularmente (ojo izquierdo) con destellos, está definida, en el hemisferio contralateral (en este caso el hemisferio derecho), como corresponde a una decusación quiasmática del 90 %. También se observa la aparición simultánea de dos componentes de polaridad opuesta en los primeros milisegundos de actividad cortical, P_1 y N_0 , asociados a la parte anterior y posterior del área visual

VI, que forman un dipolo positivo-negativo con una orientación anteroposterior que se invertirá aproximadamente 20 ms más tarde para dar lugar a dos nuevos componentes, N_1 y P_2 . La latencia entre los picos es constante en los diferentes individuos.

Este estudio proporciona, por primera vez, un ejemplo en forma de mapas de la distribución de la actividad eléctrica evocada visualmente en el cerebro de conejos. Se dispone así de un modelo del origen local de los componentes de los PEV producidos por destellos monoculares en el conejo: la bibliografía sólo presenta un ejemplo similar de mapas, aunque mucho más rudimentario, realizado después de la estimulación visual de ratas (4). Otra novedad es la utilización de un sistema de interpolación polinómico, cuyas dos principales características son la de ser una función continua y su facilidad de cálculo.

En resumen, se define la distribución del potencial eléctrico cerebral en función del espacio en diferentes tiempos (mapas de la actividad eléctrica cerebral) de respuesta a la estimulación monocular con destellos en conejos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a J. M. Rodríguez-Robledo la asistencia técnica prestada.

Resumen

Se obtiene un modelo básico de distribución topográfica de la respuesta eléctrica evocada visualmente en conejos mediante destellos (0,69 julios/flash). El modelo consta de cuatro componentes principales — N_0 , P_1 , N_1 y P_2 — asociados al área visual V-I y que se presentan en forma de un dipolo. El tiempo de inversión del

dipolo oscila entre 20 y 25 ms. La utilización de mapas de actividad eléctrica cerebral en el estudio de los PE permite apreciar la simultaneidad de los fenómenos, facilitando así su interpretación. Para la realización de los mapas se utiliza un método de interpolación polinomial de función continua.

Palabras clave: Mapas de actividad eléctrica cerebral, Potenciales evocados visuales.

Bibliografía

1. Asencor, F. J. y Gracia, J. M.: *Intern. J. Computer Math.*, 34, 259-269, 1990.
2. Buchsbaum, M. S., Rigal, F., Coppola, R., Cappelletti, J., King, C. y Johnson, J.: *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 53, 237-242, 1982.
3. Desmedt, J.E., Nguyen, T.H. y Bourguet, M.: *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 68, 1-19, 1987.
4. Dyer, R. S., Clark, C. C. y Boyes, W. K.: *Brain Res. Bull.*, 18, 227-234, 1987.
5. Duffy, F. H., Burchfiel, J. C. y Cambrosso, C. T.: *Ann. Neurol.*, 5, 309-321, 1979.
6. Duffy, F. H.: En «Evoked Potentials» (R. Q. Cracco e I. Bodis-Wollner, eds.). Alan R. Liss. Nueva York, 1986. pp. 485-496.
7. Hughes, A.: *Doc. Ophthalmol.*, 30, 33-159, 1971.
8. Lehmann, D. y Skrandies, W.: *Progr. Neurobiol.*, 23, 227-250, 1984.
9. Pérez-Cobo, J. C., Asencor, F. J., Sánchez-Suero, S. y Pérez-Arroyo, M.: *Rev. esp. Fisiol.*, 49, 131-136, 1993.
10. Pérez-Cobo, J. C., Beramendi, M. R. y Pérez-Arroyo, M.: *Rev. esp. Fisiol.*, 46, 359-364, 1990.
11. Pérez-Cobo, J. C., Beramendi, M. R. y Pérez-Arroyo, M.: *Rev. esp. Fisiol.*, 46, 365-370, 1990.
12. Skrandies, W.: En «Topographic Mapping of Brain Electrical Activity» (F. H. Duffy, ed.), Butterworth. Stonehan, 1986. pp. 7-28.
13. Stephenson, W. A. y Gibbs, F. A.: *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 3, 254-269, 1951.