

Estudio neurofisiológico de las motoneuronas del núcleo accesorio del motor ocular externo en el gato despierto

R. Serra y J. M. Delgado-García

Departamento de Fisiología
Facultad de Medicina
Sevilla

(Recibido el 21 de abril de 1980)

R. SERRA and J. M. DELGADO-GARCIA. *A Neurophysiological Study of Accessory Abducens Motoneurons in the Awake Cat*. Rev. esp. Fisiol., 36, 457-462. 1980.

The activity of abducens and accessory abducens motoneurons (Mns) has been recorded during spontaneous and vestibularly or visually induced eye movements in awake cats. Motoneuronal activity was also recorded during corneal reflexes induced by the excitation of trigeminal terminals in the orbit. Recorded Mns were antidromically identified by electrical stimulation of the VI nerve. Accessory abducens Mns showed a burst of activity in response to trigeminal stimulation, but they did not show any response in relation to horizontal, vertical and/or oblique eye movements. On the contrary, abducens Mns firing activities were related to the position and velocity of the eye in the horizontal plane, without showing any change in their firing patterns in response to trigeminal stimulation in the orbit.

En el gato existe un músculo extraocular suplementario denominado retractor bulbi (RB), formado por cuatro haces de fibras que se insertan en la porción posterior del ojo, en íntima relación con los rectos interno y externo. La presencia de dicho músculo, atrófico en otras especies, se relaciona con la persistencia de la membrana nictitante. Las motoneuronas (Mns) que inervan el RB se encuentran en la subdivisión del recto interno dentro del motor ocular común, en el núcleo del motor ocular externo (MOE) y en el núcleo accesorio del MOE (5-7, 11, 12).

Como es sabido (8), el RB participa en

distintos tipos de movimientos oculares. En relación con el reflejo corneal, la función del RB consiste en la retracción del globo ocular necesaria para el deslizamiento de la membrana nictitante sobre la superficie de la córnea (9). La retracción del ojo se consigue mediante la contracción simultánea de los cuatro haces que forman el RB.

Recientemente, y en base a experimentos realizados en gatos anestesiados, se ha propuesto que las Mns del núcleo accesorio del MOE que inervan el RB estarían implicadas exclusivamente en el movimiento de retracción ocular durante el

reflejo corneal, sin tener relación, por tanto, con movimientos oculares horizontales, verticales o de rotación de cualquier origen (vestibular, visual o voluntario). En este caso, la participación del RB en los últimos movimientos mencionados se realizaría mediante las Mns que lo inervan desde los núcleos motores oculares común y externo (3, 11).

El objetivo del presente trabajo ha sido confirmar en el gato despierto la hipótesis arriba mencionada. Para ello, se ha registrado la actividad de las Mns del núcleo accesorio del MOE durante movimientos oculares de origen vestibular, visual o voluntario, así como durante el reflejo corneal inducido por la estimulación de las terminaciones sensoriales del trigémino en la región de la órbita ocular (8, 9).

Material y métodos

Los experimentos se realizaron en 4 gatos adultos con pesos comprendidos entre 2 y 3,5 kg, anestesiados con pentobarbital (35 mg/kg de peso). A cada animal se le implantó un total de 5 electrodos en los huesos periorbitarios para el registro de sus movimientos oculares (electrooculograma), así como un electrodo de estimulación en el nervio del MOE a su paso por la base del cerebro. La correcta localización del electrodo de estimulación se comprobó mediante la producción de un movimiento de abducción del ojo homolateral por estimulación del nervio (4). Con el fin de poder inmovilizar la cabeza del animal durante las sesiones de registro, en el mismo acto quirúrgico se implantó un sistema de fijación consistente en tres tornillos de acero fijados a la bóveda craneana con cemento dental.

Una semana después de la intervención se comenzaron las sesiones de registro con una duración de 3-4 h. El animal se colocó en una caja acolchada, inmovilizándose con el sistema antes descrito. Se cuidó especialmente de que no se durmiese

debido a la inmovilización, manteniendo un nivel de alerta con estímulos visuales y acústicos. El abordaje de los núcleos principal y accesorio del MOE se realizó por vía transcerebelar, a través de un pequeño orificio practicado en el hueso occipital y en la duramadre subyacente. Los registros se realizaron con pipetas de vidrio, de 2-5 Mohm de impedancia, rellenas con una solución del ClNa 1,5 M. Como estímulo en el nervio del MOE se utilizaron pulsos rectangulares negativos de 1-5 V, 10-20 μ s de duración y con frecuencias de 1-2 Hz. La estimulación vestibular (canal horizontal) de los animales se consiguió mediante la rotación de la mesa de registro de forma sinusoidal con una amplitud de $\pm 20^\circ$ de arco. Como estímulos visuales se utilizaron luces o láminas dibujadas (puntos, rayas, etc.), que se desplazaron en el campo visual del animal. La estimulación de las ramas sensoriales del trigémino periorbitario se consiguió bien mediante la aplicación de una corriente de aire a través de una pipeta dirigida selectivamente a la córnea del ojo homolateral durante unos segundos, o bien mediante la estimulación de los párpados con un objeto puntiagudo, procurando en ambos casos que el estímulo no fuese tan intenso que produjese movimientos indeseables del animal y, por tanto, perturbaciones en el sistema de registro.

El registro de la actividad unitaria extracelular y de la actividad de campo se realizó con un amplificador NB-200 de Biomedical Engineering Co. Las señales registradas se fotografiaron con una cámara Grass C4 de 35 mm y, al mismo tiempo, se grabaron en una cinta magnética Hewlett-Packard de cuatro canales para su análisis posterior.

Resultados

En la figura 1 A se muestra un diagrama de la localización anatómica del

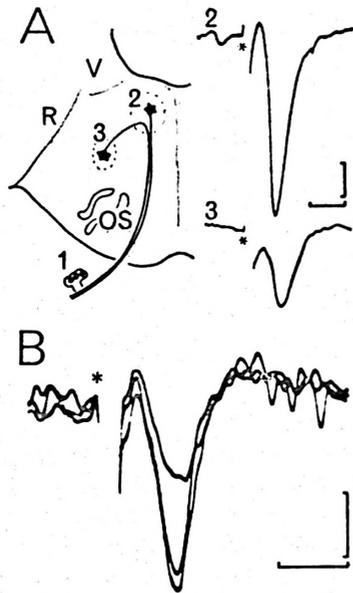


Fig. 1. Localización e identificación de motoneuronas (Mns) del núcleo accesorio del motor ocular externo (MOE).

A: Potenciales de campo antidrómicos registrados en los núcleos principal (2) y accesorio (3) del MOE. En la parte izquierda se muestra un diagrama con la localización relativa de los núcleos mencionados, así como la posición del electrodo de estimulación (1). En la parte derecha se muestra el potencial registrado en el centro del núcleo principal del MOE (2), así como el potencial registrado en el centro del núcleo accesorio del MOE (3), ambos producidos por la estimulación en 1. Calibración: 0,5 mV, 0,5 ms. Polaridad: positivo hacia arriba, negativo hacia abajo. V: núcleos vestibulares; R: cuerpo restiforme; OS: oliva superior. El asterisco indica el comienzo de la estimulación. B: Activación antidrómica de la Mn del núcleo accesorio del MOE, cuya actividad se muestra en la figura 2A. Nótese el carácter todo-nada de la activación antidrómica de esta Mn. Calibración, polaridad y asterisco como en A.

núcleo accesorio del MOE, en relación con el núcleo principal. Dado que el núcleo accesorio del MOE sólo posee 65-80 Mns (11) su localización electrofisiológica

se realizó de la forma siguiente: se localizó en primer lugar el núcleo del MOE principal mediante el potencial de campo antidrómico producido en sus confines anatómicos por la activación eléctrica de su nervio periférico (fig. 1 A). Seguidamente, se desplazó el microelectrodo de registro en sentido lateral y en pasos sucesivos de 250 μ m hasta encontrar el campo antidrómico del núcleo accesorio del MOE producido por la estimulación del nervio mencionado ya que, como es sabido, las Mns del núcleo accesorio proyectan sus axones junto con los del núcleo principal del MOE (3, 11, 14). El núcleo accesorio del MOE se localizó 2 mm por debajo del núcleo principal (fig. 1 A). A continuación se procedió al registro extracelular de Mns del núcleo accesorio del MOE durante movimientos oculares de origen vestibular, visual o espontáneo, así como durante la inducción del reflejo corneal.

Sólo se aceptaron como Mns del núcleo accesorio aquellas unidades que se activaron antidrómicamente por estimulación del nervio del MOE homolateral (figura 1 B). Se identificó un total de 13 Mns con latencias de activación antidrómica comprendidas entre 0,2 y 0,9 ms. Dichas Mns no mostraron actividad tónica espontánea, no activándose por ningún movimiento ocular voluntario o de origen visual o vestibular (fig. 2). Las Mns del núcleo accesorio del MOE sólo se activaron cuando se estimularon las terminaciones sensoriales del trigémino en la córnea y/o en los párpados, produciendo el reflejo corneal (fig. 2). En tales casos, las Mns del núcleo accesorio respondieron con un brote de 5-20 potenciales de acción al estímulo sensorial. Como se muestra en la figura 2 los brotes de actividad de las Mns del núcleo accesorio del MOE no se acompañaron de movimientos oculares apreciables en los planos horizontal, vertical u oblicuo, mientras que en todos los ejemplos mostrados se observó el cie-

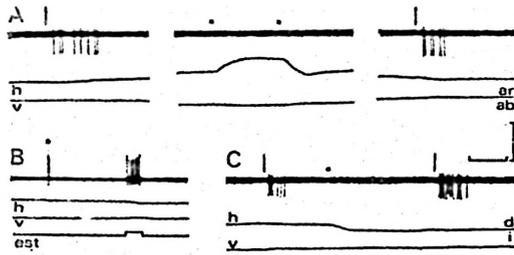


Fig. 2. Actividad inducida en motoneuronas (Mns) del núcleo accesorio del motor ocular externo (MOE) por la estimulación de las terminaciones sensoriales del trigémino en el ojo homolateral.

A: actividad inducida en una Mn del núcleo accesorio del MOE por estimulación mecánica (flecha) de los párpados del ojo homolateral. Nótese la ausencia de movimientos oculares horizontales (h) o verticales (v) durante la estimulación. En ambos casos el estímulo indujo el cierre de los párpados. Las dos estrellas en el centro de la figura indican la presencia de dos movimientos oculares horizontales, hacia la derecha (d) el primero y hacia la izquierda (i) el segundo, que no se acompañaron de ninguna actividad en la Mn registrada; la porción de la derecha indica la activación de la misma Mn unos segundos después. Calibración: 125 ms y 20° de arco. Abreviaturas: ar: movimiento ocular hacia arriba; ab: movimiento hacia abajo. B: brote de actividad inducido en otra Mn del núcleo accesorio del MOE mediante una corriente de aire aplicada a la córnea del ojo homolateral (est). El asterisco indica la activación antidrómica de dicha Mn. C: actividad inducida en otra Mn del núcleo accesorio por estimulación mecánica de los párpados (flecha). La estrella indica la presencia de un movimiento ocular espontáneo que no se acompañó de actividad alguna en la Mn registrada. Calibración para B y C: 250 ms y 20° de arco; resto de abreviaturas como en A.

re de los párpados en respuesta al estímulo trigeminal.

En un experimento adicional se trató de dilucidar si las Mns del núcleo principal del MOE presentan el mismo tipo de respuesta a la estimulación de la córnea

que las del núcleo accesorio. De 25 Mns registradas e identificadas antidrómica-mente en el núcleo principal del MOE, ninguna respondió a dicho tipo de estímulo. Las Mns del núcleo principal sólo se relacionaron con la posición y velocidad de los ojos en el plano horizontal, independientemente de si los movimientos oculares fueron voluntarios o de origen vestibular o visual.

Discusión

De los resultados obtenidos y de acuerdo con lo comunicado previamente (4) se concluye que las Mns del núcleo accesorio del MOE no están relacionadas con los movimientos oculares de origen vestibular, visual o voluntario en ningún plano del espacio. Por otra parte, parece existir indicios suficientes para aceptar que dichas Mns están relacionadas con el proceso de la retracción del globo ocular durante la producción del reflejo corneal. Aunque no se midió directamente la magnitud de la retracción ocular, ésta estuvo presente en todos los casos en que se produjo el cierre de los párpados y el deslizamiento de la membrana nictitante en respuesta a la estimulación trigeminal (9, 12). Por otra parte, el brote de actividad de las Mns del núcleo accesorio del MOE no se acompañó de ningún movimiento ocular apreciable en los planos horizontal, vertical u oblicuo, mientras que, durante movimientos oculares de origen vestibular, visual o voluntario, dichas Mns permanecieron silentes (fig. 2). El hecho de que las unidades registradas se activaron antidrómica-mente desde el nervio del MOE homolateral excluye la posibilidad de que el registro correspondiese a neuronas trigeminales o del núcleo facial colindante con el núcleo accesorio del MOE.

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis de BAKER *et al.* (3), según la cual las Mns del núcleo accesorio del MOE se relacionan exclusivamente con la re-

tracción del globo ocular, pero con ningún otro tipo de movimiento de los ojos cualquiera que sea su origen. Dicha hipótesis se planteó como consecuencia de los resultados obtenidos en gatos anestesiados, en los que se realizó el registro intracelular de Mns del núcleo accesorio del MOE identificadas antidrómicamente, en los que se comprobó que dichas Mns son activadas bisinápticamente de forma intensa por estímulos de origen trigeminal, pero no reciben la activación e inhibición de origen vestibular típica de las Mns oculares (1, 2, 10, 13). De hecho, las Mns del núcleo accesorio del MOE sólo reciben una discreta inhibición vestibular de origen homolateral (3). Con arreglo a dichos experimentos era de esperar que las Mns del núcleo accesorio del MOE sólo se activasen en el animal despierto ante estímulos sensoriales de la córnea y/o párpados, pero no ante la estimulación vestibular, como así se ha confirmado con los resultados presentados aquí.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. D. Mir la ayuda prestada en la preparación del manuscrito. Este trabajo se ha realizado con ayudas de la Fundación Rodríguez Pascual y de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica.

Resumen

Se registra en gatos despiertos la actividad de motoneuronas (Mns) de los núcleos principal y accesorio del motor ocular externo (MOE) durante movimientos oculares de origen vestibular, visual y espontáneo, así como durante la retracción del globo ocular inducida por estimulación de las terminaciones sensoriales del

trigémino periorbitario. Las Mns registradas se identifican mediante su activación antidrómica desde el nervio del MOE; las Mns del núcleo accesorio del MOE sólo responden a la estimulación trigeminal sin presentar ninguna actividad en relación con movimientos oculares rotacionales de cualquier origen y las del núcleo principal del MOE sólo responden a cambios de la posición y/o velocidad del ojo en el plano horizontal, sin presentar modificación alguna de su actividad en respuesta a la estimulación trigeminal.

Bibliografía

1. BAKER, R. y HIGHSTEIN, S. M.: *J. Neurophysiol.*, 41, 1629-1646, 1978.
2. BAKER, R., MANO, N. y SHIMAZU, H.: *Brain Res.*, 15, 573-576, 1969.
3. BAKER, R., MCCREA, R. y SPENCER, R. F.: *J. Neurophysiol.*, 43, 771-791, 1980.
4. DELGADO-GARCÍA, J. M., SERRA, R. y LÓPEZ-BARNEO, J.: *IV. R. Soc. Eur. Neurosci.*, Brighton, 1980.
5. GLENDENNING, K. K., HUTSON, K. A. y MASTERSON, R. B.: *Anat. Rec.*, 193, 550, 1979.
6. GRANT, K., GUERITAUD, J. P., HORCHOLLE-BOSSAVIT, G., y TYC-DUMONT, S.: *Exp. Brain Res.*, 34, 541-550, 1979.
7. GUEGAN, M., GUERITAUD, J. P. y HORCHOLLE-BOSSAVIT, G.: *C. R. Acad. Sci.*, 286, 1355-1357, 1978.
8. LORENTE DE NO, R.: *Am. J. Physiol.*, 103, 704-711, 1933.
9. MCCOUCH, G. P. y ADLER, F. H.: *Am. J. Physiol.*, 100, 78-88, 1932.
10. SCHWINDT, P. C., RICHTER, A. y PRECHT, W.: *Brain Res.*, 60, 259-262, 1973.
11. SPENCER, R. F., BAKER, R. y MCCREA, R.: *J. Neurophysiol.*, 43, 754-770, 1980.
12. TERNI, T.: *Arch. Fisiol.*, 20, 305-311, 1922.
13. UCHINO, Y., HIRAI, N. y WATANABE, S.: *Exp. Brain Res.*, 32, 377-388, 1978.
14. VAN GEHUCHTEN, A.: *J. Neurol. Hypnol.*, 3, 114-129, 1898.

