

## Atención selectiva y temblor: un estudio electrofisiológico utilizando electrodos de profundidad en el cerebro humano

MARCOS VELASCO y  
FRANCISCO VELASCO

---

*Se describen las características electrofisiológicas de las áreas talámicas y subtalámicas que se lesionan quirúrgicamente para suprimir el temblor en pacientes con enfermedad de Parkinson. Su estimulación eléctrica aumenta la amplitud del temblor. Los potenciales somáticos provocados en estas áreas muestran solamente componentes tardíos, cuya amplitud se modula con la atención selectiva del paciente a los estímulos propioceptivos. Su actividad celular es rítmica y aparece en ausencia de temblor. La lesión en estas áreas produce un síndrome de inatención o de negligencia a la extremidad tratada. Estas áreas aparentemente forman parte de un sistema extralemniscal cortico-retículo-cortical, que participa crucialmente en los procesos de atención selectiva y de control motor.*

---

CLAVES: Electrofisiología, atención selectiva, temblor, control motor, sistema extralemniscal.

Recibido: 6 de agosto de 1982.

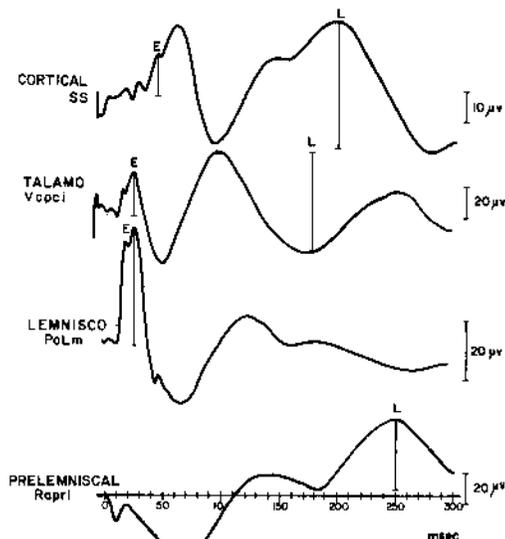
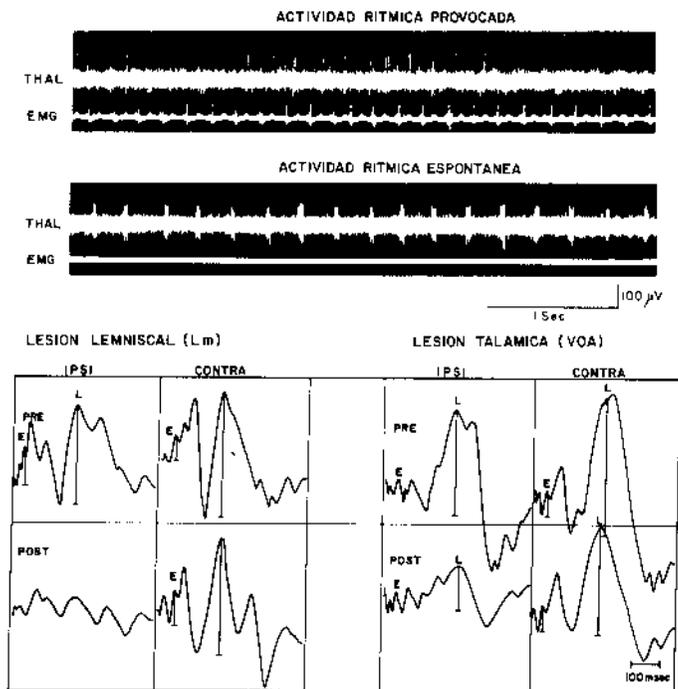
Aceptado: 14 de septiembre de 1982.

Trabajo de ingreso del doctor Marcos Velasco a la Academia Nacional de Medicina, presentado en sesión ordinaria el 4 de agosto de 1982.

Marcos Velasco. Académico numerario. Unidad de Investigación Biomédica. Centro Médico Nacional. Instituto Mexicano del Seguro Social.

Francisco Velasco. Unidad de Investigación Biomédica. Centro Médico Nacional. Instituto Mexicano del Seguro Social y Unidad de Cirugía Neurológica. Hospital General de México. Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Este trabajo se basa en la observación de que pequeñas lesiones quirúrgicas unilaterales subtalamo-talámicas en pacientes con enfermedad de Parkinson, suprimen el temblor y producen un estado de "inatención" en la mano contralateral. Este estado de "inatención" se manifiesta clínicamente porque los pacientes operados (principalmente aquellos que muestran radiológicamente crecimiento del tercer ventrículo) son negligentes en el uso de su mano tratada para manipular y explorar. Electrofisiológicamente muestran disminución en la velocidad de reacción en las extremidades contralaterales, y lentitud en la frecuencia electroencefalográfica de la región rolándica y disminu-



ción en la amplitud de los potenciales somáticos tardíos ipsilaterales a la lesión. Los pacientes no exhiben otros déficits sensoriales o motores. Estos fenómenos sugieren que el temblor y el síndrome de negligencia son, ambas, condiciones patológicas que interfieren con el mecanismo de atención selectiva que normalmente permite la manipulación y la exploración. Un análisis electrofisiológico por medio de electrodos cerebrales profundos sugiere que este mecanismo es independiente del sistema específico lemniscal y que comprende vías descendentes de la corteza somatosensorial a la formación reticular y al núcleo VI. del tálamo, así como vías ascendentes de estas estructuras a la corteza motora.

## Método

Los estudios se realizaron en un grupo de 63 pacientes con temblor (42 pacientes), otros movimientos involuntarios (17 pacientes) y dolor intractable (4 pacientes) operados para tratar sus síntomas.<sup>1</sup> Durante estos estudios, los pacientes estuvieron despiertos, cooperativos, sin más manejo terapéutico que la infiltración local de lidocaína al 1% en los puntos de fijación al aparato estereotáxico.\* Estos estudios incluyeron respuestas perceptuales y conductuales a la estimulación eléctrica cerebral, registro de la actividad multinunitaria (AMU) y potenciales provocados somáticos (PPS) y efecto postoperatorio de las lesiones talámicas y subtalámicas practicadas con un leucotomo.<sup>2,3</sup> El área cerebral explorada fue aquella relacionada con el complejo ventrobasal del tálamo y una región subtalámica situada inmediatamente por debajo y entre 9 y 16 mm laterales a la línea media.

Fig. 1. Eventos electrofisiológicos registrados: Izquierda arriba: Trazo superior: actividad celular rítmica "provocada" del tálamo (THAL) siguiendo precisamente los husos de temblor (EMG) en un paciente con enfermedad de Parkinson. Trazo inferior: actividad celular rítmica "espontánea" del tálamo (THAL) en ausencia de temblor periférico (EMG) en un paciente con atetosis. Derecha: Potenciales provocados somáticos (PS) registrados de la corteza (SS), tálamo (Vcpci), lemnisco medio (PoLm) y radiaciones prelemniscas (Raprl). Las respuestas corticales y talámicas están formadas de componentes tempranos (E) y tardíos (L); las respuestas lemniscas están formadas solamente por componentes tempranos y las prelemniscas sólo por componentes tardíos. Izquierda abajo: Registros izquierdos: la lesión del lemnisco medio bloquea todos los componentes de los PPS. Registros derechos: la lesión del núcleo VI del tálamo bloquea solamente los componentes tardíos de los PPS. Preoperatorio (PRE), postoperatorio (POST), ipsilateral a la lesión (IPSI), contralateral a la lesión (CONTRA). Tomado de Velasco y Velasco.<sup>1</sup> (Publicado con autorización del editor de Neurosurgery.)

\* Se utilizó el aparato estereotáxico de Bertrand en las operaciones y los electrodos fueron orientados radiológicamente a las estructuras cerebrales deseadas. La posición final de los electrodos fue determinada por el sistema de reducción proporcional del diencefalo humano de Velasco et al.<sup>4,8</sup> Las correlaciones anatomofisiológicas se establecieron superponiendo la posición radiológica de las puntas de los electrodos sobre el atlas anatómico de Schaltenbrand y Bailey.<sup>9</sup>

## Resultados

Dos sistemas pudieron ser diferenciados anatómicamente y fisiológicamente.

**Sistema lemniscal.** Su estimulación eléctrica produjo respuestas sensoriales (parestias y ocasionalmente dolor) referidas a un segmento corporal contralateral.<sup>4</sup> La AMU mostró, en los casos de temblor, una actividad celular rítmica, sincrónica con el temblor periférico y que se despertaba por la movilización pasiva de las extremidades contralaterales, por lo que se le denominó "actividad provocada".<sup>5</sup> Los PPS mostraron solamente componentes tempranos o a veces tempranos y tardíos. La lesión de este sistema (colocada accidentalmente por debajo del área deseada en dos casos de causalgia) bloqueó tanto los componentes tempranos como los tardíos de los PPS corticales y produjo defectos sensoriales (parestias, pérdida del sentido de la posición, etc.) de la mano contralateral (fig. 1).

Estos eventos fueron obtenidos de los electrodos o las lesiones colocadas en el lemnisco medio a nivel subtalámico y en un grupo de núcleos talámicos sensoriales específicos que aproximadamente correspondían al núcleo ventral postero-medial: vpcp y vci<sup>10</sup> (fig. 2, círculos y áreas punteadas).

**Sistema extralemniscal.** Su estimulación eléctrica produjo aumento en la amplitud del temblor y otros movimientos involuntarios. La AMU mostró, en todos los casos, una actividad rítmica de 3 a 6 Hz, formada por trenes de 10 a 30 espigas que no guardaban una relación temporal con el temblor, y no se modificaba por la movilización pasiva de las extremidades contralaterales, por lo que se le denominó "actividad espontánea". Los PPS mostraron solamente componentes tardíos; en los registros postoperatorios se observó que las lesiones de este sistema disminuían la amplitud de los componentes tardíos de los PPS corticales, mientras que los tempranos permanecían intactos.

Concomitantemente se observó disminución de la velocidad de reacción en las extremidades contralaterales y disminución en la frecuencia de la actividad rolándica ipsilateral a la lesión (fig. 1). La lesión de este sistema produjo un síndrome de "inatención" peculiar, en el cual el paciente fue negligente en el uso de las extremidades contralaterales para manipular y explorar. El paciente parecía tener una parálisis de esas extremidades y mostró tendencia a caer hacia ese lado, si bien, cuando se le pedía, era capaz de usarlas con buena fuerza muscular y coordinación. A no ser por una hipotonía moderada, no se detectaron otros déficits motores. Este síndrome de "inatención" fue de importancia variable en distintos casos, pero se encontró particularmente pronunciado en aquellos que mostraron un crecimiento prominente del tercer ventrículo.<sup>11</sup>

Estos eventos fueron obtenidos de los electrodos o lesiones de un área situada ventralmente al sistema lemniscal, que incluyó las radiaciones prelem-

niscas,\* la porción posterior de la zona inserta, el subtálamo y un grupo de núcleos talámicos que aproximadamente corresponden al núcleo ventral lateral: v.o.a., ceo y doi<sup>10</sup> (fig. 2, triángulos y áreas sombreadas).

## Comentarios

*Un circuito cortico-retículo-cortical para la atención, el temblor y los PPS tardíos*

El hecho de que los componentes tempranos y tardíos de los PPS fueran registrados diferencialmente en los sistemas lemniscal y extralemniscal respectivamente, apoya el concepto clásico basado en experimentos en animales,<sup>14,15</sup> de que los impulsos sensoriales ascendentes activan por un lado la corteza somato-sensorial por vías lemniscas (componentes tempranos) y por otro, a una zona cortical asociativa extensa por vías extralemniscas (componentes tardíos). Este concepto también establece que la activación extralemniscal es mediada por fibras que abandonan el lemnisco medio y hacen contacto con neuronas reticulares a varios niveles del tallo cerebral. Por lo tanto, se esperaría que las lesiones en el sistema lemniscal a este nivel bloquearan solamente los componentes tempranos, mientras que las lesiones del sistema extralemniscal solamente bloquearan los componentes tardíos de los PPS. Sin embargo, las lesiones lemniscas y extralemniscas provocadas en estos pacientes y las de Stohr y Goldring,<sup>16</sup> circunscritas a la corteza somato-sensorial, no apoyan el concepto clásico de la activación colateral del sistema extralemniscal. De acuerdo con estos resultados, en el cerebro humano las lesiones lemniscas o las corticales bloquean tanto los componentes tempranos como los tardíos, produciendo déficits somato-sensoriales profundos, mientras que las lesiones extralemniscas solamente atenúan la amplitud de los componentes tardíos, produciendo un estado de inatención y una supresión del temblor, sin otros déficits sensoriales ni motores. Esto sugiere entonces que los componentes tardíos de los PPS, la atención selectiva a los estímulos propioceptivos y el temblor sean mediados por un circuito cortico-retículo-cortical de la corteza somato-sensorial a la formación reticular y a la corteza motora (fig. 3).

La existencia de este control cortical descendente sobre la formación reticular se ve apoyada por el hecho de que las lesiones subtalámicas que interrumpen la facilitación cortical a la formación

\* Las radiaciones prelemniscas en el hombre corresponden aproximadamente a la trayectoria que muestra un haz de fibras ascendentes de la formación reticular mesencefálica al tálamo ventrobasal en el mono.<sup>12</sup> Nuestro trabajo en los monos sugiere que estas fibras se originan realmente en la formación reticular mesencefálica, puesto que las lesiones en este sitio también suprimen el temblor experimental y producen un síndrome de "inatención".<sup>13</sup>

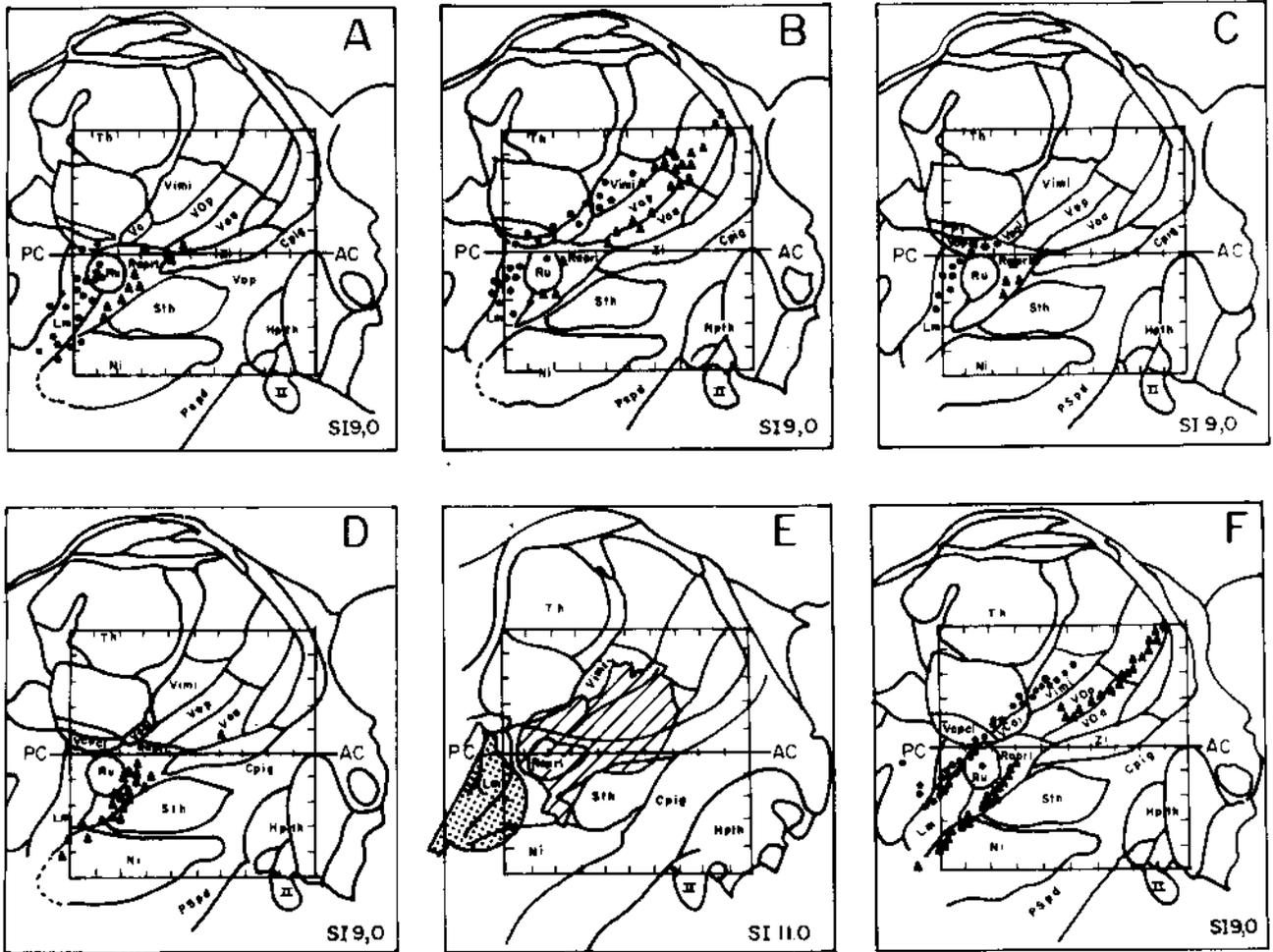


Fig. 2. Correlaciones anatomofisiológicas. Los resultados de la localización radiológica se han superimpuesto sobre secciones estereotáxicas parasagitales del atlas de Schaltenbrand y Bailey.<sup>9</sup> Las puntas de los electrodos se encontraron situadas en el tálamo ventrolateral y el subtálamo en proyecciones SI 9.0 y SI 11.0. Los símbolos representan el sitio donde ocurrieron los siguientes eventos:

A. Estimulación eléctrica: círculos, respuestas sensoriales (parestesias); triángulos, aumento en la amplitud del temblor de la extremidad contralateral. B. Actividad celular multiunitaria: círculos, actividad rítmica provocada; triángulos, actividad rítmica espontánea. C. Potenciales provocados somáticos: círculos, formados por componentes tempranos y tardíos; triángulos, formados solamente por componentes tardíos. D. Triángulos: punta de los electrodos cuya penetración suprimió el temblor. E. Área punteada: extensión de las lesiones que bloquearon los componentes tempranos y tardíos de los PPS y produjeron un déficit so-

mato-sensorial profundo. Área sombreada: lesiones que bloquearon solamente los componentes tardíos de los PPS y que produjeron supresión del temblor e inatención. F. Análisis computado: círculos, vector de las respuestas sensoriales producidas por la estimulación eléctrica y de la actividad rítmica provocada; triángulos, vector de las áreas que suprimen el temblor y de la actividad rítmica espontánea.

Abreviaturas: Th = tálamo, vc = ventro caudal, vcai = ventro caudal anterior interno, vpci = ventro caudal parvo celular, vmi = ventral intermedio, vop = ventral oral posterior, voa = ventral oral anterior, Lm = lemnisco medio, Rapri = radiaciones prelemniscuales, Ru = núcleo rojo, Zi = zona incerta, Sth = núcleo subtalámico, Ni = substancia negra, Pspd = pedúnculo cerebral, Cpi = rodilla de la cápsula interna, Hpth = hipotálamo. Tomado de Velasco y Velasco.<sup>1</sup> (Publicado con autorización del editor de Neurosurgery.)

reticular en gatos, disminuyen la amplitud de los PPS reticulares producidos por estimulación nerviosa periférica.<sup>17</sup> En este sentido, también las lesiones reticulares en los monos producen un estado de "inatención" o negligencia similar al visto con las lesiones en las cortezas parietal y frontal.<sup>13,18</sup>

*Actividad celular rítmica espontánea, temblor y exploración táctil*

La actividad celular rítmica espontánea encontrada en el sistema extralemniscal de pacientes con enfermedad de Parkinson ha sido interpretada como un "marcapaso" del temblor.<sup>10</sup> Sin embargo, dicha actividad ha sido registrada en este sistema en pacientes que no tienen temblor<sup>20</sup> y en monos normales.<sup>13,21</sup> El papel funcional de esta actividad en los casos que no presentan temblor aún se desconoce. Es importante mencionar que otras actividades rítmicas espontáneas se han registrado en otras estructuras cerebrales de animales que desarrollan una conducta exploratoria, por ejemplo, la actividad theta hipocámpica asociada con movimientos de olfateo en la rata.<sup>22</sup> Los movimientos de *pill rolling* vistos en pacientes con temblor se asemejan a aquellos usados para una exploración táctil y posiblemente los impulsos extralemniscas sean la expresión de un sistema que inicia la manipulación y exploración táctil en los sujetos normales.

*Inatención y acinesia*

La acinesia consiste en una dificultad en iniciar un movimiento que se presenta en los casos graves de enfermedad de Parkinson<sup>23</sup> y también en los casos de parálisis supranuclear progresiva, correlativa a extensas lesiones en el *tegmentum* mesencefálico.<sup>24</sup> Los síntomas de la acinesia se agravan por la talamotomía<sup>23</sup> y los autores consideran que la presencia de acinesia es una contraindicación para la cirugía. En ocasiones, algunos pacientes con signos incipientes de acinesia detectados por una serie de pruebas clínicas y electrofisiológicas también empeoraron por lesiones talámicas y subtalámicas.<sup>11</sup> Es de interés señalar también que la acinesia y la inatención que resulta de la talamotomía tienen varios aspectos comunes: En ambas condiciones y en ausencia de parálisis, los pacientes muestran dificultad para mantener el equilibrio sobre un plano inclinado, retardo en la iniciación del movimiento, velocidad de reacción disminuida y atenuación en la amplitud de los componentes tardíos de los PPS.<sup>11,25</sup> Estas observaciones apoyan la idea de que acinesia sea el resultado de una forma de inatención.<sup>11,25</sup>

REFERENCIAS

1. Velasco, F. y Velasco, M.: *A reticulo-thalamic system mediating proprioceptive attention and tremor in man.* Neurosurgery 4:30, 1979.

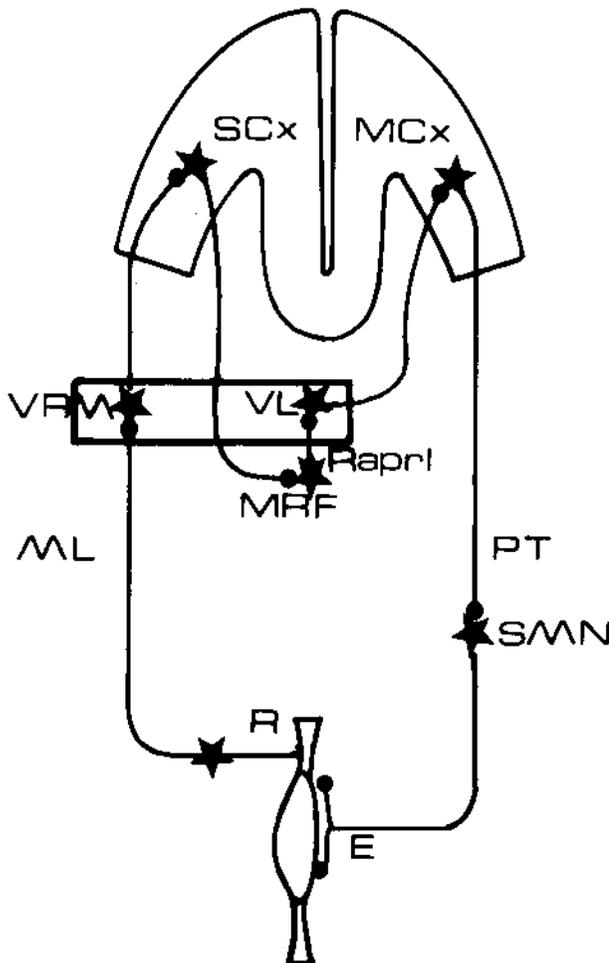


Fig. 3. Un circuito extralemniscal cortico-retículo-cortical regulador de la atención propioceptiva y el temblor en el hombre.

**Sistema lemniscal.** Los impulsos propioceptivos transmitidos de la periferia (R) al través del lemnisco medio (ML) y el núcleo ventro-postero-medial del tálamo (VPM) a la corteza somato-sensorial (SCx).

**Sistema extralemniscal.** Los impulsos propioceptivos transmitidos de la corteza somato-sensorial (SCx) al través de la formación reticular mesencefálica (MRF), las radiaciones prelemniscas (Raprl) y el núcleo ventro-lateral del tálamo (VL) a la corteza motora. Después, los impulsos motores se transmiten al través del tracto piramidal (PT) a la periferia: motoneurona espinal (SME) y el músculo (E). Modificado de Velasco y Velasco.<sup>20</sup> (Publicada con autorización del editor de la obra citada.)

2. Velasco, M.; Velasco, F.; Machado, J. y Olvera, A.: *Effects of novelty, habituation, attention and distraction on the amplitude of the various components of the somatic evoked responses*. Int. J. Neurosci. 5:3, 1973.
3. Velasco, M. y Velasco, F.: *Differential effect of task relevance on early and late components of cortical and subcortical somatic evoked potentials in man*. Electroenceph. Clin. Neurophysiol. 39:353, 1975.
4. Velasco, F.; Molina-Negro, P. y Velasco, M.: *La estimulación eléctrica del subtálamo humano*. Arch. Invest. Méd. (Méx.) 3:11, 1972.
5. Velasco, F. y Molina-Negro, P.: *Electrophysiological topography of the human diencephalon*. J. Neurosurg. 38: 204, 1973.
6. Velasco, F.; Molina-Negro, P.; Bertrand, C. y Hardy, J.: *Further definition of the subthalamic target for the arrest of tremor*. J. Neurosurg. 36:184, 1972.
7. Velasco, F.; Velasco, M. y Machado, J. P.: *A statistical outline of the subthalamic target for the arrest of tremor*. Appl. Neurophysiol. 38:38, 1975.
8. Velasco, F.; Velasco, M. y Maldonado, H.: *Identificación y lesión de las radiaciones prelemniscas en el tratamiento quirúrgico del temblor*. Arch. Invest. Méd. (Méx.) 7:29, 1976.
9. Schaltenbrand, G. y Bailey, P.: *Introduction to stereotaxis with an atlas of the human brain*. Stuttgart, Georg Thieme Verlag. 1959.
10. Hassler, R.: *Stereotactic brain surgery for extrapyramidal motor disturbances*. En: *Introduction to the stereotaxis with an atlas of the human brain*. Schaltenbrand, G. y Bailey, P. (Eds.) Stuttgart, Georg Thieme Verlag. 1959, p. 472.
11. Velasco, F.; Velasco, M. y Muñoz, H.: *Correlation between severity of neglect syndrome and enlargement of the third ventricle after thalamic-subthalamic surgery of tremor*. Neurosurgery 1982 (enviado a publicación).
12. Nauta, W. J. H. y Kuypers, H. G. J. M.: *Some ascending pathways in the brain stem reticular formation*. En: *Henry Ford Hospital International Symposium: Reticular formation of the brain*. Jasper, H. et al (Eds.) Boston, Little Brown & Co. 1958, p. 3.
13. Velasco, F.; Velasco, M.; Romo, R. y Maldonado, H.: *Production and suppression of tremor by mesencephalic tegmental lesions in monkeys*. Exp. Neurol. 64:516, 1979.
14. Magoun, H. W.: *The waking brain*. Springfield, Charles C. Thomas, 1960, p. 91.
15. Magoun, H. W.: *The ascending reticular activating system*. Res. Publ. Ass. Nerv. Ment. Dis. 30:480, 1952.
16. Stohr, P. E. y Goldring, S.: *Origin of somatosensory scalp responses in man*. J. Neurosurg. 31:117, 1969.
17. Lindsley, D. F.; Ranf, S. K. y Barton, R. J.: *Corticofugal influences on reticular formation evoked activity in cats*. Exp. Neurol. 34:511, 1972.
18. Heilman, K. M. y Watson, R. T.: *Mechanisms underlying the unilateral neglect syndrome*. Adv. Neurol. 18: 93, 1977.
19. Albe-Fessard, D.; Guiot, G.; Lamarre, Y. Arfel, G.: *Activation of thalamocortical projections related to tremorogenic processes*. En: *The Thalamus*. Purpura, D. P. y Yahr, M. D. (Eds.) Nueva York, Columbia University Press. 1966, p. 237.
20. Velasco, F. y Velasco, M.: *Thalamic and subthalamic rhythmic cellular discharges and their relation to the physiopathology of tremor*. Second International Symposium on Motor Control. Varna, Bulgaria, 1972.
21. Joffroy, A. J. y Lamarre, Y.: *Rythmicité dans l'activité spontanée des neurones thalamiques chez le singe: ses relations possibles avec un tremblement postural expérimental*. Acta Neurol. Belg. 73:56, 1973.
22. Komisaruk, B. R.: *Hypothalamic influences on motor patterns*. Neurosci. Res. Progr. Bull. 11:376, 1973.
23. Velasco, F. y Velasco, M.: *A quantitative evaluation of the effects of L-Dopa on Parkinson's disease*. Neuropharmacology 12:89, 1973.
24. David, M.; Mackey, E. A. y Smith, J. L.: *Further observations in progressive supra nuclear palsy*. Neurology (Minn.) 18:349, 1968.
25. Watson, R. T.; Heilman, K. M.; Miller, B. D. y King, F. A.: *Neglect after mesencephalic reticular formation lesions*. Neurology (Minn.) 24:294, 1974.
26. Velasco, M. y Velasco, F.: *Selective attention: An electrophysiological study by means of depth electrodes in the human brain*. En: *Attention, theory, brain function and clinical applications*. Sheer, D. (Ed.) Nueva York, Academic Press. 1982. En prensa.

## COMENTARIO OFICIAL

Francisco Alonso de Florida \*

Tengo la satisfacción y el privilegio de haber sido designado para comentar la obra del doctor Marcos Velasco quien ha ingresado a la Academia con el beneplácito de todos.

La personalidad del doctor Velasco como médico-investigador es digna de señalarse de un modo especial. Se trata de un neurofisiólogo aplicado a la clínica. La neurofisiología en México es una disciplina madura hoy en día y puede hablarse sin exageración de una escuela mexicana de pensamiento que acredita importantes contribuciones, sobre todo aquellas producidas en los últimos veinticinco años. Aunque no sea más que de paso, conviene señalar que el desarrollo de la neurofisiología en México ha coincidido con la vida de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, la que hace unos días celebrara, en efecto, su XXV aniversario.

Pues bien, el doctor Marcos Velasco es, sin duda, un brillante exponente de la neurofisiología en nuestro país, dentro de lo que podríamos llamar su tercera generación. Pero más que eso, la obra del doctor Velasco representa una de las fuertes amarras entre la investigación neurofisiológica experimental y la clínica. El progreso de la medicina debe mucho a esta clase de investigadores, situados en la interfase de la ciencia y la práctica médica, que hace su trabajo complejo, pues su realización demanda dotes de talento, conocimientos, formación moral y trato personal de valor superior. Estos trabajadores son particularmente útiles en investigaciones, como las que interesan a esta Academia, cuyas intenciones son a la vez analíticas y sintéticas y que, por eso, han de tender lazos de comprensión entre las especialidades.

El doctor Velasco nos presenta hoy sus estudios sobre un aspecto de la investigación del cerebro. En general sobre los mecanismos de la atención y, en particular, en su relación con la fisiopatología del temblor. Su trabajo ofrece dos polos: uno conceptual o teórico y otro de utilidad terapéutica inmediata.

En lo teórico, el autor introduce el concepto de atención propioceptiva. La atención es un fenómeno de circunscripción de la conciencia que, según este concepto, incluye no sólo a la percepción del medio ambiente por el sujeto, sino también a la percepción de diversas partes de su propio organismo; de un miembro, como es el caso de los estudios en cuestión. El

\* Académico titular. Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

## NOTA BIOGRAFICA

trabajo se basa en el resultado experimental de que lesiones pequeñísimas, en sitios unilaterales bien delimitados del tálamo-subtálamo en pacientes parkinsonianos, suprimen el temblor, pero dejan en el sujeto un estado de "inatención" (o tal vez mejor de subatención). Este estado se caracteriza clínicamente porque el paciente operado descuida o abandona el uso de la mano que normalmente controlan esos centros nerviosos. Si el médico llama la atención del paciente sobre el uso de su mano, ésta muestra su funcionalidad y utilidad prénzil y, por otra parte, puede constatar que el paciente conserva normales sus funciones de alerta general con respecto a su medio ambiente y no muestra signos significativos de deficiencias motoras o sensoriales. El autor nos muestra los estudios electrofisiológicos de potenciales que se obtienen con electrodos implantados con técnicas estereotáxicas, en las áreas talámicas y subtálamicas que se lesionan. Los registros ponen de relieve la injerencia de estas áreas, tanto en la atención propioceptiva, como en la génesis del temblor. Tales áreas, concluye, forman parte de un sistema extrallemniscal-cortico-retículo-cortical que interviene en los procesos de atención selectiva sobre el sistema motor del mismo sujeto.

El éxito de Velasco, al conseguir estos resultados y arribar a sus conclusiones, se debe en gran medida a que su sujeto experimental es el ser humano, que como tal ofrece la posibilidad única de prestarse al estudio del fenómeno perceptivo, mediante la comunicación interpersonal sujeto-investigador y el uso experimental de la voluntad en la generación del movimiento.

Ya en el terreno de la terapéutica, Velasco ha estudiado con todo detalle la variación individual del tamaño de los ganglios basales y ha conseguido precisar el sitio donde ha de producirse una lesión mínima a fin de suprimir el temblor. Ha encontrado que el efecto se produce en el complejo ventrobasal del tálamo y una región subtálmica.

Por último, como señala Velasco, sus trabajos se originan y tienen antecedentes en los trabajos de Cooper y otros cirujanos, que se iniciaron al final de los años cincuenta. Sin embargo, la relevancia de la labor de Velasco, puede medirse por las numerosas contribuciones técnicas y conceptuales que han ampliado el conocimiento al publicarse en destacadas revistas de la especialidad, como aparece en la bibliografía que presenta en este, su trabajo de ingreso.

El doctor Marcos Velasco-Campos cursó sus estudios en la Facultad de Medicina de la UNAM (1952-57) y realizó su entrenamiento en medicina interna en el Hospital de Enfermedades de la Nutrición (1958-61) y en neurología en el Instituto de Investigaciones Cerebrales de la Universidad de California en Los Angeles (1963-65), así como en la División de Cirugía Neurológica del Hospital John Hopkins (1965-66). Obtuvo su certificación por el *American Board of Qualification* en neurología y electroencefalografía en Filadelfia (1967). Al término de sus estudios, ingresó al Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social, primero como médico adscrito al servicio de Neurología y Neurocirugía del Hospital General (1967-70) y después como jefe de la División de Neurofisiología de la Unidad de Investigación Biomédica (1970-82).

El doctor Velasco-Campos ha publicado 90 trabajos y participado en 83 eventos científicos y ha obtenido cuatro premios: Premio Nacional de Ciencias Neurológicas (1967), Premio para estimular la investigación Médico-Farmacéutica (1972), Premio Nacional de Cirugía (1974) y Premio a la Mejor Investigación del IMSS (1975).

Su interés sobre la función cerebral comenzó siendo estudiante de medicina, bajo la dirección del doctor Raúl Hernández-Peón y posteriormente como estudiante de postgrado de los doctores Donald B. Lindsley, Horace W. Magoun y Arthur Earl Walker. Específicamente, el doctor Velasco-Campos ha investigado la fisiología de la formación reticular del tallo cerebral, como una estructura que regula un número de procesos normales y patológicos como son el sueño y la vigilia, la atención selectiva y la integración motora, las crisis convulsivas focales y generalizadas, el temblor y otros movimientos involuntarios. Su asociación con el doctor Francisco Velasco-Campos le ha permitido extender su investigación del campo neurofisiológico al de la neurocirugía estereotáxica, en los casos en los que los registros cerebrales profundos son empleados como un procedimiento preoperatorio en el tratamiento de sus síntomas.

La Academia Nacional de Medicina lo admitió como miembro numerario en el área de Fisiología del Departamento de Biología Médica, el 19 de mayo de 1982.

