

NEUROCIRUGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA

Primera parte: neurocirugía estereotáctica

GUSTAVO TRÓCCOLI, EUGENIO D'ANNUNCIO, OSVALDO GUTIÉRREZ*

Introducción

La estereotaxia es un método quirúrgico basado en la localización precisa de un punto determinado dentro de un volumen. En casos de neurocirugía, se trata de localizar un punto (que se denomina "blanco") dentro del cerebro.

Etimológicamente, existe cierta confusión, debido a que se acepta que el término correcto es "estereotáctico", palabra formada con la unión del vocablo griego *stereos*, que significa 'tridimensional', y del latino *tactus*, que significa tocar. ^(1,2) Sin embargo, sólo puede emplearse como adjetivo y, como sustantivo, "estereotaxia" (derivado de *taxis*, palabra griega que significa 'organización'). ⁽³⁾

La estereotaxia se basa en el concepto tridimensional de coordenadas cartesianas, sistema introducido por el genial René Descartes, fundador de la geometría analítica y padre de la filosofía moderna. Este concepto señala que un punto y sólo un punto en el espacio puede localizarse por su relación con tres planos que se entrecruzan unos con otros, en ángulo recto (fig. 1). Este punto se

define por tres números, correspondientes a las distancias que lo separan de cada plano (basal, sagital y coronal). ⁽⁴⁾

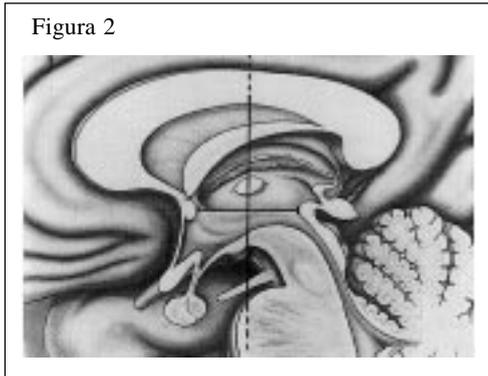
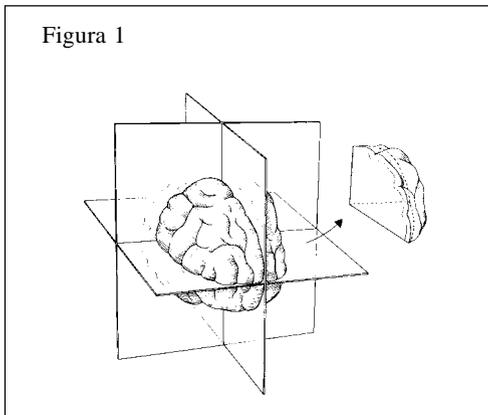
Reseña histórica

La primera referencia con respecto a la localización de "blancos" dentro del cerebro se remonta al año 1873, cuando Dittmar desarrolló un sistema de implante de sondas en el bulbo raquídeo de animales de experimentación. ⁽⁵⁾ Sin embargo, la primera descripción de los principios de la estereotaxia tal cual hoy se la conoce, se atribuye a la publicación realizada por Clarke y Horsley, en 1906. ⁽⁶⁾

Sir Víctor Horsley dedicaba su tiempo a investigar las vías de conexión del sistema nervioso. Una de sus mayores dificultades era lograr la inserción de un electrodo dentro de un lugar específico del cerebro. Decidió consultar al ingeniero Robert Clarke sobre la posibilidad de encontrar un método de producir experimentalmente lesiones encefálicas en un punto específico. La solución fue

* Servicio de Neurocirugía del
Hospital Interzonal General Dr. José Penna
de Bahía Blanca, Láinez 2401.

simple y original: convirtió el cerebro en un cuerpo geométrico y lo dividió con tres planos imaginarios que se entrecruzaban en forma ortogonal: horizontal (basal), frontal (coronal) y lateral (sagital) (fig. 1). Cualquier punto podía ser definido sólo con medir la distancia que lo separaba de cada plano. Este concepto, considerar el cerebro como un volumen y aplicarle un sistema de coordenadas carte-



sianas, es la esencia de la estereotaxia.

El instrumental diseñado por Horsley y Clarke fue utilizado en experimentación con animales, pero no lograron ponerse de acuerdo con respecto a su empleo en seres humanos, lo que motivó la disolución de la sociedad. La razón del desacuerdo fue que el sistema de coordenadas cartesianas utilizaba puntos de referencia craneanos (es decir, referencias externas al cerebro) para definir los tres planos: líneas orbital-meatal, biauricular y media sagital.

La amplia variabilidad en la relación espacial entre estructuras cerebrales y craneanas fue la más

importante razón por la que la estereotaxia no pudo, por ese entonces, ser utilizada en el hombre.

Pasaron varios años hasta que, en 1947, Spiegel y Wycis realizaron el primer procedimiento estereotáctico en seres humanos al utilizar estructuras cerebrales internas para establecer los tres planos.⁽⁷⁾ Con neumoencefalografía, lograban definir el plano basal, tomando como referencia el foramen de Monro y la glándula pineal, sobre el cual intersectaban el plano sagital de la línea media y el coronal. Luego de un tiempo y con el advenimiento de la yodoventriculografía, los puntos de referencia cerebrales fueron las comisuras blancas anterior y posterior con la línea intercomisural, con definición del plano basal (fig. 2).

La mayor seguridad en la localización del "blanco", a partir de utilizar referencias cerebrales internas, impulsó el desarrollo de varios centros de cirugía estereotáctica: Leksell, en Suecia; Talairach, en Francia; Riechert, en Alemania; Bennet, en Inglaterra; Narabayashi, en Japón; Bailey y Stein, en los Estados Unidos.⁽⁵⁾

Durante la década de los 60, se realizaron innumerables procedimientos estereotácticos, especialmente dirigidos al tratamiento de la enfermedad de Parkinson y del dolor crónico. Luego de 1968, cuando la L-dopa estuvo disponible, se produjo una profunda decadencia de las técnicas estereotácticas, a tal punto que, en la década de 1970, muy pocas residencias médicas en los Estados Unidos, brindaban entrenamiento en este método.⁽⁸⁾

Algunos años después, la incorporación de la informática en las técnicas radiológicas (tomografía computada) permitió ver directamente el blanco elegido sin necesidad de referencias indirectas.⁽⁹⁾ Esta nueva posibilidad facilitó el desarrollo de la moderna estereotaxia, con las nuevas aplicaciones que actualmente se conocen.

Elementos básicos de la estereotaxia

Considerar el cerebro como un volumen geométrico es el elemento central de la estereotaxia. Existen otros dos elementos básicos: puntos de referencia confiables e instrumentos quirúrgicos apropiados para actuar sobre el "blanco" elegido.⁽⁴⁾

1) El cerebro, un sistema de coordenadas cartesianas:

Como fue anteriormente señalado, un punto y sólo un punto puede ocupar el espacio en el que se entrecruzan tres planos en ángulo recto (fig. 3). Al

elegir un punto determinado del cerebro y hacer que se intersecten los tres planos ortogonales, se define un punto de referencia denominado 0 (cero). La localización de cualquier otro punto dentro del mismo sistema sólo requiere conocer la distancia desde dicho punto hasta el 0 en los tres planos: x (lateral), y (anterior-posterior) y z (vertical).

2) Puntos de referencia:

El primer diseño cartesiano ideado por Clarke tomaba marcas externas como puntos de referencia para definir los tres planos: la línea orbital-meatal, la biauricular y el plano medio sagital. (6) La marcada variabilidad del cráneo del hombre (situación no tan señalada entre los animales) impidió el desarrollo de la estereotaxia en humanos, hasta que se definieron los puntos de referencia internos: agujero de Monro, glándula pineal, comisuras blancas anterior y posterior. (10)

Los métodos modernos de neuroimagen permiten medir la posición del blanco en forma directa, ya que, al ser visible el punto elegido, sólo resta definir su situación con respecto al punto cero del sistema de coordenadas. En los casos de "blancos" no visibles (por ejemplo, el globo pálido posterior-ventral), se utiliza, para su localización, un método indirecto: el mapa estereotáctico. (10, 11)

Los mapas estereotácticos se realizan en cerebros cadavéricos, con múltiples cortes paralelos a los planos de referencia (axial, sagital y coronal), previamente teñidos para distinguir estructuras nerviosas de interés, que son fotografiados junto a una regla milimetrada, para medir la distancia desde un punto determinado en cada uno de los planos (fig. 4).

Como puede comprenderse, estos mapas estereotácticos son solamente una buena aproximación al punto de referencia (*mapeo anatómico*). El neurocirujano luego debe localizar exactamente, en cada paciente, el "blanco" elegido, con técnicas intraoperatorias de neuroestimulación y registro (*mapeo funcional*). (12)

3) Instrumental estereotáctico:

El instrumento básico de la estereotaxia es un marco metálico que se

fija al cráneo del paciente con tres o cuatro tornillos que perforan la tabla externa e impiden cualquier desplazamiento. Sobre esta estructura, se monta el sistema de localización y los elementos de guía al "blanco". Estos elementos son estructuras rígidas de gran precisión, que pueden ser movidos en cualquier dirección. De acuerdo con el sistema geométrico utilizado para la construcción de estos materiales de guía, es la denominación que recibe el sistema estereotáctico. Actualmente, los más empleados son el de coordenadas polares y el de arco-radio. (4, 5) Este último es el más utilizado. Consiste en un arco semicircular que puede ser desplazado en cualquiera de los tres

Figura 3

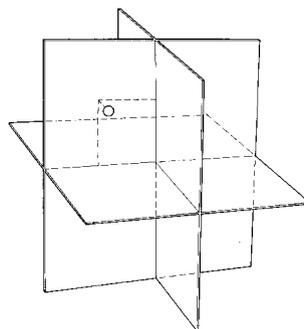
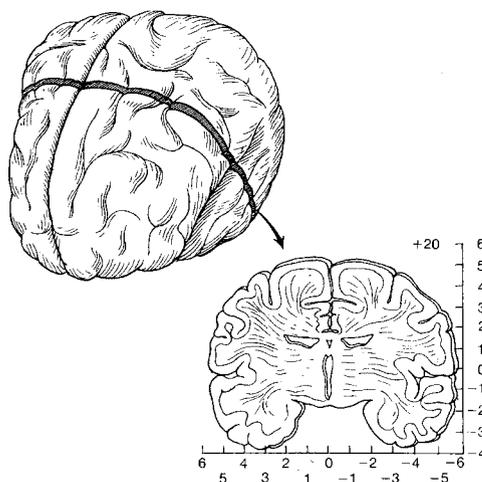


Figura 4



planos, de tal forma que su centro siempre coincide con las coordenadas del "blanco". Esto permite elegir cualquier trayectoria de llegada al punto seleccionado, lo que es particularmente beneficioso en la cirugía guiada por estereotaxia.

Indicaciones de la neurocirugía estereotáctica

Como ya fue señalado, la estereotaxia es básicamente un método de localización de un punto en el espacio. Esto permite su utilización en cualquier procedimiento neuroquirúrgico. Sin embargo, y, por distintas razones, se aplica en casos específicos.

1) Biopsia de lesiones cerebrales:

Éste es el procedimiento más comúnmente utilizado. Puede practicarse biopsia de cualquier lesión dentro del encéfalo con técnicas estereotácticas. El procedimiento se realiza con anestesia local y consta de cuatro pasos:

- a) Colocación del marco estereotáctico.
- b) Realización de la tomografía computada (TC) o de la resonancia magnética (RM).
- c) Procesamiento de los datos y determinación de las coordenadas del "blanco".
- d) Obtención del tejido a través de un orificio craneano de 5 mm de diámetro.

Este procedimiento demanda de 90 a 120 minutos y provee resultados positivos en más del 95% de los pacientes. ⁽¹³⁾ El porcentaje de complicaciones oscila en el 2%, la mayoría por hemorragias en la zona de la biopsia que, en general, evolucionan espontáneamente.

2) Microneurocirugía guiada por estereotaxia:

Éste es un procedimiento muy interesante y especialmente útil para la resección de lesiones pequeñas o profundas. ⁽¹⁴⁾ Luego de definidas las coordenadas del "blanco", se realiza la craneotomía (que suele ser de menor envergadura que en circunstancias habituales). Se llega a la lesión a través de la trayectoria elegida en el procesamiento preoperatorio y se procede a su exéresis con microcirugía. Esto permite seleccionar áreas significativas del cerebro y reducir la posibilidad de secuelas y complicaciones postoperatorias.

3) Radioterapia intersticial:

Con técnicas estereotácticas pueden implantarse, dentro de un tumor, semillas con material

radioactivo que evitan o disminuyen la irradiación del parénquima sano circundante, como sucede con la radioterapia externa convencional. ⁽¹⁵⁾ Algo novedoso en neurooncología es el implante, dentro del tumor, de vesículas que contienen drogas antineoplásicas (quimioterapia intersticial). Se alcanzan, así, concentraciones intratumorales difíciles de lograr por vía sistémica. ⁽¹⁶⁾ Este implante también se realiza con técnicas estereotácticas.

4) Neurocirugía funcional:

Ésta es una de las más antiguas indicaciones de la estereotaxia, especialmente para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson. ⁽¹⁷⁾ El procedimiento consiste en ubicar el "blanco" deseado, habitualmente algún sector de un ganglio de la base (en estos días la palidotomía póstero-ventral es la más utilizada); corroborar la posición del electrodo con técnicas de neurofisiología y luego generar una lesión con termocoagulación por radiofrecuencia, o implantar un electrodo para estimulación. ⁽¹⁸⁾

5) Tratamiento del dolor crónico:

En este caso, el procedimiento consiste en generar una lesión en algún sector de las vías sensitivas centrales (por ejemplo, tractotomía mesencefálica) o en colocar un electrodo de estimulación en sectores del encéfalo que generen analgesia (por ejemplo: sustancia gris periacueductal). ⁽¹⁹⁾

6) Endoscopia asistida por estereotaxia:

Éste es otro ejemplo de complementación entre dos métodos de la neurocirugía. En ese caso, luego de localizado el "blanco" por estereotaxia, se llega hasta él, con el endoscopio. Éste es un procedimiento especialmente útil en lesiones quísticas o hematomas, por el que la estereotaxia aporta la precisión de la localización, y la endoscopia, el tratamiento con visualización directa de la lesión a través de un pequeño orificio craneano. ⁽²⁰⁾

7) Radiocirugía:

Ésta es una forma moderna de radioterapia externa que consiste en localizar estereotácticamente una lesión, definir sus dimensiones con TC o RM, e irradiarla con fuentes externas que convergen en el volumen deseado con mínima exposición del cerebro sano circundante. ⁽²¹⁾ Este método de tratamiento es particularmente útil en malformaciones arteriovenosas de difícil acceso quirúrgico, tumores benignos de la base del cráneo, cuya

exéresis quirúrgica acarrearía cifras inaceptables de morbilidad y mortalidad y de metástasis cerebrales.⁽²²⁾

Conclusión

La estereotaxia es un antiguo método de localización y tratamiento de lesiones cerebrales que, a partir de 1980, recibe un fuerte impulso a partir de su unión con modernas técnicas de neuroimagen basadas en la informática. Desde entonces, sus indicaciones se ampliaron y son, en la actualidad, un elemento imprescindible entre los recursos de un neurocirujano.

Bibliografía

- 1- Gildenberg PL. Stereotactic vs. stereotaxic. *Neurosurg.* 1993; 32: 965-6.
- 2- Tampolsky CG. ¿Estereotáxico o estereotáctico? ¿Es posible expresarnos correctamente? *Rev Argent Neurocir.* 1996; 10: 206-7.
- 3- Sakas DA, Zervas NT, Whitwell HL, Papageorgiou C. Stereotactic or stereotaxis: time to resolve the age-old controversy? *J Neurosurg.* 1996; 84: 892-4.
- 4- Friedman WA and Spiegelmann R. Principles of stereotaxis in Crockard A (ed) *Neurosurgery: the scientific basis of clinical practice.* Blackwell Scientific Publications. 1992; 956-74.
- 5- Kelly PJ. Introduction and historical aspects in Kelly PJ (ed) *Tumor stereotaxis.* WB Saunders Company. 1991; 1-20.
- 6- Clarke RH, Horsley V. On a method of investigating the deep ganglia and tracts of the central nervous system (cerebellum). *Br Med J.* 1906; 2: 1799-800.
- 7- Spiegel EA, Wycis HT. Stereotaxic apparatus for operations on the human brain. *Science.* 1947; 106: 349-50.
- 8- Bakay RAE. Pushing the limits of traditional stereotaxis en Cohen AR y Haines SJ (ed). *Minimally Invasive Techniques in Neurosurgery.* Williams and Wilkins. 1995; 73-7.
- 9- Bergström M, Boëthius J, Collins VP, Edner G, Lewander R, Williams J. A combined study of computed tomography and stereotactic biopsy in gliomas, in Carrea R (ed): *neurological Surgery with Emphasis on Non-invasive Methods of diagnosis and Treatment.* Excerpta Medica. 1978; 45-50.
- 10- Talairach J, David M, Tournoux P, Corredor H, Kasina T. *Atlas d'Anatomie Stereotaxique.* Masson, París, 1957.
- 11- Tasker RR, Organ LW, Hawrylyshyn PA. *The Thalamus and Midbrain of Man. A Physiological Atlas Using Electrical Stimulation.* Springfield, 1957.
- 12- Krauss JK, Desaloms JM, Lai EC, King DE, Jankovic J, Grossman RG. Microelectrodeguided posteroventral pallidotomy for treatment of Parkinson's disease. *J Neurosurg.* 1997; 87: 358-67.
- 13- Taratuto AL, Sevlever G, Piccardo P. Clues and pitfalls in stereotactic biopsy of the central nervous system. *Arch Pathol Lab Med.* 1991; 115: 596-602.
- 14- Polinsky MN, Geer CP, Ross DA. Stereotaxy reduces cost of brain tumor resection. *Surg Neurol.* 1997; 48: 542-51.
- 15- McDermott MW, Sneed PK, Gutin PH. Intertitular and intracavitary irradiation of brain tumors, in Youmans JR (ed). *Neurological Surgery (fourth edition).* WB Saunders Co. 1996; 2923-34.
- 16- Brem H, Piantadosi S, Burger PC, Walker M, Selker R et al. Placebo-controlled trial of safety and efficacy of intraoperative controlled delivery by biodegradable polymers of chemotherapy for recurrent gliomas. *Lancet.* 1995; 345: 1008-12.
- 17- Guridi J, Lozano AM. A brief history of pallidotomy. *Neurosurg.* 1997; 41: 1169-83.
- 18- Tasker RR. Deep brain stimulation is preferable to thalamotomy for tremor suppression. *Surg Neurol.* 1998; 49: 145-54.
- 19- Long DM. The current status of electrical stimulation of the nervous system for the relief of chronic pain. *Surg Neurol.* 1998; 49: 142-4.
- 20- Zamorano L, Chavantes C, Jiang Z, Kadi AM. Stereotactic neuroendoscopy, in Cohen AR y Haines SJ (ed). *Minimally Invasive Techniques in Surgery.* Williams and Wilkins. 1995; 49-65.
- 21- Speise BL. Gamma knife stereotactic radiosurgery: an overview. *BNI Quarterly.* 1997; 13: 4-10.
- 22- Karlsson B, Kihlström L, Lindquist C, Ericson K, Steiner L. Radiosurgery for cavernous malformations. *J Neurosurg.* 1998; 88: 293-7.