

Estereotaxia

El término estereotaxia deriva de los términos griegos stereo: 3 dimensiones y tactic: tocar. La cirugía estereotáctica es una técnica quirúrgica mínimamente invasiva que a través de una guía geométrica con instrumentos fijos en la cabeza permite localizar un blanco predeterminado.

Se remontan a la primera técnica de localización espacial de estructuras intracraneales, acreditada a Dittmar y Ludwig en Alemania, quienes en 1873 utilizaron la primera sonda guiada para insertar una cánula en el bulbo raquídeo de una rata con el fin de estudiar la fisiología de dicha estructura. Sin embargo, este estudio no se considera ET como tal, ya que la localización no se relacionó con un sistema cartesiano de coordenadas. El comienzo de la cirugía estereotáctica (CET) se da con las publicaciones en 1906 y 1908 de [Victor Horsley](#), neurofisiólogo y neurocirujano, y Robert Henry Clarke, matemático, en las que presentaron los resultados obtenidos mediante el uso de un aparato estereotáctico en monos con el propósito de estudiar estructuras profundas del cerebro, en particular el núcleo dentado del cerebelo, sin dañar la corteza que se encontraba por encima de éstas.

Horsley y Clarke le dieron a su técnica el nombre de estereotaxia derivado del griego estéreo: "tridimensional" y taxia: "arreglo". Predijeron que -con la ayuda de este instrumento- "cada milímetro cúbico del cerebro será estudiado y registrado". Horsley y Clarke no sólo proporcionaron planos completos del aparato estereotáctico, sino que incluyeron el primer atlas estereotáctico, el cual consistía en ilustraciones de secciones del cerebro del mono en intervalos calibrados, acompañados de una escala que proveía las medidas de cada corte y la altura de cada rebanada sobre la base del aparato. Las secciones utilizadas para el atlas fueron registradas mediante un sistema de coordenadas cartesianas colocado sobre el cráneo del animal. La tercera sección del artículo publicado en 1908 trataba sobre la producción de lesiones mediante la aplicación de corriente eléctrica directa sobre el cerebro, y la cuarta sección sobre observaciones fisiológicas del cerebelo tras la producción de dichas lesiones. Este documento presenta lo que constituyó el primer instrumento de navegación subcortical. Aubrey Mussen (1873-1975), graduado de la escuela de medicina de la Universidad McGill en Montreal en 1900, trabajó con Horsley y Clarke en el National Queen Square Hospital en Londres 1905 y 1908, utilizando su instrumento de ET para la estimulación del núcleo del hipogloso en el gato y el mono. En 1909, publicó este trabajo en la revista Brain. Basándose en el instrumento original de Horsley y Clarke, el cual compró por 100 dólares, Mussen diseñó su propio aparato adaptado para su uso en seres humanos, el cual fue construido en 1918 en la ciudad de Londres. Cuatro años más tarde presentó su atlas de ET. Mussen, neuroanatomista, neurofisiólogo y neuropatólogo, nunca pudo convencer a ningún neuropatólogo de utilizar su aparato, así que lo empacó en periódicos y almacenó por muchos años, y no se descubrió sino hasta después de su muerte. En la actualidad, el instrumento original se encuentra en el Instituto Neurológico de Montreal para su exhibición .

Mussen se asoció al departamento de investigación del Hospital Johns Hopkins en 1920, y quizá de esta manera, pudo convencer a su jefe, el profesor Adolf Meyer, para adquirir el segundo instrumento de Clarke por 2,500 dólares y publicar el libro de Clarke sobre su aparato y la técnica. De hecho, fue el propio Mussen, quien enseñó a George Schaltenbrand, en una visita al hospital Johns Hopkins en 1928, a manejar el aparato de Horsley y Clarke. En 1971, Mussen escribió a su hijo, un ingeniero, quien estaba investigando sobre el aparato de su padre: "Mi idea en ese entonces era la de hacer un instrumento completo para el cerebro humano y posteriormente hacer un atlas de éste como el existente en gatos. Así se podría localizar cualquier estructura en el cerebro humano con la ayuda del atlas, con lo que pensaba que si existiera un tumor en el cerebro que no pudiera localizarse, se podría introducir un electrodo y obtener las reacciones del tejido cerebral normal y las diferencias al llegar al tumor. Después, al hacer un número de lesiones con corriente galvánica, se podría destruir dicho

tumor. Y todo esto se podría llevar a cabo por un trépano de 5 mm en el cráneo y puncionando la duramadre sin exponer al cerebro en lo absoluto". Tuvieron que pasar casi tres décadas para que en 1946 Ernest A. Spiegel, neurofisiólogo, y Henry T. Wycis, que en aquel entonces era estudiante de medicina y más tarde se graduara en neurocirugía, resolvieran el problema de un sistema de referencias precisas para ET en humanos.

Ellos desarrollaron el primer aparato que se utilizó de manera clínica en seres humanos, y que podía moverse lateral, vertical y horizontalmente montado en un aro fijo, se utilizaron puntos referenciales intracraneales estratégicos, por lo que se le dio el nombre de encefalotomo. Este aparato se encuentra en el Instituto Smithsonian. Los puntos clave que utilizaban eran la glándula pineal y el foramen de Monroe, visualizados por medio de pneumoencefalografía pre y transoperatoria. Más tarde, con el advenimiento de los medios de contraste para ventriculografía, la comisura anterior y posterior se convirtieron en las referencias intracerebrales más utilizadas. Un año más tarde, Spiegel y Wycis describieron un aparato que permitía tomar radiografías transoperatorias para visualizar estructuras intracraneales, y después publicaron un atlas anatómico de seres humanos. En aquella época, antes del advenimiento de los medicamentos psicotrópicos, la lobotomía era un procedimiento común para el tratamiento de algunos trastornos psiquiátricos, por lo que Spiegel tuvo un gran interés en refinar este procedimiento por medio de la CET para evitar las complicaciones y déficits que con frecuencia se asociaban; sin embargo, pasaron varios años para que la CET se utilizará en la llamada psicocirugía. Durante los primeros 20 años de la CET, Spiegel y Wycis fueron los pioneros en casi todas las áreas de aplicación de la neurocirugía funcional estereotáctica.

En 1949, a su regreso a Estocolmo, Suecia, Lars Leksell diseñó el primer aparato de arco centrado, basado en la premisa de que era posible dirigir una sonda a cualquier objetivo desde cualquier sitio de entrada sobre la convexidad del cráneo. Después sustituyó el colimador electromagnético de los rayos X por una sonda física, y esta sustitución se convirtió en la base para la llamada radiocirugía estereotáctica. En los siguientes años, Talairach describió en París su aparato, mediante el cual se podían insertar electrodos ortogonales a través de un sistema fijo de rejillas. También introdujo la idea de la angiografía estereotáctica.

En 1951, en Alemania, Reichert y Wolf describieron su aparato de arco centrado, que incluía una base de simulador (phantom), que después, en 1955, modificó Mundinger.

Narabayashi, en Japón, también diseñó un aparato en 1952; en 1957 el español Obrador hizo similar aportación. Las variantes de estos aparatos y sistemas consistían en la forma en que se colocaba e introducía el electrodo, la movilidad del mismo, la cantidad de electrodos utilizados y el tipo de arco. Entre las décadas de los 50 y 70's hubo un periodo de grandes innovaciones en el campo de la ET.

En 1972 se introdujo la tomografía computada (TC) y en 1983 la resonancia magnética (RM). Esto complicó el diseño de instrumentos estereotácticos. sin embargo; facilitó y expandió las indicaciones para el uso de ET, con lo que nació el campo de la cirugía estereotáctica basada en la imagenología seccional. El rastreo de la TC está basado en el mismo tipo de sistema de coordenadas cartesianas que la ET, cada punto en el espacio es definido en tres dimensiones. Consecuentemente, es inherente que cualquier punto identificado por TC se puede relacionar con coordenadas de ET, siempre y cuando se conozca la relación entre el aparato de ET y rastreo por TC². Para llevar a la práctica esta aseveración, se tuvieron que sobrepasar las dificultades iniciales para obtener un sistema de coordenadas que se ajustará a ambas técnicas, la ET y la TC, obteniendo medidas exactas de la distancia del tomógrafo, reduciendo los artefactos radiográficos, calculando el grosor de los cortes y superando la inexactitud provocada por los movimientos de la mesa. El acoplamiento de la RM a la ET presentó del mismo modo algunos obstáculos, principalmente se tuvieron que diseñar y construir instrumentos que no fueran ferromagnéticos para poder ser expuestos a los campos magnéticos de los aparatos de RM. Todos estos avances favorecieron la aparición de atlas de ET. Al principio, se

requerían pequeñas computadoras para trasladar las coordenadas obtenidas en estos aparatos de imagenología a las de ET, y después se diseñaron estaciones de trabajo para mandar de manera directa la información digitalizada desde el escaner a la computadora del aparato de ET.

El aparato de Brown-Roberts-Wells, consistente en arcos interconectados, fue diseñado en especial para la realización de CET con determinación del blanco por TC. Cuenta con una base de simulador (phantom), cuyo fin es el de confirmar el blanco quirúrgico¹¹. En la actualidad, estos aparatos se han diversificado y simplificado, con materiales más ligeros que producen menor interferencia o artefacto, cuentan con sistemas digitales más sencillos que facilitan la rapidez de los procedimientos, aumentando así la versatilidad y precisión⁷. En la actualidad por medio de la estereotaxia asistida por TC y RM se pueden localizar lesiones cerebrales o blancos quirúrgicos funcionales muy pequeños, de no contar con esta tecnología su localización sería imposible o los riesgos quirúrgicos serían en realidad altos

Atlas de estereotaxia.-

Para poder utilizar un aparato de ET es necesario conocer la relación entre las estructuras anatómicas blanco y los puntos de referencia, así como saber que tanto pueden variar las medidas de un paciente a otro. Horsley y Clarke presentaron el primer atlas de ET en 1908 (utilizado en monos).

En 1952, Spiegel y Wycis realizaron el primer atlas de ET con relevancia clínica y el primero basado en referencias demostradas por ventriculografía. También fue el primer documento que incluía medidas de distancias entre los blancos subcorticales y algunas de las estructuras paraventriculares de los cortes milimétricos frontales, sagitales y horizontales. Este era un libro que consistía en fotografías seriadas de cortes cerebrales precisos a intervalos medidos, relacionados con una planilla con sistema de coordenadas cartesianas, para el cual se estudiaron 30 cerebros de humanos.

Schaltenbrand y Bailey, en 1959, hicieron un atlas que contenía páginas transparentes en donde se encontraba dibujado el núcleo anatómico con cortes superpuestos del cerebro, con un enfoque particular en el área alrededor del tálamo.

En 1957, Talairach et al propusieron un atlas en el que se incluía información sobre la localización de vasos sanguíneos, y se enfocaba a la cirugía de epilepsia. El atlas propuesto por Andrew y Watkins en 1969, y el de Van Buren y Borke, en 1972, contenían dibujos definiendo la relación de varios subnúcleos, en particular los del tálamo. El atlas de Afshar de 1978, se relaciona con los núcleos del tallo cerebral y cere-belo^{7,15}. Algunos otros autores publicaron atlas específicos para una región o tratamiento, entre ellos se encontro el de Hassler et al (1979) con referencia al tratamiento de Parkinson¹³. Estos atlas no pretendían proveer figuras o ilustraciones para el estudio anatómico, sino para definir y proveer coordenadas de blancos funcionales. Desde el advenimiento de las nuevas técnicas de imagenología, TC y RM, el desarrollo de estos atlas se ha visto alterado y actualmente se emplean ilustraciones virtuales, además de poderse ajustar a cada paciente dentro y fuera de las salas de cirugía. Producción de lesiones Desde los comienzos de la ET, se buscó un método para producir lesiones intracraneales durante los procedimientos estereotáxicos. Este método debía ser controlado en cuanto a la localización y dimensión de la lesión a realizar. La primera técnica utilizada por Horsley y Clarke fue la de corriente eléctrica directa para crear lesiones en el cerebro. Este método tiene la ventaja de crear lesiones pequeñas para cada blanco quirúrgico en particular, pero la desventaja es que son impredecibles si hay una variación en la corriente eléctrica, y que los electrodos deben ser reemplazados con frecuencia.

Obrador y Dierssen en 1956, emplearon la técnica de crear lesiones por métodos mecánicos con el uso de un leucotomo, el cuál consiste en alambres y asas, pero tiene el riesgo de afectar vasos sanguíneos cerebrales. Esta técnica se utiliza hoy en día, y su riesgo se reduce por medio de la

técnica de rotación.

Durante la década de los 40's, Spiegel y Wycis investigaron el uso de alcohol para la producción de lesiones. Cooper continuó con esta técnica, la cual popularizó; sin embargo, la inyección de alcohol posee la desventaja de que esta sustancia se distribuye irregularmente y tiende a regresar por el trayecto de entrada de la aguja utilizada para su aplicación, por lo que él mismo propuso en 1955 el uso de la llamada etopalina, una combinación de etanol con . Se intentó utilizar otras sustancias más espesas como combinaciones de alcohol con etilcelulosa, glicerol y un compuesto de aceite procaínico con cera, utilizado por Narabayashi, que algunos cirujanos aún utilizan. A excepción del glicerol, ninguna de estas sustancias demostró tener eficacia para crear las lesiones cerebrales deseadas. La compresión temporal mediante un balón inflado, descrita por Gildenberg, con objeto de producir una cavidad, tuvo poca aceptación por los pobres resultados obtenidos.

En 1958, Cooper y Bravo intentaron la producción de lesiones mediante la combinación de un balón inflado y la inyección de alcohol. Gildenberg notó que se podía usar ultrasonido para destruir tejidos, pero debido a lo costoso de esta técnica, ésta no se hizo muy popular.

Hitchcock en 1973, describió el uso de radiofrecuencia para producir lesiones en el tracto espinotalámico a nivel del puente como tratamiento de ciertos tipos de dolor intratable. Los sistemas de criocirugía para la creación de lesiones fueron introducidos por Mark et al Cooper y Lee en 1961, y varios autores más los exploraron, aún cuando el grupo de Mark descontinuó su uso debido a complicaciones de tipo hemorrágico. A pesar de los resultados presentados por Mark, Cooper comisionó a Lee, bioingeniero, para desarrollar un aparato que controlara el flujo de nitrógeno líquido a través de una criosonda de tal forma que se regulara la temperatura de la punta de manera precisa. Lee había colaborado con Spiegel y Wycis en el desarrollo de su aparato original, y es coautor del artículo histórico publicado en la revista Science^{2,4}. El empleo de la radiofrecuencia en el campo de la ET fue aportado por Wycis en 1945; y por Hunsperger y Wycis en 1953¹³. Una vez que aparecieron los electrodos con material aislante, la radiofrecuencia se convirtió en el método utilizado con frecuencia ^{7,22,23}. Recientemente, los trabajos sobre el uso de hipertermia mediante microondas han tenido aceptación para el tratamiento de tumores cerebrales.

También se ha utilizado la radiación ionizante para la creación de lesiones. El pionero en esta técnica fue Leksell, quien propuso la aplicación de esta técnica en 1955. Tobias et al utilizaron el deuterio para el mismo propósito en el mismo año. Después, Leksell y Kjellberg, en Estocolmo y Boston respectivamente, diseñaron un aparato de ET que utilizaba descargas protónicas por medio de un ciclotrón para la producción de lesiones cerebrales. Mientras tanto, Leksell describió un dispositivo que utilizaba rayos gamma dirigidos, provenientes de varias fuentes de cobalto. Este aparato se utilizó más bien para el tratamiento de lesiones patológicas pequeñas, menores de 2.5 cm de diámetro.

Blancos e indicaciones quirúrgicas En sus inicios, antes de su empleo en seres humanos, la CET sólo tenía fines de estudio neurofisiológico, utilizándose para estudiar los efectos de la interrupción de vías anatómicas intracerebrales. En 1952, Spiegel y Wycis reportaron 90 operaciones. La CET fue principalmente utilizada para la interrupción de proyecciones tálamo-frontales en la clásica leucotomía utilizada en la llamada psicocirugía, la cual fue muy importante en los años previos al advenimiento de los fármacos psicotrópicos^{28,29}. La corea de Huntington fue el primer desorden del movimiento tratado mediante ET, seguida de la coreoatetosis². Horsley describió en 1909 la escisión de corteza precentral para corregir desórdenes del movimiento. En un principio, el uso de CET para tratar el Parkinson era inimaginable. En 1951, al realizar Cooper una sección del pedúnculo cerebral para aliviar algunos síntomas del Parkinson, isin pensarlo seccionó la arteria coroidea anterior, la ligó y abortó el intento por incidir el pedúnculo. Al despertar el paciente no presentó temblor ni parálisis, lo que llevó a Cooper a recomendar la ligación de esta arteria para aliviar los síntomas del Parkinson

en 1953^{30,31}. Aproximadamente al mismo tiempo, varios neurocirujanos llevaron a cabo lesiones selectivas mediante ET, tal es el caso de Narabayashi y Okuma quienes lesionaron el globus pallidus para el manejo de los síntomas del Parkinson; Spiegel y Wycis realizaron la ansotomía, corte en el ansa lenticularis, con el mismo propósito obteniendo resultados variables. Cooper realizó en 1958 un hallazgo fortuito, al encontrar en autopsias de pacientes con Parkinson manejados con cirugía abierta quienes habían presentado buenos resultados en cuanto al temblor, que la lesión se encontraba por lo regular en el núcleo ventral lateral del tálamo. La talamotomía en la actualidad se considera el método quirúrgico más eficiente, siendo el subnúcleo ventral intermedio (Vim) el blanco ideal para el manejo del temblor.

Sin embargo, de acuerdo a Laitinen, la situación y coordenadas de esta estructura varían bastante. Quizás el segundo campo en donde se ha explorado más la CET ha sido el tratamiento de la epilepsia. Con este método es posible hacer registros intracerebrales profundos introduciendo electrodos a distintas zonas y determinar zonas de inicio y de propagación de la actividad epiléptica. Además, es posible registrar las respuestas específicas evocadas por estimulación eléctrica, así como introducir electrodos profundos para estimulación crónica intermitente terapéutica, o bien reproducir la crisis habitual del sujeto en estudio. De esta manera, aunque en la actualidad está en desuso se pueden interrumpir aquellas vías que el cirujano considere importantes en la propagación de la actividad epiléptica.

La CET se ha utilizado en varios tipos de procedimientos destructivos con el fin de aliviar síntomas de diversas alteraciones neurológicas, así como varios procedimientos que no pertenecen en realidad a la cirugía funcional, tales como: la implantación de radioisótopos, propuesta por Reichert, la hipofisectomía utilizada por Reichert y Mundinger, y Talairach et al

La braquiterapia intersticial, utilizada por Gutin et al⁵⁰; por último, el retiro de materiales o cuerpos extraños⁵¹. Un campo interesante de la CET es el manejo del dolor de tipo intratable o refractario a tratamiento médico. En un principio, se creía que la interrupción de las vías relacionadas con la percepción del dolor aliviaría este síntoma; sin embargo, se observó que en aquellos pacientes con dolor crónico de origen benigno, el malestar recurriría, en ocasiones con efectos secundarios discapacitantes. La interrupción de vías relacionadas al dolor en pacientes con cáncer ha sido una alternativa que se ha usado hasta la fecha. La primera técnica en el campo de la terapéutica del dolor que resultó ser efectiva, fue la interrupción del tracto espinotalámico a nivel del mesencéfalo, llamada mesencefalotomía, descrita por Nashold. Esta técnica es en especial útil para padecimientos en el cuello, hombros y cabeza. Se cuenta con una serie de procedimientos destructivos para tratar el dolor causado por cáncer; mientras que para los dolores de origen benigno crónico, según Gildenberg y De Pau, se cuenta con la estimulación cortical y profunda. En la actualidad se cuenta con un gran repertorio de procedimientos que pueden realizarse por medio de la CET: drenaje de abscesos, toma de biopsias, craniectomías centradas para la resección de tumores, clipaje de aneurismas intracraneales, drenaje de hematomas, resección mediante la introducción de láser por fibra óptica, exploración del sistema ventricular con la ayuda del neuroendoscopio, entre otros. Además se citan algunas técnicas terapéuticas: braquiterapia intersticial e intraquística⁵⁸, radiocirugía por ET para manejo de patologías de tipo tumoral y vascular. También se pueden realizar implantes de tejido fetal o autólogo al SNC. La ET, como desde sus inicios, aún se utiliza con fines de estudio e investigación del SNC, se cuenta con la estimulación eléctrica percutánea⁶³ de varias vías nerviosas. El gran avance y las muchas ventajas de la ET han hecho de esta técnica una herramienta indispensable para el estudio y tratamiento de la patología del SNC, se puede ver durante el paso y recuento del tiempo, como ha tenido una demanda y utilización que va creciendo.

Para 1961 se calcula que aproximadamente se habían realizado 5,000 procedimientos. Para 1965, el número aumentó a cerca de los 26,000 y para 1969 casi 37,000. Nashold calcula que entre 1960 y 1970 se realizaron 40,000 procedimientos estereotácticos. Durante las pasadas décadas, se ha

observado un gran resurgimiento en la ET, en particular en las áreas de toma de biopsia, resección o marcaje de lesiones con efecto de masa, neurocirugía funcional, endoscopia y radiocirugía estereotáctica.

REFERENCIAS

1. Gildenberg P, Tasker R. Textbook of stereotactic and functional Neurosurgery, McGraw-Hill, E.U.A. 1998.
2. Heilburn P. Stereotactic Neurosurgery, vol. 2, Williams & Wilkins, E.U.A.
3. Fodstad H, Hariz M, Ljunggren B. History of Clarke's Stereotactic instrument, stereotactic funct. Neurosurg 1991; 57: 130-40,
4. Forcht Dagi T. Stereotactic surgery. Neurosurgery Clin America 2001;12:1 69-90.
5. Picard C, Olivier A, Bertrand G. The first human stereotactic apparatus, the Contribution of aubrey mussen to the field of stereotaxis J. Neurosurg 1983;59: 673-6.
6. Mussen AT. Note on the Movements of the Tongue from Stimulation of the twelfth nucleus, root, and nerve. Brain 1909;32: 206-8.
7. Alonso-Vanegas MA. Cirugía estereotáctica. Anales del Hospital de Jesús 1995;1:2 46-52.
8. Fodstad H, Hariz M, Ljunggren B. History of Clarke's stereotactic instrument, stereotactic funct. Neurosurg 1991;57: 130-40.
9. Spiegel AE, Wycis HT. Stereoencephalotomy, part I. New York, Grune & Stratton, 1952.
10. Velasco Suárez M, Escobedo F. Stereotaxic intracerebral instillation of dopa. Confin Neurol 1970; 32: 149-57.
11. Guthrie B, Steinberg G, Adler J. Posterior fossa stereotaxic biopsy using the Brown-Roberts-Wells stereotaxic system, J Neurosurg 1989;70: 649-52.
12. Mori E, Yamadori A, Mitani Y. Left Thalamic infarction and Disturbance of Verbal Memory: a Clinicoanatomical study with a new Method of Computed Tomographic Stereotaxic Lesion Localization. Ann Neurol 1986;20: 671-6.
13. Spiegel EA. Guided brain operations. Karger, E.U.A. 1982.
14. Talairach J, Szikla G. Atlas of stereotaxic anatomy of the telencephalon. Paris, Francia, 1967.
15. Afshar F, Watkins ES, Yap JC. Stereotaxic atlas of the human brainstem and cerebellar nuclei. New York, Raven Press, 1978.
16. Maciunas RJ. Interactive image-guided neurosurgery, AANS Publications. Committee, Neurosurgical Topics. E.U.A. 1993.
17. Obrador S, Dierssen G. Cirugía de la región pálida. Rev Clin Esp año XVII 1956;61:229-37.
18. Spiegel EA, Wycis HT. Pallidothalamotomy in Chorea. Arch Neurol Psychiatry Chicago 1950;64:495-6.

19. Cooper IS. Chemopallidectomy and chemothalamectomy for Parkinsonism and dystonia. *Proc R Soc Med* 1959;52: 47-60.
20. Gildenberg PL. Variability of subcortical lesions produced by a heating electrode and Cooper's balloon canula. *Conf Neurol* 1960;20: 53-65.
21. Barbera J, Barcia-Salorio JL, Broseta J: Stereotaxic Pontine Spinothalamic Tractotomy, *Surg Neurol* 1979;1: 111-4.
22. Gildenberg PL. Survey of stereotactic and functional neuro-surgery in the United States and Canada. *Appl Neurophysiol* 1975;38: 137.
23. Cosman ER, Nashold BS Jr, Bedenbaugh P. Stereotactic. *Appl Neurophysiol* 1983;46: 160-6.
24. Saleman M, Samaras GM. Interstitial Microwave Hyperthermia for Brain Tumors, Results of a phase 1 clinical trial. *J Neuro Oncol* 1983;1: 225-36.
25. Saleman M. Feasibility of Microwave hyperthermia for brain tumor therapy. *Prog Exp Tumor Res* 1984;28: 220-31.
26. Kjellberg RN, Koehler AM, Preston WM. Stereotaxic instrument for use with the Bragg Peak of a proton beam, *Confinia Neurologica* 1962;22: 183-9.
27. Leksell L. Stereotactic radiosurgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983;46: 797-803.
28. Freeman W, Watts JW. *Psychosurgery*. Springfield, IL, Charles C Thomas 1942.
29. Laitinen LV, Livingston KE. *Surgical Approaches in Psychiatry*, MTP. Great Britain. 1973.
30. Cooper IS. Ligation of the Anterior Choroidal Artery for involuntary movements of Parkinsonism. *Psychiatry* 1953; 27: 317-9.
31. Cooper IS. Surgical alleviation of parkinsonism. effects of the occlusion of the anterior Choroidal artery. *J AM Geriatr Soc* 1954;11: 691-717.
32. Narabayashi H, Okuma T. Procaine oil blocking of the globus pallidus for the treatment of rigidity and tremor of parkinsonism. *Proc Jpn Acad* 1953;29: 310-8.
33. Fukamachi A, Ohye C, Narabayashi H. Delineation of the Thalamic nuclei with a Microelectrode in Stereotaxic Surgery for Parkinsonism and Cerebral Palsy. *J Neurosurg* 1973;39: 214-25.
34. Spiegel EA, Wycis HT. Anotomy in paralysis agitans. *Arch Neurol Psychiatry* 1954;71: 598-614.
35. Cooper IS. Chemopallidectomy and chemothalamectomy for parkinsonism and dystonia. *Proc R Soc Med* 1959;52: 47-60.
36. Tasker RP. Thalamic stereotaxis procedures, In: Schaltenbrand G, Walker AE (Eds), *Stereotaxy of the Human Brain*, Stuttgart, New York: George Thieme Verlag 1982.
37. Ohye C, Hirai Miyazaki M, Shibasaki T, Nakajima H. Vimthalamotomy for the treatment of various kinds of tremor, *Appl Neurophysiol* 1982;45: 275-80.
38. Tasker RR, Organ LW, Hawrylyshyn P. Investigation of the surgical target for alleviation of Involuntary movement disorders. *Appl Neurophysiol* 1982;45: 261-74.

39. Tasker RR, Siquiera J, Hawrylyshyn P, Organ LW. What happened to Vimthalamotomy for Parkinson's Disease? *Appl Neurophysiol* 1983;46: 68-83.
40. Laitinen LV. Brain targets in surgery for Parkinson's disease. results of survey of neurosurgeons. *J Neurosurg* 1985;62: 349-51.
41. Hardy TL, Bertrand G, Thompson CJ. Thalamic Recordings during Stereotactic Surgery. *Appl Neurophysiol* 1979; 42: 185-97.
42. Hardy TL, Bertrand G, Thompson CJ. Thalamic recordings during stereotactic surgery. *Appl Neurophysiol* 1979; 42: 198-202.
43. Mori Y, Kondziolka D, Balzer J, Fellows W. Effects of stereotactic radiosurgery on an animal model of hippocampal epilepsy. *Neurosurgery* 2000; 46(1): 157-68.
44. Jinnai D, Nishimoto A. Stereotaxic destruction of forel H for treatment of epilepsy. *Neurochirurgia (Stuttgart)*, 1963; 6: 146-76.
45. Narabayashi H, Mizutani T. Epileptic seizures and the stereotaxic amygdalotomy. *Conf Neurol* 1970; 32: 289-97.
46. Spiegel EA, Wycis HT, Baird HW. Pallidotomy and pallidoamygdalotomy in certain types of convulsive disorders. *Arch Neurol Psychiatr Chicago* 1958; 80: 714-28.
47. Reichert T. Die Stereotaktischen Hirnoperationen in ihrer Anwendung bei hyperkinesen (mit ausnahme des Parkinsonismus), bei Schmerzzuständen und einen weiteren Indikationen (Einführen von Radioaktiven Isotopen usw.). *Acta Med Belg* 1957; 121-60.
48. Reichert T, Mundinger F. Indications, technique and results of the stereotactic operations upon the hypophysis using radioisotopes. *J Nerv Ment Dis* 1960; 13: 1-9.
49. Talairach J, Aboulker J, Tournoux P, David M. Technique stereotaxique de la chirurgie hypophysaire par voie nasale. *Neurochirurgie* 1956; 2: 3-23.
50. Guting PH, Liebel SA, Wara WM. Recurrent malignant gliomas: survival following interstitial brachitherapy with high activity Iodine-125 sources. *J Neurosurg* 1987; 67: 864-73.
51. Origitano TC, Reichman OH. Photodynamic therapy for intra-cranial neoplasms: Development of an image-based computer-assisted protocol for photodynamic therapy of intracranial neoplasm. *Neurosurgery* 1993; 32: 587-96.
52. Nashold BS Jr. Brainstem stereotaxic procedures in: Schaltenbrand G, Walker AE. *Stereotaxy of the human brain*, Stuttgart, Georg Thieme Verlag 1982.
53. Spiegel AE, Wycis HT. Mesencephalotomy in the treatment of "intractable" facial pain. *Arch Neurol* 1953; 69: 1-13.
54. Gildenberg PL, De Paul RA. Management of chronic pain refractory to specific therapy. In Youmans JR (ed), *Neurological Surgery* Philadelphia: WB Saunders. 1981.
55. Peters TM, Olivier A. CT Aided stereotaxy for depth electrode implantation and biopsy, Canadian. *J Neurol Sci* 1983; 10(3): 166-9.
56. Matsumoto K, Hondo H. CT Guided Stereotaxic Evacuation of Hypertensive Intracerebral

Hematomas. J Neurosurg 1984; 61: 440-8.

57. Bosch A, Beute G. Successful stereotaxic evacuation of an acute pontomedullary hematoma. J Neurosurg 1985; 62: 153-6.

58. Lunsford LD, Latchaw RE Vries JK. Stereotaxic implantation of deep brain electrodes using computed tomography. Neurosurg 1983; 13: 280-6.

59. Colombo F, Benedetti A, Pozza F. External Stereotactic Irradiation by linear Accelerator. Neurosurgery 1985; 16: 154-60.

60. Heifetz MD, Wexler M, Thompson R. Single-beam radiotherapy knife. A practical model. J Neurosurg 1984; 60: 814-8.

61. Steiner L. Radiosurgery in cerebral arteriovenous malformations. In Fein JM, Flamm ES (Eds): Cerebrovascular surgery. New York, Springer-Verlag 1985.

62. Perlow MJ, Freed WJ, Hoffer BJ. Brain graft reduces motor abnormalities produced by destruction of nigrostriatal dopamine system. Science 1979; 204: 643-7.

63. Ugawa Y, Rothwell JC, Day BL, Thompson PD, Marsden CD. Percutaneous electrical stimulation of corticospinal pathways at the level of the Pyramidal Decussation in Humans. Ann Neurol 1991; 29: 418-27.

64. Talalla A, Bullara L, Pudenz R. Electrical stimulation of the human visual cortex, Canadian. J Neurol Sci 1974; 236-8.

65. Tasker R, Organ LW. Stimulation-mapping of the upper human auditory pathway. J Neurosurg 1973; 38: 320-5. 66. Nashold BR Jr. Stereotactic neurosurgery: The present and future. Ann Surg 1970; 36: 85-93.

From:

<https://neurosurgerywiki.com/wiki/> - **Neurosurgery Wiki**

Permanent link:

<https://neurosurgerywiki.com/wiki/doku.php?id=estereotaxia>

Last update: **2025/03/10 14:48**

