



Neurocirugía para el Siglo XXI

Estado del Arte

G. PEÑA, MD.; E. JIMENEZ, MD.

Palabras claves: Neurocirugía, Escanografía cerebral, Neurorradiología intervencionista, Doppler, Cirugía estereotáxica, Minicraneotomía, Microcirugía.

La neurocirugía en los próximos años continuará una acelerada evolución; los cambios harán que la formación académica del neurocirujano se modifique para que incluya la nueva información y será necesario formar sub-especialidades. Se establecerán salas de cirugía en las que se combinan las técnicas de estereotaxia con la ayuda del computador, para practicar minicraneotomías y resección de lesiones y en el futuro se aplicarán técnicas similares para el tratamiento de afecciones espinales. Se practicará la corrección de las lesiones vasculares por medio de "Terapia endovascular". La neurocirugía "funcional" es la que posiblemente tendrá mayor desarrollo en los próximos años; con técnicas estereotáxicas, dirigidas por computador se corregirán las alteraciones de muchas lesiones, utilizando trasplantes del tejido neural o nuevas técnicas que incluyen bombas para administración intracerebral de neurotransmisores y lesiones o modificaciones de estructuras neurales. Los neurocirujanos pediátricos del futuro podrán intervenir durante la época del desarrollo fetal, para corregir las alteraciones que se presentan en su desarrollo y más adelante, para corregir los defectos genéticos. El trauma posiblemente continuará siendo una de las principales causas de lesión neurológica; con el tratamiento más agresivo de este tipo de pacientes en las unidades de cuidado intensivo, se continuará mejorado su pronóstico.

INTRODUCCION

"Para mirar hacia el futuro, debemos antes contemplar el pasado". La neurocirugía es ciertamente una disciplina del siglo XX, a pesar de que tenemos evidencia de intervenciones neuroquirúrgicas, como las trepanaciones que se han encontrado desde el período neolítico en diferentes culturas.

Desde Pitágoras (¿580-500? a. de C.) se sospechaba que el alma racional se alojaba en el encéfalo e Hipócrates (¿460-377? a. de C.) postuló que el encéfalo era el centro del placer, de la tristeza, de la conciencia y del movimiento y practicó trepanaciones como tratamiento para fracturas, epilepsia, cefalea y ceguera. Galeno (¿131-201? d. de C) compartió el concepto de que el encéfalo era el centro de la conciencia.

Durante el curso de la historia, se han efectuado múltiples intervenciones sobre el sistema nervioso por varios cirujanos entre los que se destaca Ambrosio Paré (¿1509?-1590), quien describió los síntomas de la hipertensión endocraneana por traumatismos y su tratamiento y enunció el concepto de "conmoción cerebral".

El auge de la cirugía moderna se inició con la asepsia en obstetricia iniciada por Ignaz Phillip Semmelweiss en 1860 e introducida en la cirugía por John Lister (1827-1912) en 1867.

Hasta el final del siglo XIX, la neurocirugía fue ejercida por un grupo de cirujanos generales entre quienes se destacaron especialmente William W. Keen (1837-1932) de Filadelfia, que introdujo en la neurocirugía norteamericana las técnicas de asepsia y antisepsia de Lister y fue el primero en resecar con éxito un meningioma en 1876; Francesco Durante (1844-1934) de Roma, quien extirpó un meningioma en 1884, igual que William Macewen (1848-1924) de Glasgow, que extirpó otro meningioma en 1879 y practicó laminectomías y drenó con éxito abscesos cerebrales; Rickman J. Godle (1849-1925) de Londres, sobrino de Lister, resecó un glioma por primera vez en la historia.

Sir Victor Horsley (1857-1916) de Londres fue posiblemente el primer neurocirujano con adiestramiento, ya que principió como cirujano general con conocimientos en neuroanatomía, neurofisiología y neuropatología y a él se deben muchas de las técnicas quirúrgicas, además de ser el primer cirujano en extirpar un tumor espinal en 1887; fue también el inventor de la cera quirúrgica, tan importante para la hemostasis ósea.

Doctores: Germán Peña Quiñones; Enrique Jiménez Hakim, Sección de Neurocirugía, FSFB, Bogotá, D.C., Colombia.

Harvey Cushing (1869-1939) fue el creador de la neurocirugía moderna; el 18 de noviembre de 1904, presentó un trabajo en la Academia de Medicina de Cleveland con el título "The Special Field of Neurosurgery" que es considerado como el certificado de nacimiento de la especialidad; utilizó los conocimientos y experiencia de sus predecesores y modificó y mejoró las técnicas quirúrgicas conocidas en su época y creó nuevas intervenciones que, modificadas, se practican todavía. Tan importante como lo anterior es su contribución al control de la anestesia quirúrgica, la monitoría del estado hemodinámico durante la cirugía y la introducción de la hemostasis en neurocirugía por medio de los ganchos de plata para la oclusión arterial, ideados en asocio de su pupilo Kenneth McKenzie, y de la coagulación inventada a instancias de Cushing por W. T. Bovie; fue además, el creador de la cirugía para afecciones endocrinas y describió magistralmente las alteraciones producidas por la hiperfunción suprarrenal, síndrome que lleva su nombre; su discípulo Walter Dandy (1886-1946) de Baltimore, perfeccionó las técnicas quirúrgicas e ideó nuevas intervenciones incluyendo los métodos de diagnóstico neurorradiológicos con inyección de aire dentro del sistema nervioso central, la ventriculografía y la neumocéfalografía en 1918 y 1919 que, con la arteriografía ideada por el portugués Egas Moniz (1874-1955) en 1927, se constituyeron en los principales métodos de diagnóstico neurorradiológico hasta los años de la década de los 70's cuando apareció la escanografía cerebral. La arteriografía cerebral y el neumocéfalograma, abrieron enormes posibilidades de diagnóstico de enfermedades neuroquirúrgicas y, por consiguiente, produjeron la aparición de nuevas técnicas e intervenciones sobre el sistema nervioso; en forma paralela al desarrollo de esta nueva disciplina, surgieron grandes centros médicos en Estados Unidos y Europa, donde se crearon reconocidos núcleos dedicados al estudio y a la cirugía del sistema nervioso, además de ser centros de adiestramiento de varias generaciones de neurocirujanos cada vez más audaces en el tratamiento quirúrgico de las afecciones del sistema nervioso.

Los conocimientos sobre la fisiología del sistema nervioso crecieron en forma similar y abrieron nuevos campos a la cirugía, especialmente a la llamada "funcional" para producir alteraciones en diferentes regiones cerebrales como tratamiento para afecciones tales como la enfermedad de Parkinson y las de movimientos anormales, y apareció la resección de tejido cerebral anormal para tratamiento de la epilepsia. Progresivamente se practicó cirugía en el cerebro para las lesiones congénitas, los tumores cerebrales, las lesiones vasculares y traumáticas, la hidrocefalia, las enfermedades degenerativas, la epilepsia, las alteraciones del movimiento, las diversas lesiones medulares y, también, para el sistema simpático y los nervios periféricos, en lo cual fueron precursores varios neurocirujanos.

ESTADO ACTUAL

La neurocirugía era y sigue siendo cruenta, pero desde la década de los 70's ha venido experimentando una gran transformación que se inició con el uso del microscopio

quirúrgico, cuyo uso fue iniciado por Leonard Kurze, de los Angeles, quien fue el primero en practicar una craneotomía con microscopio en 1957 lo cual produjo un lento cambio en las técnicas quirúrgicas que han permitido al cirujano operar en forma menos traumática y más eficiente en sitios que anteriormente eran considerados vedados a la cirugía; con esto se ha ampliado el horizonte neuroquirúrgico y se ha reducido en forma importante tanto la morbilidad como la mortalidad.

Desde entonces han aparecido en el armamentario neuroquirúrgico otros instrumentos que han facilitado las intervenciones, tales como la **coagulación bipolar** ideada por James Greenwood en 1940 y perfeccionada por Leonard Malis, que permite la oclusión de vasos sin alterar los tejidos vecinos; el uso de los equipos de **láser** para corte, vaporización, coagulación y unión de tejidos y los aparatos de **aspiración ultrasónica** que han probado ser de gran utilidad en la resección de tumores.

MEDIOS DIAGNOSTICOS

En forma paralela al desarrollo tecnológico, hemos visto un avance enorme en los medios de diagnóstico, que supera los cálculos más optimistas que pudiera tener el más optimista de los neurocirujanos y que posiblemente sea el factor decisivo en el rápido avance que ha tenido la neurocirugía en los últimos años. Los principales son:

Escanografía

La escanografía que se comenzó a usar clínicamente desde 1972, es tal vez el método de diagnóstico responsable del mayor avance en la cirugía neurológica, que se ha desarrollado considerablemente hasta alcanzar casi los niveles de perfección; es ahora de alta resolución y permite el estudio de la columna vertebral con gran exactitud, además de contar con técnica para reconstrucción tridimensional.

Resonancia nuclear magnética

Los estudios de resonancia nuclear magnética se basan en la interacción de los núcleos de los tejidos puestos en un campo magnético y perturbados por ondas de radiofrecuencia.

Permitió una evaluación dinámica del tejido cerebral y la visualización de la médula espinal; permite además evaluar el estado de los vasos intracraneales y es de gran valor para determinar algunas lesiones degenerativas.

Tomografía de emisión de positrones

La tomografía de emisión de positrones (PET) es un método que demuestra la distribución espacial de agentes radioactivos marcados que evidencian funciones biológicas específicas del cerebro; evalúa el flujo sanguíneo cerebral, el metabolismo regional de glucosa y de O₂ y sus variaciones con diversas funciones fisiológicas. Se utiliza para evaluar el estado vascular en situaciones de isquemia, en algunos casos de epilepsia, en demencias, en tumores y en

enfermedades degenerativas. Los positrones más comúnmente utilizados son: C^{11} , N^{13} , O^{15} , F^{18} .

La sigla que en inglés significa *Single photon emission computed tomography* (SPECT), es un método utilizado para demostrar en forma tridimensional la distribución cuanti y cualitativa de un radionucleótido; las gamacámaras dan imágenes en dos dimensiones de la distribución tridimensional de un nucleótido dado; la tercera dimensión debe ser extrapolada por el observador de múltiples imágenes bidimensionales, obtenidas de ángulos diferentes; utiliza los mismos isótopos que emiten partículas gama Tc^{99} y I^{123} . Con este método se pueden evaluar el volumen sanguíneo cerebral y el flujo, determinar áreas de isquemia y aquellas donde haya alteración de la circulación cerebral.

Gamagrafía cerebral

Utiliza las gamacámaras y los mismos isótopos.

En la actualidad se continúan utilizando algunos estudios como la **Angiografía Cerebral**, que se usa sólo para el diagnóstico de las lesiones vasculares (aneurismas, malformaciones arteriovenosas (MAV) y lesiones de las arterias; tiende a ser remplazada por la angiografía digital y muy seguramente por la angiografía por métodos de resonancia nuclear; sin embargo, el uso de catéteres intraarteriales ha iniciado un nuevo campo en la patología vascular que es el de la **Neurorradiología Intervencionista**; de esta forma se están embolizando malformaciones arteriovenosas, aneurismas y fístulas arteriovenosas, por medio de diferentes métodos que incluyen balones desprendibles y el uso de compuestos como isobutil-2 cianoacrilato y esto es lo que se ha llamado "terapia endovascular", que se encuentra en período de desarrollo, pero que ya ha probado ser de gran utilidad.

Ultrasonido (Doppler)

Se utilizan ondas de sonido de alta frecuencia (2-10 MHz) muy por encima de las frecuencias que capta el oído humano (15-20.000 Hz) y los principios físicos son similares a los utilizados por murciélagos y delfines; los transductores de ultrasonido envían pulsos de ondas de alta frecuencia y la onda se trasmite a diferentes velocidades, dependiendo de la densidad de los tejidos por los que pasa, y parte se refleja a la fuente como un eco, informando sobre distancia de los objetos y densidad de éstos, fenómeno descrito por Christian Doppler en 1843, y de ahí su nombre. Hay diferentes tipos de aparatos y sistemas, que se utilizan principalmente en 4 grupos de pacientes: para diagnóstico pediátrico e intrauterino, especialmente para alteraciones congénitas e hidrocefalia; para diagnóstico intraoperatorio, tanto en lesiones cerebrales como espinales, para la localización de las lesiones; para diagnóstico de alteraciones de las paredes arteriales y del flujo vascular y, finalmente, el *Doppler* transcraneal que mide el flujo en las arterias del polígono de Willis y es muy útil para evaluar su funcionamiento, especialmente en casos de vasoespasmo secundario a hemorragia subaracnoidea, en casos de estenosis y lesiones isquémicas y oclusivas de las ar-

terias cerebrales y para evaluar los efectos hemodinámicos en la circulación cerebral de lesiones de las arterias extracraneanas; también se utiliza para el diagnóstico en casos de malformaciones arteriovenosas cerebrales.

Desde el punto de vista neurofisiológico, se ha avanzado desde el **electroencefalograma**, ideado por Hans Berger en 1924, que se continúa usando ahora con posibilidades de ser analizado por computador y asociado a los estudios de telemetría y de corticografía quirúrgica. Aunque descritos desde 1875 por Caton los estudios de **potenciales evocados**, sólo recientemente se han utilizado en la clínica; son actividades eléctricas del tejido neural, en respuesta a diferentes estímulos; en la actualidad se utilizan potenciales somatosensoriales, visuales y acústicos que nos permiten evaluar el estado funcional del sistema nervioso y contamos, además, con los ya clásicos estudios de **electromiografía** y **velocidades de conducción nerviosa** que nos informan sobre el estado muscular, la placa neuromotriz y el estado de los nervios y raíces nerviosas.

CIRUGIA

En los últimos años se han revivido los aparatos y técnicas de cirugía estereotáxica, que también había sido iniciada por Sir Victor Horsley en 1908, y que tuvo gran auge hasta 1968 cuando apareció el tratamiento médico para la enfermedad de Parkinson con levodopa; desde entonces sólo en pocos centros se continuó con este tipo de cirugía, hasta que recientemente, con la popularización de la escanografía se hizo evidente que ambas técnicas utilizan un modelo tridimensional del encéfalo y que se complementan; recientemente aparecieron varios modelos de aparatos de cirugía estereotáxica que facilitan los procedimientos neuroquirúrgicos y permiten efectuar intervenciones sobre regiones profundas del encéfalo, anteriormente inaccesibles con las técnicas convencionales. Esto dio lugar al desarrollo de nuevas indicaciones para la cirugía estereotáxica, a saber:

1. Movimientos involuntarios: E. de Parkinson, temblor, atetosis y distonía.
2. Dolor
3. Epilepsia
4. Psicocirugía
5. Lesiones vasculares (aneurismas)
6. Hidrocefalia
7. Biopsia y tratamiento de tumores
8. Trasplantes de tejido nervioso
9. Radioterapia intersticial y braquioterapia
10. Radiocirugía (Técnica de tratamiento con la cual se descarga una alta dosis de radiación en forma estereotáxica, sobre un pequeño objetivo intracraneano. Para lo cual se puede utilizar cobalto-60 [*gamma knife*], partículas cargadas o Linac [acelerador nuclear] y que se utiliza para el tratamiento de malformaciones vasculares y tumores).

Otras técnicas

Para el tratamiento de la hidrocefalia, continuamos con derivaciones que han sido modificadas; el doctor Salomón Hakim, ideó la válvula que se puede programar para que la presión de filtración se ajuste a las necesidades del paciente.

Han aparecido además otros métodos de tratamiento, como el implante de bombas para la administración crónica de drogas, especialmente en casos de dolor por cáncer; el uso de nuevos agentes hemostáticos y otro tipo de agentes pegantes para unir tejidos. Estas nuevas técnicas han abierto nuevos horizontes para los pacientes con alteraciones neuroquirúrgicas, que ahora tienen la alternativa entre las técnicas llamadas convencionales y las nuevas; esto y el perfeccionamiento de las técnicas en el cuidado de los pacientes en estado crítico, incluyendo la monitoría de la presión intracraneana, especialmente en pacientes con hemorragia subaracnoidea y con lesiones por trauma, que permite mantenerlos dentro de parámetros más fisiológicos y que ha mejorado enormemente tanto las posibilidades de recuperarse como la calidad de la vida. Al mismo tiempo se han realizado avances en la neurobiología y neurofisiología y en las investigaciones de genética molecular sobre las enfermedades neurológicas, que permiten comprender mejor la etiología y patogénesis y eventualmente van a idear un método terapéutico para una gran cantidad de enfermedades neurológicas entre las cuales están la enfermedad de Alzheimer, la Corea de Huntington, la epilepsia, las distrofias musculares, las ataxias congénitas y las facomatosis. Todos estos eventos llevaron al presidente de los Estados Unidos y al Congreso de ese país a declarar los últimos 10 años de este siglo, como la "Década del Cerebro" (*Decade of the Brain*).

El doctor Murray Goldstein director de NIH, firmó con los ministros de salud del Area Andina, un convenio mediante el cual se propone la "Década del Cerebro", como tema prioritario en las políticas de salud e investigación en los países de esta zona.

NEUROCIRUGIA PARA EL FUTURO

La neurocirugía en los próximos años continuará su acelerada evolución; ciertas intervenciones hasta ahora cruentas, se podrán hacer en forma incruenta y seguramente el tratamiento de este tipo de lesiones hará que la formación académica del neurocirujano se modifique para que incluya la nueva información; en EE.UU. los programas de adiestramiento que eran de 5 años, son ahora de 7 y 8 años de residencia. Será necesario formar subespecialidades dentro de la neurocirugía la cual, a su vez, tendrá dos características especiales: será más agresiva tanto en el espectro de sus intervenciones como en la naturaleza de éstas, y al mismo tiempo disminuirá el trauma quirúrgico, la morbilidad y mortalidad, la estancia hospitalaria y posiblemente los costos. Los cambios que se están imponiendo y que seguramente serán la cirugía del mañana, son:

Técnica de la craneotomía

En algunos centros se han establecido salas de cirugía en las que se combinan las técnicas de estereotaxia con la ayuda del computador, para practicar minicraneotomía y resección de tumores con láser; esta técnica tiende a adaptarse para diferentes tipos de lesión, incluyendo lesiones vasculares.

En caso de tumores, por supuesto se utilizará, además, la radioterapia con técnica de estereotaxia como la radioterapia intersticial y la radiocirugía. En algunos casos se utilizarán técnicas endoscópicas, especialmente para tratar lesiones intraventriculares.

Técnica de cirugía de la columna

Ya en algunos centros neuroquirúrgicos hay neurocirujanos dedicados exclusivamente a la cirugía de la columna. Desde hace algunos años se ha practicado la microdissectomía para el tratamiento de los discos que constituyen la lesión más frecuente de la columna, y en el futuro se aplicarán otras técnicas similares para el tratamiento del resto de afecciones espinales, dirigidas al control de cada tipo de lesión e igualmente se utilizarán también técnicas estereotáxicas dirigidas por computador.

Cirugía de las lesiones vasculares

Además de la minicraneotomía con la ayuda del computador, se practicará la corrección de las lesiones vasculares (MAV y aneurismas) por medio de "Terapia endovascular", lo cual abre un nuevo campo para otra subespecialidad.

Neurocirugía "Funcional"

Es la que posiblemente tendrá mayor desarrollo en los próximos años; con el avance del conocimiento del origen de muchas de las enfermedades mal llamadas "degenerativas" que hoy en día son tratadas en forma empírica, podremos corregir en forma quirúrgica, con técnicas estereotáxicas dirigidas por computador, las alteraciones de muchas de estas técnicas que incluyen bombas para administración intracerebral de neurotransmisores y lesiones o modificaciones de estructuras neurales, etc. El tratamiento de los adenomas de hipófisis, seguramente será la corrección médica del defecto que los produce, como se ha visto en los últimos años con los prolactinomas.

Neurocirugía pediátrica

Además de lo anterior, los neurocirujanos pediátricos del futuro podrán intervenir durante la época del desarrollo fetal, para corregir las alteraciones que se presenten en su desarrollo; en el futuro próximo los meningoceles y la hidrocefalia posiblemente más adelante, mediante la corrección de los defectos genéticos que los producen.

Trauma y cuidado crítico

El trauma posiblemente continuará siendo una de las principales causas de lesión neurológica y posiblemente la que menos se podrá evitar; con el conocimiento de la fisiopa-

tología de las lesiones traumáticas y el tratamiento más agresivo, se ha mejorado su pronóstico. Posiblemente el futuro exija la subespecialidad de trauma y cuidado crítico.

ABSTRACT

Neurosurgery in the upcoming years will undergo an accelerated evolution, bringing up such transformation that should induce changes in the academic training of neurosurgeons; this should include analysis, learning and assimilation of all new information and the development of new subspecialties. Operating rooms will combine computer and stereotactic surgical techniques enabling the physician to resect brain lesions or tumors through minicranectomies; these techniques shall also be applied to spinal cord lesions. "Endovascular therapy" will help correct vascular pathology of the central nervous system. Functional neurosurgery will perhaps undergo the greatest developments including transplants, specially designed infusion pumps for the intra-cerebral injection of neurotransmitters and surgical modification of neural structures. Neuropediatric surgeons shall be able to perform intrauterine surgery on the developing fetus thus correcting genetic disorders. Trauma will probably continue being the leading cause of neurological lesions, but with the new aggressive treatments performed with the help of intensive care units, their prognosis and outcome shall improve progressively.

BIBLIOGRAFIA

- Auer L M, van Velthoven V: Intraoperative ultrasound (US) imaging. Comparison of pathomorphological findings in US and CT. *Acta-Neurochir- (WIEN)* 1990; 104: 84-95
- Bakay R A: Transplantation into the Central Nervous System. A therapy of the future. *Neurosurg Clin North Am* 1990; 1: 881-96
- Bucy P C: Two giants. Harvey Cushing and Walter Dandy. In: Wilkins R H, Rengachary S S (Ed). *Neurosurgery*. New York, McGraw-Hill, Inc. 1985; pp. 16-20
- Canale D J, Longo L D: Harvey Cushing and pediatric surgery. *Neurosurgery* 1990; 27: 602-10
- Coffey R J, Lunsford D: Stereotactic Radiosurgery Using the 201 Cobalt-60. Source Gamma Knife. *Neurosurg Clin North Am* 1990; 1: 993-4
- Donaghy R M P: History of microneurosurgery. In: Wilkins R H, Rengachary S S (Ed): *Neurosurgery*. New York, McGraw-Hill, Inc. 1985; pp. 20-26
- Fox W L: Dandy of Johns Hopkins. The William and Wilkins. Baltimore 1984
- Friedman W A: LINAC Radiosurgery. *Neurosurg Clin North Am* 1990; 1: 991-1007
- Fulton J F: Harvey Cushing. Blackwell Scientific Publications. Oxford 1946
- Ganz E: Future developments in Stereotactic Neurosurgery. In: Heilbrun M P (Ed): *Concepts in Neurosurgery, Vol 2 (Stereotactic Neurosurgery)*. Baltimore, Williams and Wilkins, 1988; pp. 247-56
- Gildenberg P L: Stereotactic Surgery: Present and Past. In: Heilbrun M P (Ed). *Concepts in Neurosurgery, Vol 2 (Stereotactic Neurosurgery)*. Baltimore, Williams and Wilkins, 1988; pp. 1-15
- Gildenberg P L: The history of Stereotactic Neurosurgery. *Neurosurg Clin North Am* 1990; 1: 765-80
- Ginsberg M: Positron Emission Tomography. In: Wilkins R H, Rengachary S S (Ed); *Neurosurgery*. New York, McGraw-Hill, Inc. 1985; pp. 255-64
- Goldstein M: The decade of the brain: an era of promise for neurosurgery and a call to action. *J Neurosurg* 1990; 73: 1-2
- Granholm A C, Stromberg I, Gerhardt G A et al: Transplantation in Parkinson Disease: experimental and clinical trials. In: Seil F J (Ed): *Neural Regeneration and transplantation*. Alan R. Liss Inc., New York. pp. 227-37
- Green J R: The concept of cerebral and spinal localization and the beginnings of neurological surgery. In: Wilkins R H, Rengachary S S (Ed): *Neurosurgery Update 1*. New York, McGraw-Hill, Inc. 1990; pp. 3-11
- Haymaker W, Schiller F: The founders of neurology. Springfield, Charles C. Thomas, 1970
- Higashida R T, Hieshima G B, Halbach V V: Advances in the treatment of complex cerebrovascular disorders by interventional neurovascular techniques. *Circulation* 1991; 83: 1196-206
- Hirsch J F, Rose C S, Pierre-Khan A et al: Neurosurgery with craniotomy and CT stereotactic guidance in the treatment of intracerebral space-occupying lesions. *Childs-Nerv-Sys* 1990; 6: 323-6
- Hu X P, Tan K K, Levin D N et al: Three-dimensional magnetic resonance images of the brain: application to neurosurgical planning. *Neurosurgery* 1990; 72: 443-440
- Jurgen T: El Siglo de los cirujanos. Ediciones Destino. Barcelona 1961
- Kato A, Yoshimine T, Hayakawa T et al: A frameless, armless navigational system for computer-assisted neurosurgery. *J Neurosurg* 1991; 74: 845-9
- Kelly P J: Stereotactic Craniotomy. *Neurosurg Clin North Am* 1990; 1: 781-800
- Kelly P J: Applications and methodology for contemporary stereotactic surgery. *Neurol Res* 1986; 8: 2-12

- Kelly P J: Volumetric Stereotactic resection of intra-axial Brain mass lesions. *Mayo Clin Proc* 1988; 63: 1186-98
- Kelly P J: Computer-assisted stereotaxis. New approaches for the management of intracranial intra-axial tumors. *Neurology* 1986; 36: 535-41
- Kelly P J, Kall B A, Goerss B S: Computer-assited stereotatic resection of posterior fossa lesions. *Surg Neurol* 1986; 25: 530-4
- Kelly P J, Kall B A, Goerss S G et al: Computer-assisted stereotaxic resection of intra-axial brain neoplasms. *J Neurosurg* 1986; 64: 427-39
- King R B: Certification, accreditation and specialization in the 1990. *Surg Neurol* 1991; 35: 429-35
- Newel D W, Aslid R, Winn H R: Transcranial Doppler Ultrasonography. In: Wilkins R H, Rengachary S S, (Ed): *Neurosurg Update 1*. New York, McGraw-Hill, Inc. 1990; pp. 119-27
- Pait T G, Dennis M W, Laws E R Jr et al: The history of the neurosurgical engine. *Neurosurgery* 1991; 28: 111-28
- Peters T M, Henri C, Collins L et al: Clinical applications of integrated 3-D stereoscopic imaging in neurosurgery. *Australas Phys Eng Sci Med* 1990; 13: 166-76
- Rhoton A Jr: Neurosurgery in the decade of the brain. The 1990 AANS presidential address. *J Neurosurg* 1990; 73: 487-95
- Román G: La década del cerebro. *Acta Neurol Colomb* 1991; 7: 64
- H I, Whittle I R: Stereotactic craniotomy and intraoperative lesion localisation using the Brown-Robert Wells frame. *Tecnical note. Acta Neurochir (WIEN)* 1990; 102: 137-40
- Shaffrey C I, Spotnitz W D, Shaffrey M E, Jane J A: Neurosurgical applications of fibrin-glue augmentation of dural closure in 134 patients. *Neurosurgery* 1990; 26: 207-10
- Thompson J M: Preface. In: Thompson J M (Ed): *History of the Congress of Neurological Surgeons 1951-1991*. Baltimore, The Williams and Wilkins, 1992
- Varon S, Hagg T, Manthorpe M: Neuronal growth factors. In: Seil F J (Ed): *Neural Regeneration and transplantation*. New York, Alan R Liss Inc, pp. 101-21
- Walker A E: *A History of Neurological Surgery*. Baltimore, The Williams and Wilkins Co, 1951
- Wilkins R H: History of Neurosurgery. In: Wilkins R S Rengachary S S: *Neurosurgery*. New York, McGraw-Hill Book Co, 1985; pp. 3-15
- Young W: Recovery mechanisms in spinal cord injury. Implications for regenerative therapy. In: Seil F J (Ed): *Neural Regeneration and transplantation*. New York, Alan R. Liss Inc, 1989; pp. 157-69