

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
HOSPITAL GENERAL DE MEXICO O. D.  
SERVICIO DE NEUROCIRUGIA

*DESARROLLO, ADAPTACION DE UNA PIEZA  
DISECTORA Y PROTECTORA DE DURAMADRE Y  
SU USO EN MOTOR ELECTRICO DE BAJO  
COSTO PARA LA REALIZACION DE  
CRANEOTOMIAS*

**TESIS DE POSTGRADO  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
NEUROCIRUJANO**

PRESENTA:

**DR. DAVID RAFAEL RICO ESPINOZA**

MEXICO, D. F.

JULIO DE 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DR. JOSE DE JESUS GUTIERREZ CABRERA  
JEFE DE SERVICIO Y PROF. TITULAR CURSO NEUROCIRUGIA  
HOSPITAL GENERAL DE MEXICO, O. D.  
TUTOR DE TESIS

DR. ALDO HERNANDEZ VALENCIA  
JEFE DE SERVICIO DE TERAPIA ENDOVASCULAR  
HOSPITAL GENERAL DE MEXICO, O. D.  
ASESOR DE TESIS

DR. JULIAN SOTO ABRAHAM  
MEDICO ADSCRITO SERVICIO NEUROCIRUGIA FUNCIONAL  
HOSPITAL GENERAL DE MEXICO, O. D.  
ASESOR DE TESIS

*SOLO SE AUSENTA,  
QUIEN DEJA DE EXISTIR EN LA MENTE  
Y DE VIVIR EN EL CORAZON,  
DE QUIENES LE AMARON INMENSAMENTE*

† A Gonzalo, mi padre, por sembrar en aquel niño, este gran sueño.

A Martha, por solventar con tanto amor y sacrificio de madre, todo lo que soy.

A Gonzalo y Sinaí, por su amor fraterno, su gran cariño y su apoyo.

A mis maestros y compañeros, por permitirme acompañarles en este largo camino, dejando siempre en mí, lo mejor de ellos.

# INDICE

1. Introducción	01
2. Antecedentes	02
3. Planteamiento del problema	26
4. Justificación	26
5. Hipótesis	30
6. Objetivos	30
7. Material y Métodos	30
7.1 Tipo de Estudio	34
7.2 Universo de trabajo	34
7.3 Medición de variables a evaluar	34
8. Resultados	35
9. Discusión	40
10. Conclusión	40
11. Bibliografía	41

## 1. INTRODUCCION

Con el advenimiento de una avalancha de avances tecnológicos y nuevos conocimientos científicos en el área de las neurociencias, desarrollados a partir de los últimos 20 años, el panorama de las enfermedades neurológicas y neuroquirúrgicas, hace que hoy día, se presente una ventana impresionante de posibilidades diagnósticas y terapéuticas, para enfermedades que hasta hace algunos años tenían panoramas bastante sombríos.

El desarrollo de la Medicina basada en la Evidencia, la Medicina y la Cirugía de la mínima invasión y las modernas y avanzadas técnicas quirúrgicas que utilizan hoy recursos impresionantes como la Tomografía Helicoidal, la Resonancia Magnética con todas sus secuencias, el SPECT, el desarrollo de la neuronavegación, el uso del neuroendoscopio, la radiocirugía, la terapia endovascular y la cirugía estereotaxica, hacen que las patologías más severas (tumores de la base del cráneo, malformaciones arteriovenosas, aneurismas, etc.) se transformen de ser patologías sumamente delicadas a problemas comunes y cotidianos que exigen en el contexto de este avance, la integración de todas estas técnicas, con la finalidad de mejorar la morbi-mortalidad de los pacientes que se atienden a diario en los pabellones de neurocirugía.

Aunado a toda esta gama increíble de nuevos recursos, se especula que en unas décadas más, el avance de la medicina obviará muchos procedimientos que hoy se realizan en quirófano, para dar paso a la terapia con “Nanorobots” o “Nanomoléculas” que se encargarán de identificar y eliminar los agentes causales de la enfermedad, ¡un sueño que tal vez, no verán nuestros ojos!.

Las nuevas generaciones de neurocirujanos, cuentan el día de hoy, dentro de su práctica diaria, con recursos técnicos impensables hasta hace algunos años, que hacen más ágil y eficiente el trabajo en quirófano. Sustitutos de duramadre, clips vasculares, coils, fibrina hemostática, driles de alta velocidad, sistemas de instrumentación, aspiradores ultrasónicos, electrodos estimuladores y pinzas bipolares, se convirtieron en instrumentos de la realidad en muchos hospitales de los países desarrollados, pero en un lujo deseado, aunque no indispensable, en hospitales de países en vías de desarrollo, donde el presupuesto de los sistemas de salud no alcanza para sustentarlos.

Es por ello, que dentro de la gran gama de intervenciones, que actualmente se realizan en la medicina actual, se requieren de más opciones tecnológicas para llevar a cabo, con más rapidez, mayor eficiencia y menor costo la gran cantidad de procedimientos quirúrgicos, que se realizan a diario en todos los hospitales. Gran cantidad de pacientes, dentro del ramo de las diversas especialidades quirúrgicas existentes, deben esperar a diario, a que los hospitales adquieran y surtan, costosos sistemas que serán utilizados en sus intervenciones, los cuales llegan rápido al desabasto por la gran demanda y su alto costo, quedando limitados, sólo a aquellos pacientes que cuentan con amplias posibilidades económicas para garantizarse, ya sea en forma pública o privada, el uso de dichos recursos tecnológicos.

Es pues, menester de nuestros países, aprovechar esta carrera tecnológica y encontrar opciones ingeniosas que resuelvan dicha problemática y vinculen la tecnología con la salud de todos nuestros pacientes.

## 2. ANTECEDENTES HISTORICOS: LAS CRANEOTOMIAS Y LA NEUROCIRUGIA

Para que un relato tenga carácter histórico útil, debe ser cotejado y comparado con los avances que su propio desarrollo ha reflejado en lo que hoy llamamos modernidad o actualidad. La historia registra los cambios que se van conformando en la sociedad, debido a la acción de los hombres. La " historia " investiga las transformaciones del hombre, analiza y trata de describir y analizar, las posibles causas e innovaciones, sacar conclusiones y seleccionar lo que el investigador valora como fundamental, escribiendo como consecuencia de todo ello el resultado de su investigación, para terminar plasmándolo en un documento que intente exponer, influir, promover o establecer un nuevo conocimiento que sea útil a la sociedad.

### LAS PRIMERAS CRANIECTOMIAS: ESTUDIO DE LAS TREPANACIONES.

Si observamos rigurosamente la historia, podríamos concluir que es la Practica Neuroquirúrgica, una de las primeras actividades médicas realizadas por el hombre, siendo la trepanación su punto de inicio. Esta técnica es considerada como el primer procedimiento quirúrgico realizado por el hombre, dado que se halla registrada en papiros de hasta el año 5.000 A.C. Existen algunos reportes controversiales sobre otro hallazgo de la época del hombre de Neanderthal donde se constata una amputación en un miembro inferior con lo cual ambos procedimientos se disputarían ese primer puesto dentro de las ciencias médicas. Pero cabe destacar que hasta la actualidad este último reporte no ha podido ser demostrado como un acto quirúrgico en si mismo, pues no puede descartarse que corresponda con una amputación traumática. Se puede asegurar, por el contrario, que el hombre del neolítico habitante de Europa y América entre los años 5.000 y 2.000 A.C. practicó numerosas trepanaciones demostrándose ello por hallazgos de gran cantidad de cráneos con señales inconfundibles de haber sido sometidos al procedimiento de trepanación.

La historia del conocimiento de las trepanaciones, comienza en el año 1839 cuando Lehman-Nitsche, examinando el atlas de Morton (Precursor de la anestesiología) encuentra la fotografía de un cráneo con señales de trepanación. Morton sostenía que se trataba de una lesión traumática. En la segunda mitad del siglo XIX, se inicia el estudio de las trepanaciones y en 1873 Prunières y Broca inician, según la documentación recabada, los primeros reportes sobre el estudio de cráneos trepanados y lo relacionaron con pequeñas piezas a las que llamaron "rondeles", discos óseos extraídos por algún método de trepanación de cráneos, los cuales eran guardados o colgaban del cuello de los antiguos aborígenes. En 1874, Prunières demostró ante la Asociación Francesa para el avance de la ciencia en Lyla, sobrevida después de craniectomías en doce cráneos estudiados, hecho que se evidencia por la formación cicatrizal alrededor del defecto óseo. Estos estudios fueron confirmados por Broca 2 años más tarde en 1876 y desde entonces han sido aceptados universalmente. Se ha probado así que el hombre del neolítico practicó trepanaciones en pacientes vivos confines según se cree, en primer lugar mágico (salida de espíritus malignos de la cabeza del paciente) o como iniciación mística de los jóvenes en algunas tribus.

Durante la evolución del hombre, es pues en el período Neolítico, que aparecen también lesiones producidas por hachas, armas rudimentarias o piedras. Lesiones especialmente halladas en la zona frontal (zona donde predominan las trepanaciones), como lo demuestran procedimientos realizados próximos a los trazos de fractura o a hundimientos, pudiendo presuponer que se realizaron con algún fin terapéutico. Otros cráneos hallados muestran verdaderos abordajes, ya que se encuentran en áreas craneales que se corresponden con territorios que evitan senos venosos. Lo cual reafirmaría la teoría que sostiene, que conocían bien la anatomía craneana quienes realizaban dichos procedimientos.

Es correcto pensar, que no existía en la neurocirugía prehistórica al igual que como sucede en la actual, solo un motivo para realizar estos procedimientos, sino varios: mágico, racional, empírico o la intención de ayudar a un congénere. Todos ellos combinados dan como resultante, que fuera la cirugía documentada más antigua del mundo.

Dichas evidencias entremezcladas hacen también que para las ciencias, el comienzo histórico de la especialidad neuroquirúrgica, se marque en un punto de partida diferente del que determina la definición moderna donde no se consideran los antecedentes etnohistóricos. Si se considera la especialidad desde sus comienzos y su evolución a través del tiempo junto con la evolución de las sociedades en las que se practicó, así como la primera intervención realizada sobre un cráneo, ésta comienza con el hito inicial primeramente documentado en relación con esta especialidad médica: la trepanación. Resulta entonces que el primer antecedente aunque bastante ambiguo que existe sobre la actividad neuroquirúrgica se remonta a trepanaciones craneanas durante la época del hombre del neolítico (5.000 a 2.000 AC) que habitó América y Europa.



**Figura 1.** Tumi Chimú 1000 a 1400. **Figura 2.** Trepanación de cráneo con signos de osificación.



Época en la que como se mencionó se comienzan a utilizar herramientas y armas rudimentarias. Luego de muchos siglos sin registros exactos y donde los mayores descubrimientos se producen en Europa y Asia; aparecen con el descubrimiento de América, civilizaciones con culturas muy vastas y un conocimiento de las ciencias en general y de la medicina en particular cronológicamente tan antiguas como muchas civilizaciones europeas o asiáticas: mayas, aztecas e incas. Estos últimos reconocidos por realizar entre otras cosas craneotomías con fines mágicos, rituales y médicos.

Se cree que aprendieron el arte de la trepanación de los antiguos paracas, aborígenes del sur de Pisco en lo que hoy se conoce como República del Perú siendo consideradas estas, como civilizaciones pre-incaicas. Esta civilización poseía el más exacto conocimiento anatómico. Así lo demuestran innumerable cantidad de cráneos con trepanaciones donde también se respetan estructuras vitales para la vida, como los senos venosos (craniectomías definitivas que los evitan). Además se aprecia en la gran mayoría de los hallazgos arqueológicos, bordes de regeneración ósea sobre el área trepanada que demuestra la sobrevivencia del paciente a la intervención. En otros puede verse próximo o subyacente a la trepanación trazos de fracturas.

#### TREPANACIONES EN CULTURAS PRECOLOMBINAS

Las trepanaciones realizadas por las culturas Pre Colombinas en América Latina, fueron realizadas por la cultura Tiwanakota, siglos antes de la cultura Incaica. Esta se desarrolló aproximadamente a partir del año 1,300 hasta su caída con la captura de Atahualpa por Pizarro en 1532, y algunos autores atribuyen equivocadamente la autoría de las trepanaciones a los Incas, ya que por estudios realizados en diversas piezas arqueológicas y la cerámica, se ha establecido con absoluta certeza que estas prácticas se remontan a los primeros periodos de la cultura y civilización de Tiwanaku, establecida en los territorios que actualmente ocupan parte de Bolivia y del Perú. Algunos autores como Max Uhle le dan una antigüedad de hasta 1,500 años antes de nuestra era y otros como Posnasky de 10,000 años antes de nuestra era.

Sin embargo, los primeros estudios de carácter verazmente científico corresponden al investigador Efraín George Squier en 1865, cuando llega a Perú, se traslada a Bolivia a visitar Tiwanaku y es el primero en emplear el equipo fotográfico en las ruinas mejorando la labor documental gráfica. Squier es el primero que describió un cráneo con una trepanación cuadrilátera, encontrado en la provincia de Urubamba en el Perú. Este cráneo fue enviado a los Estados Unidos, donde fue examinado por Wiman y Nott, posteriormente en Francia por Nelatón y Broca. Paul Broca eminente médico y antropólogo francés que acababa de hacerse conocer al mundo por su feliz hallazgo de la localización cerebral del centro del lenguaje, dio a conocer sus observaciones de dicho cráneo en su trabajo publicado en 1878 con el nombre de "Crane Peruvien". Gracias a estas investigaciones se llegó a la conclusión que este cráneo indígena tuvo una trepanación que fue realizada en vida del sujeto y por las secuelas cicatriciales que

presentaba en los bordes de la trepanación cuadrangular rectilínea en región frontal derecha, se dedujo, que sobrevivió de siete a diez días, según Broca. M. Nelatón le dio una sobrevida de cincuenta días.

Los cráneos que se han estudiado más ampliamente y en mayor cantidad, pues su conservación ha sido posible gracias a la composición química y a la sequedad del terreno, ha sido los peruanos de la región de Paracas. Dichos procedimientos han sido bien estudiados en el Perú por Lastres, Tello, Quevedo y otros, debido a que una gran cantidad de cráneos trepanados han sido encontrados en su territorio donde se asentaron las culturas Mochica, Paracas y posteriormente la Chimú que realizaban estas prácticas. Por otra parte, en Bolivia, Adolf. F. Bandelier, suizo de nacimiento, en sus investigaciones durante dos años en Bolivia (1895 -1897), recolectó 1,200 cráneos de los cuales 65 tenían trepanaciones (5%), algunos con múltiples trepanaciones. Sensiblemente todos fueron enviados al Museo Americano de Historia Natural de Nueva York. Otro personaje importante, es Arturo Posnasky, nacido en Viena en 1873, quien realizó trabajos sobre craneometría utilizando varios cráneos trepanados los cuales encontró en sus excavaciones, junto con algunos de los instrumentos para estas intervenciones de una aleación de cobre y plata que se conoce como champi, estos instrumentos se los llaman "Tumis".

Figura 3



Figura 4



Figura 5



**Figura 3.** Tumi de bronce utilizado desde el sur del Perú hasta el Noroeste Argentino durante el período previo a la colonización española (1500 D.C). **Figura 4.** Tumi característico de la Zona del Perú realizado en oro o bronce. **Figura 5.** Cráneo con trepanación Museo de la Plata con bordes de osificación.

Debido a la regeneración ósea que se perciben examinando los bordes de las craneotomías, pudiéndose apreciar la sustitución de los alvéolos de la capa esponjosa del diploe por el tejido compacto, se demostró en forma contundente un proceso de osificación. Esto nos prueba que las trepanaciones fueron seguidas de una sobrevida más o menos prolongada.

En algunos cráneos podemos observar múltiples trepanaciones y en diferentes tiempos ya que se puede apreciar la regeneración completa o casi completa de la primera y parcial de las posteriores. En otras no se aprecia ninguna reacción de regeneración de lo que se puede deducir que no hubo sobrevida, debido a que la idea de trepanación post-mortem en las culturas andinas ha sido completamente descartada.

Se observa como objeto de las trepanaciones una finalidad terapéutica, sobre todo en los traumatismos craneoencefálicos donde hay claras evidencias de haberlas realizado en individuos que sufrieron golpes en la cabeza en los que se puede apreciar trazos de fractura y hundimientos.



*Figura 2.- Cráneo con dos trepanaciones en dos tiempos, nótese la primera en región fronto-temporal con una regeneración completa y la segunda a nivel parietal sin signos de regeneración*

Debido a las constantes confrontaciones bélicas y por el tipo de armas que usaban, como los mazos y hachas de pedernal, se producían heridas con fracturas óseas y hundimientos craneales post-traumáticos, mayormente encontrados en la región parietal izquierda. Se sospecha que otras trepanaciones fueron realizadas como actos terapéuticos, ya que la dolencia que querían extraer era mágica, aduciéndolas como causa a cuadros clínicos como cefaleas, crisis convulsivas epileptiformes o alteraciones mentales, el razonamiento era la extracción mediante la apertura craneal, los malos espíritus que producían estas alteraciones.



*Figura 3.- Cráneo deformado con una trepanación en región occipito-parietal con un canal a su alrededor, posiblemente para la colocación de una plastia (Museo Tiwanaku)*

Respecto a las trepanaciones y la justificación de uno u otro procedimiento según la causalidad que lo motivara, se encuentran dos posiciones claramente definidas. Una de las cuales sostenida por la mayor parte de cuantos investigadores se han ocupado del asunto, que piensan que fueron determinadas por lo que hoy conocemos como traumatismo cráneo encefálico, con el raspado de heridas o excoriaciones y levantamiento de fracturas con hundimiento y la otra, para dar salida a espíritus malignos que motivaban uno u otro padecimiento.

En algunos cráneos trepanados se ha demostrado la presencia o coexistencia de procesos expansivos cerebrales, óseos o signos de hipertensión intracraneana. Por otro lado, se ha constatado una sobrevida de los sujetos intervenidos en un 60%. A pesar de esta sobrevida se admite la posibilidad de que en alguna ocasión la intervención aportase algún beneficio o incluso la curación de posibles colecciones epidurales, pero estos casos serían excepcionales, debido a que podemos observar trepanaciones muy pequeñas que no permitirían un tratamiento eficaz.

En las grandes series peruanas, la forma de la craniectomía más común, fue circular y la localización más frecuente en la región parietal del lado izquierdo, lo que infiere en forma muy directa la relación de la cirugía con lesiones traumáticas, tanto hundimientos como hematomas asociados. Es interesante señalar los datos de mortalidad en estas grandes series peruanas, que según los estudios de Tello y Weiss, varían entre el 10.5% y el 34% de todos los pacientes intervenidos. La relación de hombre-mujer con defectos óseos es de 4:1, lo cual reafirma el hecho antes mencionado de ser lesiones traumáticas.

Diversos estudios demuestran el sobresaliente conocimiento que tenían estas culturas de agentes anestésicos o analgésicos. La utilización de hojas de coca en forma de emplasto sobre las heridas causaba un efecto anestésico local; hecho que constituyó uno de los aportes precolombinos importantes a la farmacopea mundial; además, el “mambeo” de la coca, daba al enfermo una mayor resistencia física y analgésica. Pardal, informa que los Araucanos usaron la flor de *Datura fecox*, la cual contiene Escopolamina

y en menor cantidad Atropina e Hyoscamina. Otro factor a tener en cuenta es el hecho que las únicas zonas dolorosas en la trepanación son el cuero cabelludo y el periostio. El resto, es decir, el hueso craneal desperiostizado, puede ser cortado, raspado, barrenado, fracturado o quemado sin que el paciente perciba dolor. El cerebro tampoco tiene percepción nociceptiva. Pero siempre quedaba la solución de la intoxicación alcohólica con *chicha* (bebida de maíz fermentada), complementada con coca mascada, alguna planta estupefaciente y/o procedimientos hipnóticos. Pero esto sería para enfrentarse al dolor del cuero cabelludo, que no sería mayor que el de otras heridas comunes.

Los estudios mencionados demuestran que en los cráneos intervenidos, la infección se presentó en índices muy bajos y existen evidencias del uso de agentes antisépticos para el lavado de las heridas; se han encontrado sales de mercurio, arsénico, sulfato de cobre y otras sustancias antisépticas en las tumbas paracas, que se supone fueron usadas en forma de infusiones o soluciones acuosas. El otro aspecto necesario para realizar con éxito estas intervenciones, era el control de hemorragia. Se han encontrado algunas sustancias astringentes derivadas de productos vegetales como el conocido “pumacucu” que es común en los Andes Peruanos. También se han encontrado agujas de hueso y se considera que las suturas se hacían fundamentalmente con algodón, igualmente se han encontrado momias cuyas heridas han sido aproximadas utilizando el pelo del cuero cabelludo alrededor de los bordes de la misma.



Figura 1. Trépano craneal realizado por las antiguas culturas preincaicas.  
Figure 1. Skull trephine carried out by ancient pre-Inca cultures.



Se sabe también, que había varios tipos de médicos encargados de realizar las trepanaciones. El *Hampi Cemayoc* atendía a las clases nobles, mientras que los curanderos (*Ccamasca* y *Soncoyoc*) se ocupaban del pueblo junto con los adivinos, brujos, sangradores y herbolarios.

Se empleaban variadas técnicas, al igual que hay también variedad, dependiendo de los pueblos que realizaban dichas prácticas. Entre las técnicas más destacadas estaban las siguientes:

*Técnica de raspado*, efectuando un raspado o abrasión de la tabla externa del hueso craneal, fue muy empleada por la cultura Paracas.

*Técnica del corte en huso*, se efectuaban cortes paralelos en el que el hueso saltaría al tener todos sus lados cortados, resultando craniectomías cuadrangulares o poligonales, era muy común en el área centroandina y cuzqueña.

*Técnica de orificios cilindro-cónicos*, se realizaban una serie de cortes próximos entre sí, esos orificios se solían hacer cavando el hueso con algún cuchillo de obsidiana de punta larga, cortándolo en círculo, esta práctica era muy común en Paracas, en la zona del Marañón y el lago Titicaca.

*Técnica de incisiones óseas variadas*, se hacían mediante cortes en huso y orificios, se practicaba en Paracas y en los pueblos centroandinos.

La relación existente entre las trepanaciones y la guerra fue una asociación cotidiana en las culturas andinas pero no fue exclusiva de Sudamérica, en otras zonas del viejo y nuevo continente se han encontrado cráneos trepanados, algunos asociados a actos belicosos como los de San Juan antes, Portam Latinam en España (Etxeberría, 1995), en los que se usaba otros utensilios de guerra diferentes a las macanas utilizadas por los pueblos andinos.

Así pues, mientras los chamanes practicaban su arte con evidente éxito, la colonización española daba comienzo en América perdiéndose gran parte de su cultura y de acuerdo con la tendencia de la época se evitarán de aquí en adelante, hasta ya entrados en el siglo diecinueve, las prácticas relacionadas con las trepanaciones o cualquier otro procedimiento similar por creerlos "actos de brujería".

## PERÍODO EGIPCIO Y BABILÓNICO

Los primeros documentos escritos con evidencia relativa a trepanaciones en este período, van del año 4000 al 600 a. C. Dicha información se encuentra en diversos papiros de esta era, de los que, el más importante es el Papiro de Edwin Smith.

En este papiro la palabra cerebro es utilizada por primera vez, se describen las circunvoluciones y las membranas que lo recubren y se refieren numerosos casos de traumatismos craneales y de columna vertebral. La afasia y la sordera se reconocían en las fracturas de la región temporal, así como la afectación de las extremidades contralaterales al lado del golpe en el cráneo. Se puede suponer que los egipcios antiguos estaban familiarizados con la trepanación y que era utilizada en los traumatismos craneoencefálicos, pero no todos los autores coinciden en esto.

En el Antiguo Egipto existía un conocimiento de anatomía y fisiología del sistema nervioso así como de sus funciones; pero, al menos hasta el momento, se tiene recogida poca evidencia de que llevaran a cabo algún tipo de actuación quirúrgica para el tratamiento de los traumatismos de cráneo. Respecto a Babilonia no se encuentra referido ningún procedimiento neuroquirúrgico, ni tampoco hay referencias de trepanaciones realizadas en Mesopotamia en los estudios de Garrison o Castiglione.

## LA MEDICINA GRIEGA

Se cree que los Asclepiades (siglo VI a. de c.) introdujeron en la práctica quirúrgica el uso del trépano para favorecer la salida de los humores contenidos en la cavidad craneal, valiéndose al principio de clavos y barrenas, que más tarde fueron sufriendo modificaciones, llegando a dar una serie de reglas acerca de la trepanación. Pitágoras (580-489 A. C.) fue aparentemente el primero en describir el cerebro como un órgano central que controla las actividades superiores.

En los escritos hipocráticos encontramos por primera vez numerosas y detalladas descripciones anatómicas: suturas, diploe, granulaciones de Paccioni. Se describen varios tipos de traumatismos craneoencefálicos: fisuras, contusión sin fractura, fractura con hundimiento, indentación producida por un arma en la tabla externa, fracturas en otra parte diferente a la que presenta la herida.

Hipócrates (460-377 a. C.) recomienda y practica la trepanación en diversas situaciones: traumatismo craneal, epilepsia, ceguera, cefaleas, y mejora el instrumental necesario. Aconseja no hacer los trépanos sobre las suturas. Como refiere Ballance: "es posible que los métodos más perfeccionados de trepanación practicada por los cirujanos hipocráticos tuvieran una directa e ininterrumpida ascendencia en las primitivas intervenciones de la Edad de Piedra".

Durante sus procedimientos, Hipócrates reconocía la extensión de las fracturas craneales marcándolas con tinta y una vez que ésta penetraba toda la profundidad de la fisura, legraba ésta, hasta donde marcaba la mancha de tinta negra introducida en la fractura craneal. Los detalles técnicos introducidos en la obra de Hipócrates, nos indica que él, hubo de practicar muchas veces esta intervención, ya que aconseja no perforar de una vez las dos láminas, interna y externa, por temor a herir la duramadre, trabajando con cuidado, sobre todo después de llegar al diploe, para asegurarse de la profundidad que alcanza el trépano y evitar que se hiera esta membrana. También llama la atención acerca del calentamiento que puede sufrir la corona del trépano, recomendado que se saque de vez en cuando y al mismo tiempo que se limpia, se introduzca en agua fría.

Hipócrates demuestra en este capítulo, como en tantos otros, su derecho al justo título de padre de la Medicina, sus especialidades dotes de observador, de crítico, de práctico y de erudito de primer género.

Así mismo, Hipócrates no aconseja la trepanación en la región temporal “Sectia in temporibus nunquam sit teatanda” por los peligros de las convulsiones post-operatorias. “In fracturis cranii suturas minime esse secandas”, considera las heridas craneales como muy peligrosas e indica la trepanación, que realiza en los tres días que siguen al traumatismo, en los casos de contusión de los huesos y en los de la fractura; antes de que sobrevengan los accidentes de una meningitis traumática que trata de prevenir con la operación. En cambio, en las fracturas con hundimiento no la cree indicada, pues en éstas se consigue ya el mismo efecto que con trépano. También aconseja no sacar los huesos con violencia, aun estos estén fracturados.

Después de Hipócrates el centro del saber pasó a Alejandría y a su gran Biblioteca. La práctica de los médicos y cirujanos siguió durante cientos de años casi exclusivamente basada en las enseñanzas de la gran escuela griega. Sin embargo, es posible recoger en los siglos posteriores detalles de neuroanatomía, neurofisiología y de práctica neuroquirúrgica en muchas figuras notables, que hacen comprender una evolución progresiva del saber neuroquirúrgico.

La primera figura a destacar es Aurelius Cornelius Celsus (alrededor del año 30 a. C.) y su libro “Dere medica”. Celso, como sus predecesores, reconoció la existencia de una fractura y lesión por contragolpe. Aconseja la trepanación y retirada de fragmentos en fracturas deprimidas, o elevación de los fragmentos, siempre dejando sitio para la salida de la inflamación. Aboga además por el trépano para las hemorragias meníngeas, incluso en ausencia de fractura (probablemente la primera descripción de un hematoma epidural) en su libro VIII, capítulo 4. También describe un instrumento de bronce (protector dural) para ser insertado a través de la trefina con el fin de prevenir la lesión de la duramadre o del cerebro.

El 7º y 8º libro, demuestran que la cirugía recopilada por Celso es muy superior a la de Hipócrates, exponiendo conocimientos nuevos, sintomatología clara, medicina operatoria más osada y más segura. En el libro 8º trata de la trepanación, describiendo dos clases de trépanos, uno el “modiolus”, parecido a una barrena y otro, en cuya parte central se introducía un clavo que era el primero que horadaba el hueso. Celso amplía aun más las indicaciones de la trepanación, aconsejándola en las fracturas con hundimiento, esté o no desprendido por completo el fragmento óseo e introduce una modificación que recuerda el trépano de pirámide. Se detiene en el mecanismo de hacer girar el trépano, de la fuerza que debe emplearse para su correcto manejo, aconsejando que de vez en cuando, al llegar al centro del hueso, se extraiga el trépano y a la vez que se limpia con una escobilla, se enfríe con agua de igual forma que lo hacía Hipócrates. Hace ver al realizador, la conveniencia de ir despacio cuando observe la salida de sangre, para evitar la lesión de la duramadre, pues a consecuencia de este accidente dice haber visto graves complicaciones seguidas de muerte.

En una época posterior Heliodoro estudia detenidamente las fracturas, cisturas, caries y exostosis de los huesos y recomienda la trepanación en los derrames de líquido dentro del cráneo, desprendimiento de meninges, derrames subcraneos, en las fracturas con hundimiento, con desviación de fragmentos, con esquirlas, con cabalgamiento y parece ser que intenta curar al hidrocéfalo.



Galeno (alrededor de 130-201 d.c.) fue discípulo de Hipócrates, siguiendo sus enseñanzas, va más lejos que su maestro en las descripciones. Galeno sigue la misma clasificación de los traumatismos craneoencefálicos, practicando las mismas indicaciones y pormenorizando los métodos. Galeno también reconoce el acumulo de líquido cefalorraquídeo y distinguió cuatro tipos según la localización entre cerebro, membranas meníngeas, hueso, pericráneo y piel. Pero no describió la dilatación ventricular.

Heliodoro, (alrededor del año 100 d.c.) realiza una de las descripciones más interesantes y detalladas de los traumatismos craneoencefálicos y da muchos detalles sobre la trepanación. Areteo de Capadocia, contemporáneo a Galeno (alrededor del año 150d.c.). Quizás fue el primer autor en mencionar específicamente el uso de la trefina para curar la epilepsia. Otros datos acerca de procedimientos neuroquirúrgicos que precedieron y siguieron a Galeno pueden ser obtenidos de las recopilaciones de Oribasio (325-403 d.c.), que sin duda alguna representa los principios hipocráticos y galénicos.

Los antiguos griegos y romanos en el transcurso de tres mil años desarrollaron el arte de la trepanación hasta un alto grado de perfección. Más poco sabían de la cirugía intracraneal. Debido probablemente, entre otras circunstancias, a la falta de anestésicos, aunque ya se conocía el efecto narcótico de la mandrágora (recomendada por Dioscórides, cirujano al servicio de Nerón), o del opio, así como los efectos soporíferos del alcohol. Es probable que la compresión carotídea se utilizara como forma de producir anestesia. En resumen, la cirugía craneal era modesta en sus pretensiones y habitualmente respetaba la duramadre. Posteriormente sus indicaciones fueron cayendo en el olvido, haciéndose escasa y episódica.

## PERÍODO MEDIEVAL

De acuerdo con Walsh, la llamada Edad Media comprende desde el final del reinado de Rómulo Augusto (476) hasta la caída de Constantinopla (1453). Es decir, de forma aproximada, el período de mil años comprendido entre el año 500 y 1500.

Con el declinar del Imperio Romano se detuvo el avance médico. Hubo durante el período bizantino un gradual declive en los conocimientos. Los escritos de Pablo de Aegineta, (625-690) son una reminiscencia de Hipócrates y Galeno con pocas observaciones originales. Este influyó en la cirugía de los árabes, que predominaron tras la caída del Imperio Bizantino y sus conocimientos se trasladaron a Europa a través de España. Debemos estarles reconocidos por preservar los conocimientos aprendidos en las Escuelas Griega y Alejandrina. Aunque ellos mostraron poca iniciativa y la cirugía en sus manos retrocedió de forma marcada, debido probablemente a una razón religiosa ya que el Corán prohíbe la disección y no teniendo conocimientos directos de la anatomía, tenían que basarse fundamentalmente en los escritos griegos, en Galeno, Pablo de Aegineta y Celso.

Avicena incorporó su versión de Galeno en su libro "Cannon", que fue utilizado en las Escuelas de Medicina europeas durante 600 años. En él aparece una completa relación de los traumatismos craneoencefálicos y su tratamiento, tomando casi palabra por palabra, como dice Adams, de los escritos de Galeno y Pablo de Aegineta. Avenzoar, otro de los árabes notables, en sus obras establece que el trépano es lo más apropiado cuando hay una fractura con hundimiento. Pero lamenta que en esa época sería difícil encontrar un cirujano capaz de realizar la operación.

Averroes también refiere que no conoció a ningún cirujano que pudiera trepanar un cráneo. Siendo esto una prueba adicional de que los árabes en general fueron cirujanos muy tímidos. Por tanto, en los árabes la Cirugía quedó muy limitada, sólo a aquellas regiones que requerían pocos conocimientos anatómicos o que hubiese escasas posibilidades de hemorragia. Ellos utilizaron el cauterio en vez del cuchillo para controlar la hemorragia en las incisiones. Todos estos médicos árabes sobresalientes, Avicena, Averroes, Rhazes, Albucasis y Avenzoar vivieron en el siglo X.

En 1180 apareció en Salerno un libro más original: "Practica Chirurgica", que recoge las enseñanzas de Roger Frugardi, Roger de Salerno, que de acuerdo con Corner, reconoce la posibilidad de una fractura de cráneo incluso cuando no hay herida penetrante en el cuero cabelludo, pero previene del peligro de abrir el cráneo a no ser que se haya decidido con antelación que existen sobradas razones para ello. Conocía igualmente las fracturas, la lesión por contragolpe y las posibilidades de hematoma epi o subdural, refiriendo un caso con estudio necrópsico. En las fracturas de cráneo con una gran herida abierta aconseja extirpar inmediatamente cualquier fragmento óseo. Si la zona deprimida se encuentra debajo de los bordes de la herida, se hará un trépano y con un instrumento adecuado se elevará el fragmento deprimido. Aconseja la protección y limpieza cuidadosa de la duramadre. Y otros múltiples detalles que destacan de Roger de Salerno que, entre otros, exigía una estricta limpieza por parte del cirujano el día de la intervención.

Chauliac, establece sobre el tratamiento de las heridas de la cabeza, nueve principios y expone sus enseñanzas con un halo de modernidad, del que es una muestra estas palabras suyas: *"...antes de todo, el pelo debe ser quitado y la cabeza lavada, teniendo cuidado de que ni los pelos ni ninguna otra sustancia caigan en la herida, dado que ello afectaría a su curación"*. También describe con detalle siete tipos de heridas de la cabeza y cómo debe ser tratado cada uno, desde las heridas simples de cuero cabelludo a las fracturas extensas que requieren cirugía radical. Sus ocho enseñanzas referentes a las trepanaciones contienen consejos muy sabios, como: *"...la operación no debe ser realizada en pacientes con unas condiciones generales débiles, la operación debe ser llevada a cabo sin retraso si las zonas del cerebro están comprimidas o perforadas..."*. Y parece ser que, según refiere Mettler, fue uno de los primeros en extirpar una parte del cerebro humano con cierto grado de éxito. Resumiendo el período medieval, se puede decir que fue una época relativamente oscura desde el punto de vista de la cirugía del sistema nervioso. Los principios y prácticas helénicas con respecto a traumatismos craneoencefálicos fueron seguidos estrechamente, aunque se añadieron ciertos detalles y perfecciones.

## EL RENACIMIENTO

Durante este período (1500-1700) no se realizó un avance fundamental en la cirugía del sistema nervioso. Se había conseguido ya un nivel de desarrollo que era imposible mejorar sin tener un mejor conocimiento de la anatomía, fisiología y patología del cerebro y médula espinal, así como de los síndromes clínicos de disfunción neurológicos. Además se necesitaba otro concepto de la supuración, que no convirtiera los procedimientos quirúrgicos en algo no aconsejable por los fracasos debidos a la infección de la herida, rápidamente fatal. A partir del siglo XIV, gracias a que se levantó la prohibición de la disección humana, la neuroanatomía fue investigada de nuevo por hombres como Vesalio, Falopio, Eustaquio, Willis, Silvio y Morgagni. El mejor de los anatomistas de la época fue Andreas Vesalius (1514-1564), quien realizó todos sus estudios antes de los 30 años y debido a los grandes antagonismos que encontró, dejó la anatomía y llegó a ser médico de Carlos V y Felipe II. No se sabe apenas nada acerca del trabajo quirúrgico de Vesalio, pero es recogida una intervención quirúrgica al hijo de Felipe II, el príncipe Carlos, de 17 años, al que salvó la vida tras drenarle un gran absceso detrás de cada órbita a consecuencia de un traumatismo un mes antes.

La Cirugía del Sistema Nervioso en estos años, como el arte de la cirugía en general, se resumen muy bien en la figura de Ambrosio Pare (1510-1590) quien recomienda el lavado con jeringa o el hacer esfuerzo con la nariz y boca cerrada para forzar a salir la materia insana; reconoce que los pacientes pueden vivir aunque hubieran perdido sustancia cerebral y aconseja la posición sentada en la realización del trépano; igualmente diseña una serie de instrumentos que con algunas modificaciones se usan aún en la época actual, como el perforador, el trépano, la trefina, el protector de dura. Ambrosio Pare, también perfeccionó de forma importante la instrumentación quirúrgica de trepanación con respecto a los instrumentos diseñados por Guy de Chauliac. Pero, de todas formas, el aprovechamiento de este instrumental fue excepcional, ya que pocos cirujanos seguirían sus prácticas quirúrgicas craneoencefálicas. Hay otras dos anotaciones que hacer en cuanto a la cirugía en el sistema nervioso en el Renacimiento. La primera, descrita por Ballance, es la referencia más antigua de procedimientos quirúrgicos en relación con abscesos craneales o cerebrales y la segunda, correspondiente a Fabricio Hildano, considerado el padre de la cirugía alemana, que describió casos de abscesos cerebrales tras una fractura de cráneo y abogó por una trefina para la evacuación del pus y sangre, incluso en ausencia de fracturas.

## PERÍODO PRE-LISTERIANO

Desde el final del Renacimiento hasta el descubrimiento de la antisepsia y anestesia (1846), la cirugía en el sistema nervioso aunque aún se circunscribía a los primeros efectos de los traumatismos craneoencefálicos, sin embargo comenzó a mostrar evidencias de cirujanos que fueron más allá de las indicaciones hasta el momento aceptadas; enfrentándose cada vez más a problemas extra o intradurales como, por ejemplo, los abscesos y hematomas. Y ocasionalmente operaban con la intención de

curar las convulsiones. Como antecedente podríamos citar un libro pequeño y extraordinario, publicado por James Yonge en 1682 "Wounds of the Brain Proved Curable". Refiere el caso de un niño de 4 años con fractura conminuta y pérdida de sustancia cerebral, en el que se consiguió su curación. Relata con detalle el procedimiento seguido y, a continuación, cita otros 60 casos de heridas cerebrales, desde Galeno, que se han curado. Este libro fue escrito para demostrar que no todas las heridas cerebrales eran mortales. Leonardo Botallo, describe un método para interconectar agujeros de trépanos, permitiendo la realización de ventanas óseas, tal vez uno de los primeros antecedentes de la craniectomía manual.

Jean Luois Petit (1674-1750) aconsejó trepanar en todos los casos de herida de la piel sin fractura, "... no solamente para levantar el hueso, que puede estar deprimido, y extirpar fragmentos, sino también para dejar salir la sangre entre la duramadre y hueso". Petit también trepanó un caso de absceso cerebral abriendo la duramadre, con recuperación del paciente. Creyó que si una colección intracraneal podía ser diagnosticada, el paciente debía ser trepanado.

En el siglo XVIII las publicaciones sobre traumatismos craneoencefálicos se hicieron muy numerosas. La cirugía, que al principio fue realizada por la escuela francesa, cruzó el canal y comenzaron a ser los ingleses las grandes figuras quirúrgicas de la época. Dominique Jean Larrey, (1766-1842), cirujano del ejército de Napoleón, trepanaba no sólo por fracturas deprimidas sino para extraer cuerpos extraños que permanecían impactados. Los hombres que en Inglaterra contribuyeron de forma importante a la cirugía de los traumatismos craneoencefálicos fueron Pott, Hunter y Cheseldeux. Percival Pott (1713-1788) tenía la misma opinión acerca de si se extravasaba la sangre y permanecía confinada extra o subdural, podría convertirse en pus. Sus opiniones eran muy semejantes a las de Petit y como sus predecesores, reconocía que los síntomas se debían al daño cerebral y no a la fractura misma. Era más agresivo en las indicaciones, refiriendo que vio muchos más pacientes morir por no haberles realizado un trépano a causa de una colección purulenta que por haberles intervenido.

John Hunter (1728-1793) era más conservador en las trepanaciones y abogaba ampliamente por la no incisión de la duramadre, a no ser que estuviera seguro de que existía una colección subdural. Astley Cooper (1768-1841), preconizaba la trepanación precoz y refirió la curación de una epilepsia focal tras la extirpación de una espícula de hueso que presionaba el cerebro. Durante el período que siguió a Hunter se mencionan además otras condiciones neuroquirúrgicas, comenzándose a observar y diferenciar los tumores cerebrales, que por su descripción parecen referirse a meningiomas. La hidrocefalia conocida desde los egipcios fue estudiada por Lorenz Heister. Los abscesos cerebrales eran operados de forma ocasional, teniéndose conocimiento de casos intervenidos por Mokand (1752) y Dupuytren (1839). En resumen, en este período tras el Renacimiento y antes del advenimiento de la antisepsia y anestesia, comenzó a verse la tendencia cada vez mayor a intentar el tratamiento de procesos intra o extradurales (abscesos y hematomas) y a no quedarse reducidos, como hasta entonces, a observar

sólo los efectos inmediatos de los traumatismos craneoencefálicos, buscando además la evolución de las intervenciones quirúrgicas que hasta el momento se limitaban solo a trépanos en variados tamaños.

## PIONEROS DE LA NEUROCIRUGÍA

En este período de unos 40-50 años (1846-1890) se efectuaron una serie de descubrimientos que hicieron que la Cirugía Neurológica pudiera desprenderse del casi exclusivo tratamiento de las lesiones traumáticas. Bichat aporta una notable contribución y con la experimentación fisiológica hace su debut junto a Francois Magendie que observa las funciones de los nervios raquídeos, estudia la composición y circulación del líquido cefalorraquídeo (aunque no conoció su origen), describe la rigidez de descerebración y el mecanismo del vómito y observa por primera vez los resultados de la extirpación del cerebelo, siendo el gran promotor de la vivisección.

El segundo requisito necesario para el nacimiento de la Neurocirugía era asegurar un conocimiento más exacto de las funciones del sistema nervioso. Paul Broca (1824-1880) en 1861 había desarrollado su teoría de las localizaciones cerebrales, pero las observaciones realizadas en 1870 por Fritsch y Hitzig en las heridas de la guerra franco-alemana, en el sentido de que la estimulación eléctrica del córtex provocaba respuestas motoras, la confirmaron y dieron lugar a una explosión sin precedentes de estudios sobre el cerebro.

Para permitir que los cirujanos pudieran enfrentarse mediante el acto quirúrgico a los efectos de la lesión, cuya anatomía patológica y localización se podían presumir, eran necesarios aún, una serie de requisitos que favorecieran un apropiado éxito, compensando la inherente agresividad quirúrgica. En este sentido, el escollo más importante a salvar era reducir los riesgos operatorios graves debido a las complicaciones infecciosas. Los trabajos de Pasteur y Koch (1878) demostrando el origen bacteriano de la putrefacción y la demostración de Semmelweis (1861) de que la sepsis podría ser controlada mediante medidas higiénicas, hicieron que los hospitales comenzaran a abandonar las costumbres que fomentaban la infección. Pero se debe al genio de Lister (1867), la técnica para prevenir la contaminación bacteriana en las heridas producidas por el acto quirúrgico. Su concepto de antisepsia condujo naturalmente a la asepsia, cuyos principios fueron rápidamente formulados por Von Bergmann.

Al comienzo del siglo XIX, si se deseaba una cierta relajación, el paciente debía ser intoxicado con alcohol o con opio. Los métodos anestésicos, introducidos oficialmente por Morton favorecieron la expansión de las técnicas quirúrgicas; pero los daños provocados por los gases anestésicos hicieron que la cirugía sobre el sistema nervioso prolongara durante más tiempo la utilización de la anestesia local. La neurocirugía se desarrolló más lentamente dado que necesitaba de otras ciencias auxiliares que aparecieron más tarde (Radiología, Neurofisiología) y nuevos procedimientos técnico-

quirúrgicos. Sin embargo, las condiciones eran suficientemente aceptables como para que diversos cirujanos intentaran la aventura de practicar intervenciones intracraneales, basadas en una indicación quirúrgica preestablecida por un diagnóstico neurológico.

En este período acontecen dos hechos notables en la cirugía del sistema nervioso. El primero de ellos fue el primer intento que se conoce de extirpación de un tumor cerebral, diagnosticado y localizado mediante métodos neurológicos. Este fue la ya bien conocida intervención de Sir Dickman Godlee a un paciente de Bennet, el 23 de noviembre de 1884. Demostró que este tipo de procedimientos podían ser llevados a cabo, aunque el paciente muriera un mes más tarde a consecuencia de una meningitis. Se sabe que previamente se habían realizado al menos dos intervenciones con éxito sobre tumores cerebrales, pero estos tumores habían sido reconocidos por sus signos externos, mientras que el paciente de Bennet fue diagnosticado solamente por evidencias neurológicas. Otros dos casos de neoformaciones que involucraban las meninges fueron operados con éxito por Macewen en 1879 y por Durante en 1884.

El segundo hito importante neuroquirúrgico fue la extirpación de un tumor intradural espinal. Su localización fue realizada por Gower y fue extirpado por Horsley el 9 de Junio de 1887, con recuperación completa del paciente. Dejando aparte los procedimientos quirúrgicos referentes a aspectos traumáticos, que durante este período no mostraron especiales avances comparados con las épocas previas, podemos obtener una idea clara de los nuevos avances que se realizaron en Neurocirugía en estos años estudiando las contribuciones y conclusiones, no sólo de los grandes cirujanos, sino también de los neurólogos más destacados. Ya que estos últimos estuvieron comprometiendo continuamente a los cirujanos en riesgos y esfuerzos cada vez mayores y estaban ansiosos de poder conseguir algún tipo de alivio para sus pacientes, cuyas condiciones clínicas eran consideradas sin otro tipo de alternativas.

La monografía sobre Cirugía General publicada por Bergmann en 1889 fue indudablemente el standard para su época y contiene una elaborada puesta al día de las condiciones quirúrgicas a nivel intracraneal, fundamentalmente abscesos cerebrales, tumores, epilepsia, encefalocelos y otros problemas, incluyendo traumatismos. P. C. Knapp, uno de los mejores neurólogos de su época, dedicó parte de sus esfuerzos al estudio de los tumores cerebrales y refirió un número cada vez mayor de intervenciones y lo qué podía ser esperado de este tipo de terapia. Considerando tras el estudio de una importante serie de tumores analizados postmortem que el 7% hubieran sido operables y que de ellos la mitad se habrían recuperado de la intervención. Demasiado, por tanto, para el estado de la neurocirugía antes de que llegara la época en que emergiera como una especialidad diferente y separada.

Los cirujanos generales, desde los tiempos prehistóricos hasta el advenimiento de la anestesia, antisepsia y localización cerebral, llevaron a cabo intervenciones sobre el sistema nervioso en tanto estaban implicadas una serie de situaciones traumáticas, con ocasionales y raras excepciones, en las que un absceso cerebral fue drenado. Entre

1846 y 1890 varios cirujanos más atrevidos y fuera de serie fueron animados por los neurólogos, de forma simultánea en varios países, a intentar extirpar tumores cerebrales y medulares. Obviamente era necesario que estas operaciones fueran realizadas por un cirujano instigado por otro especialista. Tan relevante fue ello, que Cushing diría muchos años más tarde, *"... o el cirujano tomaba mayor interés en el problema, familiarizándose él mismo con el cerebro y sus enfermedades o el neurólogo tendría que aprender lo suficiente de cirugía como para realizar él mismo la intervención"*.

De entre estos pioneros, destaca particularmente Macewen, que fue un gran cirujano general tentado por el reto de probar su habilidad quirúrgica en un campo nuevo y con reputación de extremadamente difícil. Él consagra a la ciencia neurológica un solo volumen publicado en 1876 y titulado "The Pyogenic Infection Diseases of the Brain and Spinal Cord", que no es suficiente como para generar una cirugía nueva con identidad propia, aunque debe reconocerse su contribución a este aspecto neuroquirúrgico.

Sir Víctor Horsley por el contrario, dedicó la mayor parte de su vida médica a la Cirugía del Sistema Nervioso, pero no publica libro alguno que resuma su experiencia, que se expresa en 75 publicaciones. No tiene ningún alumno, ni fundó ninguna escuela. Sin embargo es reconocido universalmente como el pionero de la neurocirugía. Como dice Wertheimer *"... nos asociamos a este homenaje pues Víctor Horsley dedicó toda su vida a la Cirugía del Sistema Nervioso, pero no nos corresponde establecer una jerarquía. El progreso quirúrgico es el resultado de un esfuerzo colectivo. Ambos cirujanos abrieron el camino de la Neurocirugía y justifica que pueda ser considerado que esta disciplina nació en Inglaterra entre 1870 y 1900"*.

## LA CIRUGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO

Este período, un poco artificialmente aislado (1890-1910), representa la época de transición en que los cirujanos generales afrontaron los riesgos de las intervenciones sobre el Sistema Nervioso Central, permitiendo que la Neurocirugía descubriera sus propios métodos y técnicas más convenientes. Este período finaliza en el momento en que comienza la prestigiosa carrera de Harvey Cushing y está centrado en la época de máxima actividad de Sir Víctor Horsley, que en 1886 fue nombrado cirujano del Hospital Nacional para Paralíticos y Epilépticos de Londres.

Víctor Horsley nace en 1857 y muere en el servicio médico del ejército inglés, en 1916. Cuando terminó su aprendizaje en cirugía general, se interesó en las posibilidades que podía presentar los comienzos de localización de las funciones cerebrales. Fue el primero en reconocer que la delicada y seria cirugía cerebral no podía ser llevada a cabo sin el conocimiento de la fisiología, que a su vez hay que aprenderla experimentando. Cushing le añadió autoridad a esta opinión de Ballance, aclamando a Horsley como la verdadera figura pionera de la Cirugía del Sistema Nervioso, comenzando con él, el nacimiento de la Cirugía Moderna. Podríamos referir una de las deducciones de Horsley de cómo debería llevarse a cabo la Cirugía Neurológica: *" El diagnóstico de una*

*enfermedad del sistema nervioso supone una íntima familiaridad con su fisiología y patología y esto esperamos verlo ampliamente generalizado, a pesar de las opiniones inicuas en contra de los experimentos científicos así como la loca ignorancia que se envanece en no creer en la localización cerebral". Otro de sus frecuentemente reiterados ruegos fue contra el tratamiento médico prolongado de los pacientes que presentaban síntomas de un tumor cerebral. Horsley forzó a la profesión médica a tomar una firme posición en esta cuestión y puso un límite de 6 semanas de tratamiento antisifilítico, a no ser que se apreciara una notable mejoría. Parece increíble que le costara veinte años o más que este consejo fuera llevado a cabo en la mayor parte de los sitios.*

A partir de 1890 fue cuando realmente se empezó a difundir su gran experiencia neuroquirúrgica. Un gran avance en la técnica de la Craneotomía se había realizado justo antes de 1889 en que Wagner en Alemania refirió su método para realizar un colgajo óseo osteoplástico con el propósito de efectuar una exploración cerebral. Este nuevo método consiguió enseguida que extensas áreas del cerebro fueran fácilmente accesibles sin dejar un gran defecto óseo craneal. A su vez se diseñaron varios, elaborados y complejos métodos de topografía cerebral, que se pusieron muy en boga en esa época. Horsley se opuso al colgajo osteoplástico a causa del shock que sufría el paciente y siguió haciendo craniectomías, sirviendo sin duda el defecto resultante como descompresión postoperatoria.

Toiso en 1891 sugirió realizar la craneotomía cortando mediante una sierra entre orificios estratégicamente colocados, produciendo menos problemas de shock. Unos años más tarde, en 1887, la sierra de Gigli se puso en boga y aún hoy día este método es empleado por muchos neurocirujanos.

Pocos años más tarde, en 1893, discutiendo el tratamiento de los tumores cerebrales, Horsley incluyó como indicaciones quirúrgicas no sólo la extirpación del tumor y, por tanto, la curación del paciente, sino también la mejoría, mediante una intervención descompresiva, de las cefaleas, pérdida de visión y vómitos. Horsley en esta época diseñó varios instrumentos quirúrgicos, entre los que destacan unos tipos de gubias, su cera hemostática de hueso y el primer sistema estereotáxico, en colaboración con Clarke. Horsley, en las fracturas de cráneo, reconoció que la intervención debía realizarse para evitar el daño cerebral y la compresión y no a causa de la fractura per se, estableciendo claramente las indicaciones neuroquirúrgicas.

En 1903 Star, neurólogo que tuvo un gran protagonismo en la cirugía de los tumores, analizó una serie de 365 casos. Concluyó que la ausencia de signos localizadores significaba que la lesión era inaccesible. Predijo, sin embargo, que los tumores que asentaban una o dos pulgadas por debajo de la superficie cerebral podían ser alcanzados; no así los tumores del ángulo pontocerebeloso. Consideró inútil llevar a cabo intervenciones en el cerebelo, dado que hasta el momento había nueve casos intervenidos sin éxito. Star refiere en una estadística posterior que sólo un 5% de los tumores cerebrales podrían ser extirpados con total éxito quirúrgico. En 1906 Knapp estudia los resultados de los tumores cerebrales y les compara con los de 1881 y 1889, reconociendo alguna mejora en la técnica quirúrgica, aunque los resultados estaban aún



lejos de ser esperanzadores ya que la mortalidad inmediata superaba el 20% y los casos de total recuperación fueron excepcionalmente raros.

Del otro lado del Atlántico, en Francia, Thierry de Martell inspirado e impulsado por Babinski hacía crecer a la neurocirugía francesa. Este hombre de gran actividad y porte imponente, diseñó en 1911 un trepanador mecánico para sustituir los instrumentos primitivos que se empleaban para la craneotomía, retractores autosostenibles para la exploración de lesiones profundas del cerebro que con modificaciones se emplean actualmente y el drenaje ventricular continuo para manejar la hipertensión intracraneal.

Varios libros de texto aparecen en esta época sobre el diagnóstico y tratamiento de diversas situaciones neuroquirúrgicas, junto con las técnicas operatorias empleadas entonces. Entre los más conocidos están los de Kocher, 1902; Marion, 1905; Ballance, 1907; Bruns, 1908 y Krause, 1911. Además merecen ser destacados también los volúmenes de Chipault en 1894. Con relación a los tumores cerebrales, todos dicen aproximadamente lo mismo y llegan a la conclusión de que quizás un 5-10% de los casos puedan ser extirpados con buen resultado.

Era obvio que había que hacer algo totalmente diferente en el manejo quirúrgico de este tipo de lesiones tumorales si se quería alcanzar un resultado más satisfactorio. Como Horsley había dicho antes, el conocimiento neurológico y patológico de este tipo de neoformaciones había superado la capacidad técnica de extirparlos. La dificultad estribaba en que los cirujanos generales, incluso Horsley desde este punto de vista, eran entrenados en métodos quirúrgicos generales, no familiarizándose con ningún tipo de conocimiento acerca de cómo manipular el tejido cerebral. Aparte de que con grandes intervalos intentaban realizar algo para lo que no había aún métodos cuidadosamente elaborados. Está claro que para alcanzar el fin deseado alguien tendría que dedicar todo su tiempo en elaborar una técnica nueva para las intervenciones sobre el sistema nervioso. En esta tesitura o encrucijada aparece Harvey Cushing y, gracias a sus adquisiciones técnicas y contribuciones investigadoras, consigue establecer lo que hoy se denomina Neurocirugía.

## LA NEUROCIRUGÍA

A principios de nuestro siglo y lo largo de una etapa de 27 años (desde 1903 a 1930) la Neurocirugía se va individualizando como una especialidad quirúrgica mayor. Se beneficiaría de forma progresiva de los medios de información propios que aclaran y precisan los diagnósticos, de una técnica e instrumentación adaptadas a sus necesidades, de una anestesia al principio local y después general de acuerdo con sus exigencias, de la sumisión a la disciplina de una asepsia rigurosa y utilización de medicación antibiótica eficaz. La Neurocirugía de forma muy rápida fue ampliando el campo de sus actividades; pronto intenta y poco a poco a resección de todo tipo de

tumor, cualquiera que fuera su localización. Se arriesga a las intervenciones de malformaciones del sistema nervioso o vasculares. Inicia una cirugía funcional que va a intentar actuar sobre el dolor o la epilepsia, reducir la parálisis provocada por alteraciones motoras o paliar las enfermedades mentales.

Es del todo legítimo atribuir la mayor parte de este nacimiento y expansión a Harvey Cushing. Para quien la Cirugía del Sistema Nervioso llega a ser la Neurocirugía . Él creó el término, le dio significación y le abrió un vasto campo de acción. Estudia Medicina en Harvard, finalizando en 1895. Durante la época de estudiante tuvo la mala fortuna de perder a un enfermo al que le estaba administrando la anestesia. A partir de entonces diseña una hoja especial en la que registra el pulso y la respiración. Después introdujo el esfingomanómetro para igualmente registrar de forma intermitente las cifras de presión arterial.

Durante su estancia en el Massachusset General Hospital en Boston ve morir a numerosos pacientes intervenidos de tumores cerebrales. Se va al John Hopkins Hospital en 1897 a trabajar con Halsted. En esta Escuela de Cirugía aprendió la ventaja de la lentitud del acto quirúrgico, cuidando una hemostasia rigurosa, aunque a veces se irrita por el exceso de lentitud de su maestro. En el año 1900 se va a Europa, dirigiéndose primero a Londres a fin de visitar a Víctor Horsley. Este primer contacto no fue muy favorable, escandalizándose por la técnica rápida y aparentemente brutal que observó en la extirpación del ganglio de Gasser, aunque después cambia su opinión acerca de Horsley. Abandona Londres y se va a Berna con Kocher, tras atravesar Francia y visitar Paris y Lyon. A continuación se dirige a Italia y finalmente vuelve a Inglaterra, donde estuvo un mes con Sherrington.

Vuelve en 1901 decidido a orientarse en la patología y cirugía del sistema nervioso y comienza a desarrollar aspectos técnicos, como su torniquete neumático para el cuero cabelludo, a realizar intervenciones en pacientes con neuralgia del trigémino y a interesarse por la patología hipofisaria. En 1910 es invitado por la Universidad de Harvard a ocupar una plaza como Profesor de Cirugía y dos años más tarde se traslada a Boston. Durante la Primera Guerra Mundial estuvo cuatro años en Europa, allí desarrolló técnicas refinadas para el tratamiento de las heridas, que disminuyó drásticamente la mortalidad. Vuelve a Boston en 1919 y continúa aplicando a la Neurocirugía los principios que había aprendido de su maestro Halsted: acto quirúrgico minucioso, cuidado permanente del control de la hemostasia, lentitud y precisión en la ejecución. Dedujo la necesidad que tenía esta cirugía de obedecer a sus propios principios y al mismo tiempo, dotarse de los perfeccionamientos materiales que dieran satisfacción a sus necesidades técnicas. Más que ninguna otra cirugía, ésta reclamaba gestos medidos, exéresis cuidadosa, evitar daño al tejido nervioso, hemostasia cuidadosa. Esto último fue una obsesión para Cushing, que la mejoró extraordinariamente mediante varias técnicas como la colocación de pinzas en la galea, sus clips de plata y en 1926 la aplicación del bisturí eléctrico, diseñado por Bovie.

Los problemas que presentaba la anestesia general hicieron que la abandonara y la sustituyera por la anestesia local propuesta por De Martel. El grave riesgo de la infección

lo solventa no sólo con medidas rigurosas de asepsia, sino también con el cierre riguroso de la duramadre y de la galea, asegurando una minuciosa reconstitución; evitando las hernias cerebrales y fistulizaciones que entonces eran frecuentes complicaciones postoperatorias, con sus dramáticas consecuencias.

Murió de enfermedad coronaria el 7 de octubre de 1939, en la Universidad de Yale. Cushing entendió la necesidad de que alguien se dedicara por completo con todas sus energías a este nuevo campo neuroquirúrgico y así dijo en 1905: *"...muchos de ellos (sus compañeros de cirugía) se han expresado enfáticamente contra cualquier forma de especialización... No veo cómo puede evitarse esta particularización, si deseamos avanzar de forma más segura y progresiva en nuestra técnica manipulativa. Acaso no va a servir para nada la práctica manual y la concentración del pensamiento?"*. Cushing reduce la mortalidad durante la Primera Guerra Mundial del 50% al 28% en 1918. La asepsia y las nuevas técnicas neuroquirúrgicas ayudan a eliminar el miedo a entrar en la cavidad craneal y abrir la duramadre, siendo universalmente aceptados los principios de Cushing sobre el manejo de estas heridas.

A partir de Dandy la Neurocirugía entró en una nueva era tras revolucionar el diagnóstico al describir la ventriculografía en 1918 y posteriormente la neumoencefalografía. La precisión en la localización tumoral aumentó desde un 50% en la época neurológica a un 90%, aunque estos métodos no se generalizaron hasta pasados varios años.

En 1910, Cushing obtiene una curación aparente en el 30% de los pacientes y un 13% de mortalidad quirúrgica, resultados infinitamente mejores a los publicados hasta entonces. En 1917 reduce la mortalidad de los tumores en el ángulo pontocerebeloso de casi el 100% de sus predecesores a un 10% o menos, aunque un alto porcentaje recidivaron ya que sólo hacía extirpación intracapsular. Este método fue reemplazado por Dandy en 1922, que efectuaba extirpaciones completas, con un porcentaje tan bajo de mortalidad que ni aún hoy día ha sido superado. Las monografías de Cushing publicadas en 1932 y 1938 representan el máximo que el cirujano más hábil de su tiempo pudo conseguir con la ayuda de un equipo altamente organizado y concentrando su trabajo en un solo hospital.

Respecto a la forma de la apertura craneal, inicia el reporte de técnicas y procedimientos precisos y ordenados para la realización de craneotomías y abordajes de lesiones específicas; en 1908, Krause describe por primera vez el abordaje subfrontal unilateral, mientras que en el año 1918, Dandy reporta un abordaje ideado por George Heuer, uno de sus colegas más jóvenes, lo que se llamó "Hipophyseal approach", al nervio óptico y glándula pituitaria; Heuer luego lo describió con más detalle y lo usó para abordar tumores de la región selar y paraselar. Las ventajas de la coagulación fueron descritas por primera vez por Cushing en 1927 que, junto a la persona que diseñó el aparato, Bovie, escribió su famoso artículo de 1928. Las técnicas y abordajes introducidos por Harvey Cushing y Walter Dandy entre otros en los años previos a la segunda guerra mundial, fueron las que se aplicaron durante los años de guerra. Durante el periodo de post- guerra se sucedieron cambios en anestesia, transfusiones sanguíneas, diagnóstico por imágenes, incluso en los programas de entrenamiento para la especialidad.

En 1940, Dandy realizó algunas modificaciones al abordaje Hipofisiario (Hypophyseal approach), para la región selar y paraselar y desde ese momento este tipo de técnica se comenzó a llamar en los Estados Unidos “Dandy Flap”. En 1933, Dott por primera vez realiza un tratamiento quirúrgico para un aneurisma intracraneal mediante un abordaje subfrontal modificado. En 1941, Dandy describe un abordaje pterional para un aneurisma de comunicante anterior. Durante los años 50 y 60 se desarrollaron técnicas microquirúrgicas en otología y oftalmología, provocando la atracción de los neurocirujanos, primero en el laboratorio y luego en los quirófanos. En 1960, Scoville y Ore proponen lo que ellos llaman Craneotomías mediante trefinas con aperturas pequeñas con relación a las craneotomías clásicas. El fue el primero en utilizar la incisión supraciliar en el abordaje subfrontal. En 1962 Bronson Ray utiliza sistemáticamente el abordaje subfrontal para realizar hipofisectomías.

En 1962, George Hayes, uno de los alumnos de Dandy y jefe en ese entonces del departamento de neurocirugía del Walter Reed Army Medical Center en Washington D.C., utilizó el flap tipo Dandy con una craneotomía fronto temporal. Por último, Ludwig Kempe, sucesor de Hayes en el mismo hospital, ilustra lo que es el inicio de la craneotomía pterional en 1968 en su atlas de neurocirugía que todos conocemos. John L. Fox, aprende la craneotomía pterional de George Hayes, Ludwig Kempe y Hugo Rizzoli, quien fue el último residente de Dandy. En 1969 Yasargil describe la técnica frontotemporal para los aneurismas de la circulación anterior. En 1971 Donald H. Wilson describe sus esfuerzos para operar varias lesiones intracraneales mediante un abordaje pequeño. Fue el primero de los neurocirujanos en usar el término “key-hole surgery”.

Yasargil, en el año 1975, describe su abordaje pterional, que es un refinamiento de su craneotomía fronto temporal descrita en el año 1969. No es sorpresa para el mundo de la neurocirugía la designación del Profesor M. Gazi Yasargil como el neurocirujano del siglo XX. Generador de avances en la microneurocirugía actual, creador de innovadores instrumentos, como el microscopio flotante, retractores autoajustables, clips y aplicadores de clips para aneurismas. Su genialidad de desarrollar técnicas microquirúrgicas para usar en neurocirugía cerebrovascular, ha transformado en operable lo inoperable hasta entonces.

## NEUROCIROUGÍA DEL SIGLO XXI

Grandes neurocirujanos, destacan en nuestro tiempo, discípulos directos o indirectos, de quienes impulsaron el devenir de las diversas escuelas trazadas por el largo recorrido de la historia en la Neurocirugía. Así pues, hoy contamos, con los recursos tecnológicos para la realización de craneotomías que son fruto de dicha evolución, desde el Tumi Chimú que fungió como el primer trepanador en el periodo preincaica, hasta la sierra de Gigli, que sigue siendo hoy en día instrumento que permanece en el set de instrumental neuroquirúrgico, en casi todos los hospitales que practican la neurocirugía moderna, aún

y a pesar de que se cuente con los nuevos y modernos sistemas motorizados para la realización de craneotomías y craniectomías, que hacen sin duda más eficientes los procedimientos, disminuyendo el tiempo quirúrgico y mejorando el trato y manipulación de los tejidos.

Los tratados actuales y más modernos de Neurocirugía, describen de forma minuciosa y basados en técnicas gráficas modernas, disección de cadáveres, descripción de procedimientos reales, la realización de abordajes y procedimientos neuroquirúrgicos con el uso de sistemas de fresado, motorizados, impulsados por sistemas neumáticos o eléctricos con diversos rangos de velocidad que han sustituido a la trefina y a la sierra de Gigli que requerían el uso de gran fuerza para la resección de placas óseas. Actualmente los driles o taladros rotatorios, son utilizados para la realización de trépanos y levantamiento de colgajos óseos, así como para el fresado de estructuras óseas como los procesos clinoides, parte del hueso temporal y protrusiones óseas de la base del cráneo. Estos, se han acompañado además, de disectores y protectores duros, en diversas formas y prototipos, que actúan como accesorio para dichos taladros, teniendo como función, el proteger a los tejidos adyacentes (duramadre y cerebro) de la lesión mecánica potencial de la fresa cortadora o fresadora y además, favoreciendo la disección anticipada duramadre-tabla interna, del sitio por donde pasara la fresa cortadora para el levantamiento de la placa ósea.

Es importante que el neurocirujano se capacite en el uso de estos implementos en el laboratorio antes de utilizarlos en el paciente, dicho entrenamiento permite lograr un mejor control del aparato y obtener una exquisita sensibilidad que orienta sobre las diversas densidades de las placas óseas sobre las cuales se trabaja, logrando con ello distinguir incluso por la densidad del hueso fresado la proximidad de la tabla interna y la duramadre, lo cual evita lesiones a los tejidos. La mayoría de los drills o taladros rotatorios existentes en el momento funcionan entre velocidades de 10,000 a 100,000 rpm (revoluciones por minuto). Aquellos con velocidades mayores a 25,000 rpm permiten con facilidad y rapidez la realización de craneotomías. Sin embargo, tales velocidades pueden acarrear daño a estructuras neurovasculares, si éstas se ponen en contacto con el taladro rotatorio, ya sea por lesión mecánica directa o bien por la transmisión del calor que originan durante su funcionamiento. Trabajos finos pueden ser realizados con equipos de alta velocidad como el dril de Midas Rex™, el dril MedNext™ y el dril Zimmer™.

Algunos neurocirujanos prefieren taladros de baja velocidad para trabajar cerca de áreas críticas. Osteotomías craneales, como las realizadas en el corte de los procesos orbitarios, requieren de una sierra recíproca, que se adapta a estos sistemas, favoreciendo un corte más cómodo de placas óseas alargadas, en lugares poco accesibles para una sierra de corte lateral. Durante el fresado y corte, el neurocirujano debe contar con un buen soporte y sus movimientos deben ser lentos y cuidadosos. La irrigación constante con solución salina debe acompañar al fresado para evitar en calentamiento de estructuras y mejorar la remoción ósea.

## ANTECEDENTES DE UN NUEVO CRANEOTOMO ELECTRICO

Dentro del ámbito de los procedimientos quirúrgicos, actualmente se requieren de más opciones tecnológicas para llevar a cabo, con más rapidez, mayor eficiencia y lo más importante tal vez, menor costo, la gran cantidad de operaciones o procedimientos quirúrgicos, que se realizan a diario en todos los hospitales de nuestro país.

Gran cantidad de pacientes, esperan que nuestros hospitales se provean, de costosos sistemas de corte y fresado, requeridos para sus intervenciones, llegando al rápido desabasto por la gran demanda y su costo elevado, quedando limitados, a los pocos pacientes que cuentan con recursos económicos para garantizar el costo de su uso en sus intervenciones, ya sea en forma pública (arrendamiento de equipos a hospitales) o privada.

Otra situación común, es que el personal médico deba mantener hospitalizado un paciente esperando que éste, contrate los servicios de compañías que rentan dichos sistemas, debiendo en ocasiones, esperar por varios días para ser intervenido y que en última instancia y en la mayoría de los casos, terminan siendo intervenidos con las clásicas técnicas manuales (sierra de Gigli) o incluso, con improvisación de instrumental, que retrasan y prolongan el tiempo en que se realizan las intervenciones y exponen los tejidos a mayor trauma y daño, prolongando el tiempo anestésico y retrasando la aplicación de la hemostasia sobre los bordes óseos de la craneotomía.

Como se mencionó previamente, en la actualidad existen sistemas de fresado y corte quirúrgicos, como Midas Rex™ de la empresa Medtronic™, (sin duda, líder en este campo), que son utilizados principalmente para cortar y fresar estructuras óseas durante las operaciones. Son el caso, de especialidades como Neurocirugía y Ortopedia, quienes relacionadas más, con este tipo de estructuras, (a decir del cráneo, la columna vertebral en todas sus porciones o bien los huesos largos de las extremidades), quienes requieren de estos sistemas para hacer más eficientes sus procedimientos, acortar el tiempo y disminuir el trauma de los tejidos adyacentes.

Los mayoría de estos sistemas que actualmente se utilizan, se basan principalmente en el uso de sistemas neumáticos, que utilizan tanques de hidrogeno o bien sistemas eléctricos, que le dan potencia a un motor, ubicado en una estructura parecida a un bolígrafo y en cuya punta, se acopla una fresa que corta, desgasta o pule, tejidos como el hueso.

El costo de adquisición por compra para los hospitales, de dichos sistemas varía aproximadamente en promedio desde los 20,000 a los 45,000 dólares. Siendo además, que el costo y gasto aproximado por el uso de los materiales consumibles en cada cirugía es de aprox. 600 – 700 dólares por procedimiento, costo inaccesible en muchos de nuestros hospitales, tanto públicos como privados.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a lo expuesto anteriormente, consideramos que es fundamental que se cuente con nuevas opciones que sustituyan a los métodos manuales de realización de craneotomías ya descritos (trefina, sierra de Gigli) y que aporten los beneficios técnicos del uso de sistemas de taladros motorizados (Midax Rex™), pero que a la vez sean también accesibles en el aspecto económico para pacientes y hospitales de todos los niveles.

Proponiendo pues como interrogante, ¿Si es posible el diseño, adaptación e implementación de una pieza disectora y protectora de tejidos, hecha de acero inoxidable, la cual pueda adaptarse universalmente a cualquier sistema motorizado, en este caso idealmente al sistema DREMEL XPR™, para la realización craneotomías y craniectomías de forma segura, eficiente y barata?

#### 4. JUSTIFICACION

La realización de Craneotomías es una práctica que se realiza a diario y en casi todos los turnos quirúrgicos de los hospitales de nuestro país, donde existe la especialidad Neuroquirúrgica. Patologías craneales de todo tipo, ameritan y requieren una apertura craneal rápida, con un control de la hemostasia eficiente y una optimización del tiempo quirúrgico y anestésico, e inclusive algunas, como el trauma craneoencefálico, no admiten margen de espera en ningún aspecto, ni demora en el uso de la tecnología necesaria para su eficaz tratamiento.

Durante los últimos meses en el servicio de Neurocirugía del Hospital General de México, se dejó de contar con los recursos suficientes (mantenimiento, brocas cortadoras y fresadoras) para sostener eficientemente el único sistema motorizado eficiente con que se contaba (Midas Rex™ clásico), debido también a fallas en el mismo y al elevado costo que representaba su reparación.

Desde entonces fue frecuente la falta y escases de equipos motorizados para realización de craneotomías y craniectomías, tanto en cirugías programadas como en cirugías de urgencia. Al mismo tiempo que el uso de sistemas manuales retrasaba el tiempo quirúrgico y aumentaba el tiempo anestésico. Fue entonces y en este contexto, que el craneotomo desarrollado hasta ese momento, se convirtió en una opción de urgencia para solventar algunos de estos problemas, teniendo la necesidad de utilizarlo principalmente durante las guardias en urgencias quirúrgicas, cuando no se disponía del instrumental neuroquirúrgico apropiado.

El Hospital General de México es un centro hospitalario de concentración, al cual acuden



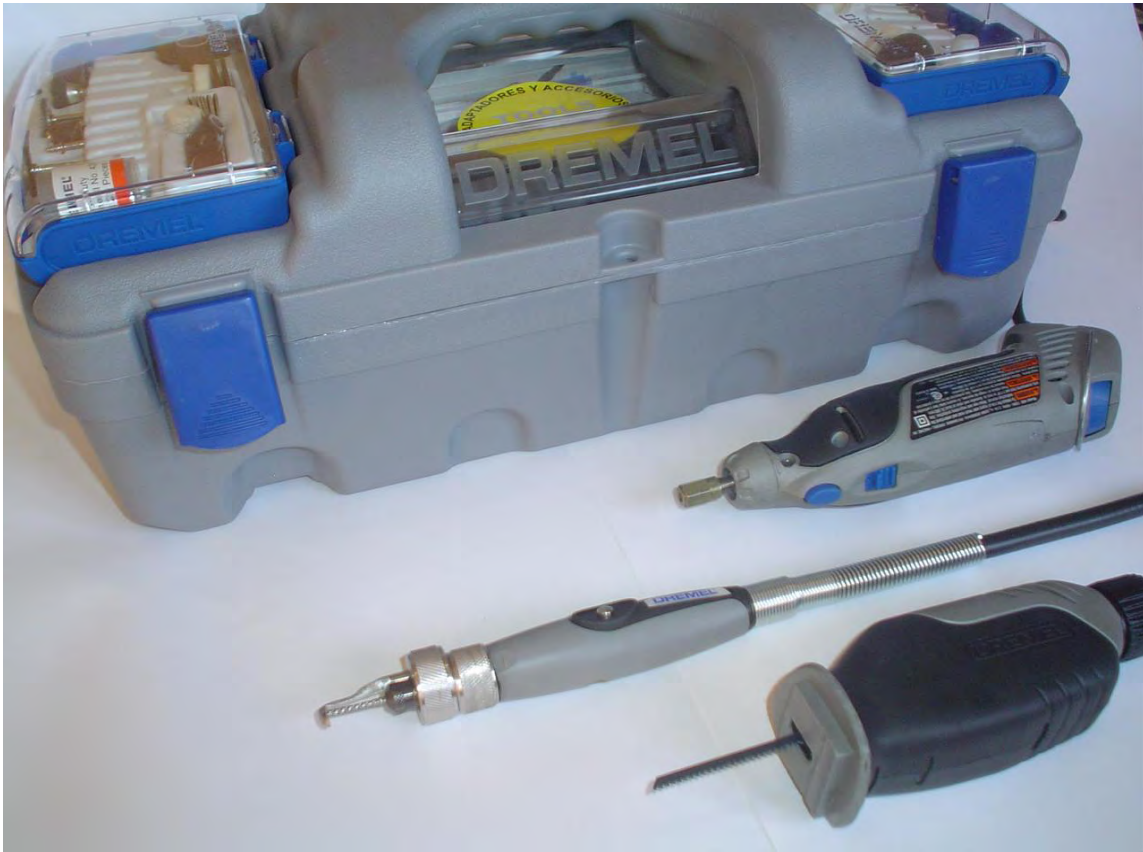
pacientes con todo tipo de patologías intracraneales y es por ello, que es fundamental contar con una nueva opción para la realización de craneotomías, que permita trabajar con tecnología más barata y accesible, como el uso de la energía eléctrica, el uso de brocas de corte lateral de menor costo y con posibilidad de rehúso tras la esterilización y que además garantice el acceso a los procedimientos de absolutamente todos los pacientes, sin importar su capacidad económica, pero conservando a la vez la eficiencia, rapidez y precisión de los sistemas motorizados antes mencionados, permitiendo su uso a todos los neurocirujanos en la realización de todas las craneotomías.

Es preciso comentar que durante el período 2004-2007, se inició la práctica y realización de modelos anatómicos, abordajes de base de cráneo y disecciones en el cadáver por áreas del Sistema Nervioso Central (cráneo y columna vertebral), todo ello con la finalidad de proporcionar material didáctico adicional en el modelo enseñanza-aprendizaje de los alumnos de la facultad de medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Con el apoyo del Dr. Joaquín Reyes Téllez, se inició dicho trabajo en cadáveres proporcionados en el centro de enseñanza y adiestramiento quirúrgico, en el edificio de Posgrado de la UNAM. Inicialmente se trabajó con sierra de Gigli para la realización de las craneotomías requeridas, pero ante las constantes laceraciones durales ocasionadas por ésta, en la de por sí, adosada unión duramadre-tabla interna del cadáver y ante la lentitud del procedimiento, se optó por diseñar y adaptar un craneotomo para la realización de craneotomías y craniectomías más precisas y rápidas, pensadas inicialmente solo para el uso en cadáver y que a la larga, demostraría su potencial eficacia también en pacientes.

Después de trabajar por 14 meses, con múltiples materiales y diseños, se logró terminar un Disector y Protector Quirúrgico, hecho de acero inoxidable, que pudiese adaptarse a múltiples taladros o sistemas de motor, de baja, media o alta velocidad, que contaran con sistemas propios de brocas, para corte y fresado.

Como modelo idóneo para su acoplamiento, se seleccionó desde un inicio, el modelo de DREMEL XPR 400™, que es un motor con 35,000 RPM y que se adapta perfectamente a la pieza antes mencionada, incluyendo una conexión directa al motor y otra adaptada a una pieza de mano con que cuenta dicho aparato. Resultando en un kit completo para la realización de los procedimientos como se muestra a continuación. (Fig. 1)



*Fig 1. Modelo Dremel XPR, con pieza de mano acoplada al motor principal.*

Otra de las ventajas del Protector y disector quirúrgico diseñado, es que contaba con un verdadero disector de tejidos, curvo, ángulo de 90 grados, que termina en una punta curva, en cuyo extremo hay una terminación roma que separa o disecciona con gran exactitud los tejidos sin lastimarlos y sin traspasarlos o romperlos, funcionando como un protector, entre los tejidos y las brocas cortadoras que se utilizan. Reduciendo el tiempo quirúrgico en que se realizarían los cortes al hueso. Hecho además de acero inoxidable, que lo haría resistente a cualquier tipo de método de esterilización, sin daño a su estructura interna o externa.

Se presento el diseño y la pieza final con sus múltiples variantes, así como los dibujos que representan la adaptación ante la oficina de patentes, los cuales actualmente están en trámite y revisión y se presentan a continuación. (Fig. 2,3,4 y 5)

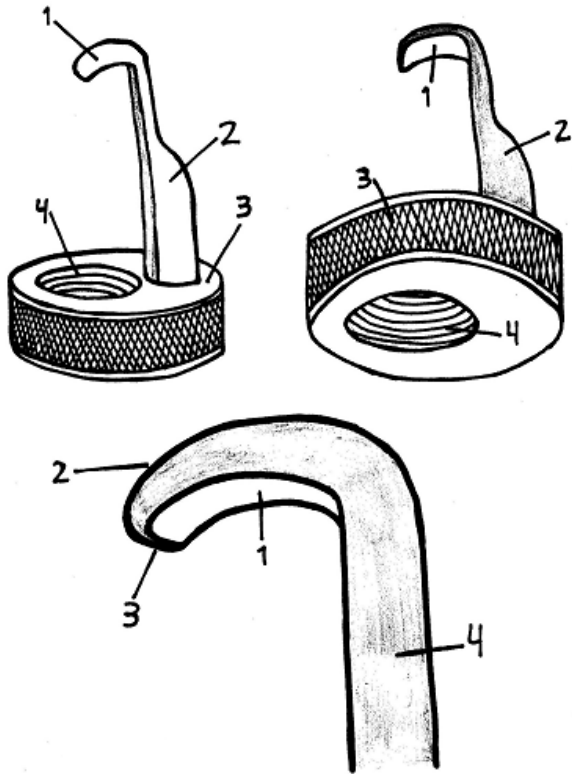


Fig 2. Disector con base de acoplamiento

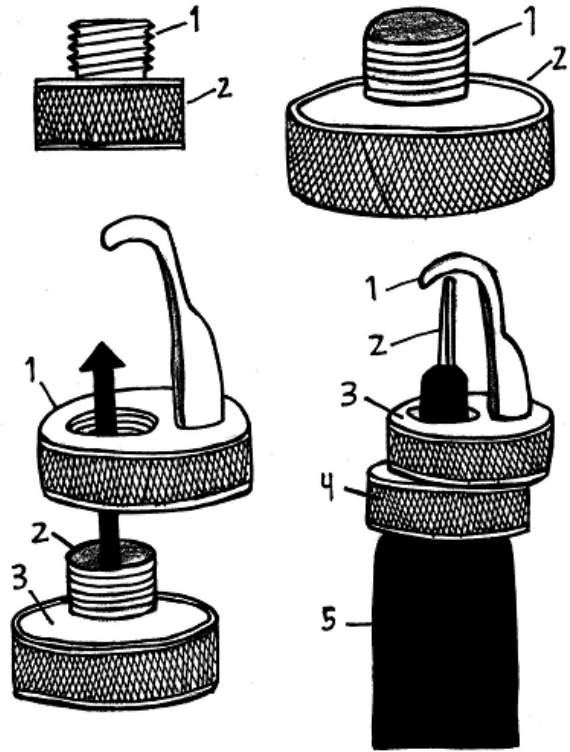


Fig 3. Disector acoplado a Dremel XPR

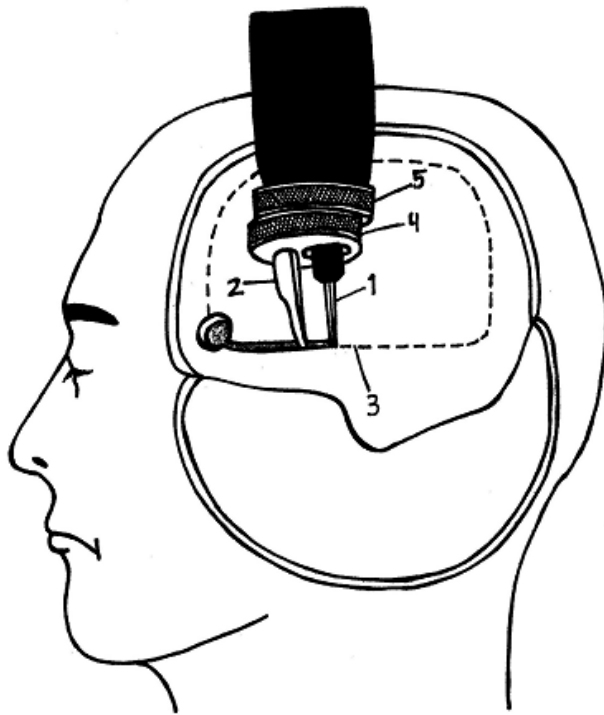


Fig 4. Aparato funcionando conjuntamente

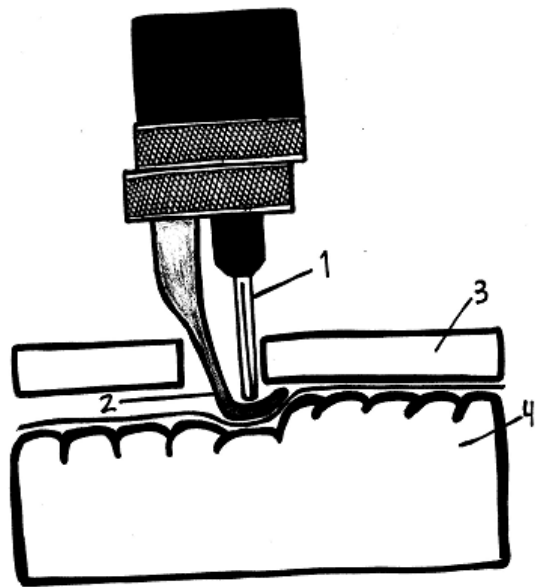


Fig 5. Disector protegiendo y disecando

## 5. HIPOTESIS

Consideramos que el acoplamiento de una pieza de acero inoxidable, diseñada como protector y disector dural, a cualquier motor de bajo costo (DREMEL XPR 400™ idealmente), para su funcionamiento como craneotomo eléctrico, obtiene resultados óptimos en eficiencia y seguridad para la realización de craneotomías en pacientes que ameritan la realización de dichos procedimientos quirúrgicos.

## 6. OBJETIVOS

### Objetivo Principal

-Desarrollar y adaptar una pieza de acero inoxidable, como disectora y protectora dural, que acoplada a un motor eléctrico de bajo costo, aunado a una broca de corte lateral, logre la realización de craneotomías de forma rápida, precisa y sin daño a los tejidos.

### Objetivos Secundarios

-Adaptar los componentes del taladro rotatorio, DREMEL XPR™, para que aunados a la pieza previamente diseñada, logren un funcionamiento mecánico óptimo durante la realización de los cortes craneales.

-Implementar la pieza disectora-protectora y el taladro Dremel XPR™, como sistema de craneotomo eléctrico para su uso en cirugías neurológicas.

-Demostrar que el craneotomo planteado tiene resultados satisfactorios y favorables en cuanto al tiempo de realización de las craneotomías, incluso similares a los logrados por los sistemas modernos motorizados actuales, ya mencionados previamente.

-Demostrar que el craneotomo, a pesar de ser operador-dependiente, tiene baja incidencia de daño o desgarro dural durante la disección duramadre-tabla interna realizada por el disector diseñado.

-Demostrar que el craneotomo es seguro y que las temperaturas alcanzadas durante el corte, aunadas a la irrigación de solución, no dañan ni originan lesiones térmicas a los tejidos, conservando temperaturas aceptables para los tejidos durante el procedimiento.

## 7. MATERIAL Y METODOS

### Estudios Preclínicos

Se realizaron inicialmente, pruebas en cráneo de 10 cadáveres, conservados en formol, utilizados para disecciones por los alumnos de la facultad de medicina de la Unam, utilizando el DREMEL XPR 400™, con la pieza de mano montada sobre el motor

principal, se acopló el disector y protector dural ya mencionado a la pieza de mano y se realizaron 30 cortes, (3 por cada cadáver), iniciando con solo un trépano para entrada y salida del craneotomo; los cortes en forma de placas óseas, algunos en forma cuadrilátera y otros en forma circunferencial, aprox. 100cm lineales por corte.

Se revolucionó el motor a 35,000 rpm por 5 y 10 minutos, en seco y bajo flujo continuo de agua fría 22 grados. Se midió la temperatura máxima que se alcanzaba en el exterior del sistema de protección dural, así como el calentamiento del motor, utilizando un IR (infrarrojos) Thermometer Radio Shack™ R cat, No. 22-325, observando un calentamiento de 44.3°C y 46.3°C a nivel del protector dural a los 5 y 10 minutos respectivamente en seco y de 26.4°C y 29.3°C bajo flujo continuo de agua, a los 5 y 10 min., respectivamente. Se sometieron las brocas cortantes a uso rudo y en ningún caso hubo ruptura de alguna de ellas, se mantuvo una integridad dural en el 97% de los cortes, aún a pesar de saber que el cadáver tiene una duramadre bastante más adosada a la tabla interna que el encontrado en pacientes intervenidos.

Se obtuvo un corte bastante suave a 35,000 rpm, aunque este podía llevarse a cabo con solo 15,000 rpm, aunque más lentamente. El funcionamiento del equipo fue bastante eficiente y seguro, realizando satisfactoriamente los cortes craneales, como se muestra a continuación. (Fig. 6, 7 y 8)



*Fig 6. Cortes a cadáver, un trepano para entrada y salida del craneotomo.*



*Fig 7. Corte a cadáver, trepano para entrada, craneotomía circunferencial, duramadre integra*



*Fig 8. Corte a cadáver, trepano para entrada, craneotomía, duramadre integra*

### Esterilización del Equipo

Se definió como método para la esterilización del equipo el uso de gas, en la CEYE central de Quirófanos centrales del Hospital general de México. El equipo se introducía en una membrana semipermeable y esta a su vez en una membrana difusora de gas (Oxido de Etileno). El paquete completo estaba integrado por el motor principal, pieza de mano, pieza disectora y juego de brocas cortantes, pulidoras y fresadoras, todo ello se



colocó en un esterilizador por un ciclo de 12hs. Después de dicho tiempo se dejaba airear por 6 hs y se conservaba en la CEYE de quirófanos del pabellón de Neurocirugía a disposición del equipo médico para su utilización en caso necesario. Se muestra en la Fig. 9, la pieza de mano con la pieza disectora atornillada y la broca cortante colocada (foto izquierda), en la otra imagen se muestra el pequeño motor, la pieza de mano y la pieza disectora junto al resto del equipo en su estuche (foto derecha). En la foto inferior, se muestra las brocas utilizadas para pulir, fresar y las brocas cortantes, así como el kit de utensilios necesarios para el manejo del aparato (Fig. 10).



*Fig 9. Pieza de mano con pieza disectora colocada (izquierda). Estuche completo con motor principal, pieza de mano y disectora.*



*Fig 10. Kit de utensilios para el manejo con el aparato, brocas cortadoras (abajo), brocas fresadoras (arriba) y resto de adaptadores para uso de las brocas.*

## 7.1 Tipo de Estudio

El presente estudio corresponde al reporte de una Serie de Casos realizados e intervenidos quirúrgicamente con el implemento diseñado y acoplado al motor Dremel XPR 400™ para su funcionamiento como craneotomo eléctrico.

## 7.2 Universo de trabajo

Se abarcaron los pacientes del Hospital General de México ingresados directamente en el pabellón de neurocirugía o ingresados a través del servicio de urgencias adultos, que contaban con patología neuroquirúrgica y que ameritaron la realización de una craneotomía o craniectomía descompresiva de urgencia con la utilización del Craneotomo en cuestión, para drenaje de hematoma epidural, subdural agudo o parenquimatoso, contemplando además que en dicho momento, no se contaba con el material necesario para la realización convencional de la craneotomía (material sin esterilizar, falta de equipos) teniendo como opción la presencia del acoplamiento Dremel-pieza disectora, que fue utilizado en dichos procedimientos. El número total fue de 12 pacientes intervenidos.

## 7.3 Medición de variables a evaluar

Perímetro del corte óseo, expresado en centímetros lineales, midiendo la circunferencia del corte con una seda 1-0 y luego ésta con una cinta métrica con escala en centímetros y milímetros.

Tiempo de realización del corte completo, tomando tiempo con cronómetro y expresado en minutos y segundos, a partir de ingresado el craneotomo con su broca de corte lateral y pieza disectora en el trépano único y hasta la salida del mismo por el trepano mencionado y habiendo completado el corte óseo completo.

Integridad de la Duramadre, con presencia o no, de desgarró o apertura dural a consecuencia del paso del disector.

Temperatura del craneotomo en el sitio de mayor fricción (disector, broca cortante-placa ósea) durante la realización del corte óseo bajo irrigación de agua a 25° grados, medida con un Termómetro IR (infrarrojos) Thermometer Radio Shack™ R cat, No. 22-325.

## 8. Resultados

Se realizaron un total de 12 procedimientos, en todos ellos se realizó un trepano único para entrada y salida del craneotomo, con realización del corte óseo con el sistema ya mencionado. Se utilizó una fresa para realización del trépano y una broca de corte lateral Dremel™ para realizar el corte óseo, con un costo aprox. de 32 USD en total, por cirugía.

No hubo ruptura de ninguna fresa o broca en ninguno de los procedimientos. Se realizaron 12 cortes óseos, de los cuales, 3 fueron craniectomías y 9 craneotomías, en un total de 3 mujeres y 9 hombres, todos los pacientes tenían hipertensión intracraneal concomitante a su patología principal.

La mayoría de los casos que involucraron varones estuvieron relacionados con los efectos de Trauma craneal y en el caso de las mujeres 2 casos estuvieron relacionados con Emergencias hipertensivas y 1 caso de hematoma Subdural Agudo por Hemofilia. Sólo se produjo 1 caso de desgarró dural en un paciente de 80ª con un Hematoma Subdural Agudo, con una extensión de 2cm, el cual fue debidamente reparado.

Los perímetros de corte variaron desde 17.4cm hasta el más extenso que correspondió a una craniectomía amplia de 42cm. El tiempo varió en proporción a la extensión de la craneotomía pero también al cuidado y precisión para realizar una adecuada disección de la duramadre-tabla interna, con el disector diseñado.

El menor tiempo correspondió a 50 segundos para un corte de 17.4cm en la región temporoparietal y el mayor correspondió a 2 minutos 15 segundos para un corte de 42cm abarcando una zona frontotemporoparietal.

Respecto a la velocidad de corte alcanzada por el craneotomo, la velocidad menor registrada fue 14.28cm/min, para una craneotomía de 25cm realizada en 1minuto 45 segundos. Mientras que la velocidad mayor alcanzada fue de 20.96cm/min, para una craneotomía de 17.4cm, realizada en 50 segundos.

El promedio de velocidad encontrada en los 12 cortes realizados fue de 16.36 cm/minuto. Es importante recordar que los rebordes óseos internos requieren especial disección para evitar el desgarró dural, lo cual puede alargar o acelerar el tiempo de realización del corte óseo.

Respecto a la temperatura alcanzada durante los procedimientos, medida con un IR (infrarrojos) Thermometer Radio Shack™ R cat, No. 22-325, el cual fue apuntado a 15 cm. del sitio de realización del corte; se encontró como la menor temperatura alcanzada

28.4°C con el sistema bajo irrigación continua, mientras que la mayor temperatura alcanzada fue de 32.6, que corresponde con la craneotomía más extensa y la realizada en el mayor tiempo.

El promedio de temperatura alcanzado en los 12 procedimientos fue de 29.9°C; no se observó ninguna lesión térmica originada en los bordes óseos o duramadre.

En ninguno de los procedimientos se registraron daños macroscópicos a la corteza cerebral por el paso del disector sobre la duramadre, así como tampoco efectos o alteraciones electrocardiográficas concomitantes al uso del craneotomo eléctrico en cuestión durante la realización de la craneotomía, siendo estos efectos observados y registrados mediante la monitorización anestésica transoperatoria. Así pues ningún caso de electrocución fue observado.

Respecto a las normas de prevención de Procesos Infecciosos Nosocomiales, el aparato fue sometido a la esterilización convencional en gas previamente mencionada y se realizó la profilaxis convencional llevada a cabo en nuestro pabellón, en cada paciente, consistente en 1gr de Cefalotina I.V. preoperatorio, trans y posoperatorio.

No se registró ningún proceso infeccioso (infección sitio operatorio, meningitis y/o osteomielitis) posterior a la realización de las craneotomías realizadas. El costo final de la utilización del craneotomo por procedimiento, incluyendo el costo de la broca fresadora y la broca de corte lateral, así como el costo de mantenimiento del equipo fue de aprox. 40 USD por procedimiento.

Se exponen abajo las tablas que registran los datos de cada intervención realizada para su análisis detallado.

Cuadro No. 1. Muestra la serie de casos, de acuerdo a edad, sexo, patología involucrada, procedimiento realizado y la presencia o no de desgarro dural.

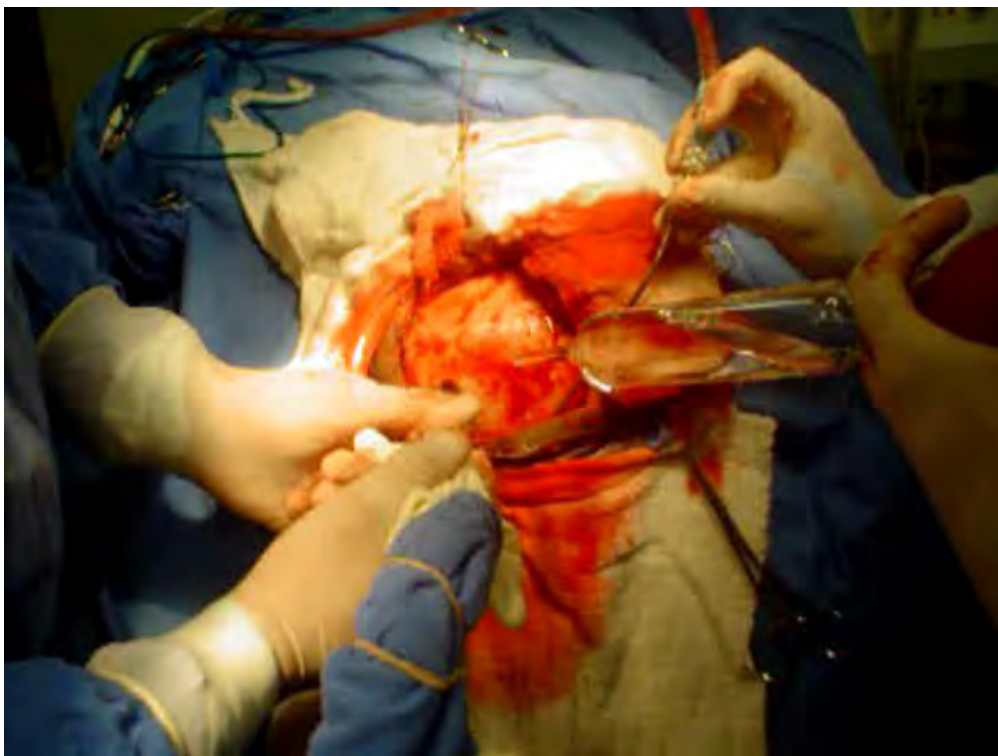
No.	Sexo	Edad	Patología	Tipo procedimiento	Desgarro Dural
1	MAS.	27 <sup>a</sup> .	Hematoma Epidural	Craneotomía Temporoparietal Derecha	NO
2	MAS.	48 <sup>a</sup> .	Hematoma Parenquimatoso Cerebeloso Hipertensivo	Craniectomía Suboccipital	NO
3	MAS.	60 <sup>a</sup> .	Hematoma Subdural Agudo	Craneotomía Frontotemporal Derecha	NO
4	MAS.	23 <sup>a</sup> .	Hematoma Epidural	Craneotomía frontal unilateral Izquierda	NO
5	MAS.	54 <sup>a</sup> .	Hematoma Subdural Agudo	Craneotomía Frontotemporal Derecha	NO
6	FEM.	44 <sup>a</sup> .	Hematoma Parenquimatoso Hipertensivo	Craniectomía Parietal Izquierda	NO
7	MAS.	31 <sup>a</sup> .	Hematoma Epidural Occipital	Craneotomía Occipitoparietal Derecho	NO
8	MAS.	80 <sup>a</sup>	Hematoma Subdural Agudo	Craneotomía Temporoparietal Izquierdo	SI, 2cm
9	MAS.	53 <sup>a</sup> .	Hematoma Parenquimatoso Hipertensivo	Craneotomía frontoparietal Izquierda	NO
10	FEM.	58 <sup>a</sup> .	Hematoma Parenquimatoso Hipertensivo	Craneotomía Parietal Derecha	NO
11	MAS.	35 <sup>a</sup> .	Hematoma Epidural	Craneotomía Temporoparietal Derecha	NO
12	FEM.	32 <sup>a</sup> .	Hematoma Subdural Agudo x Hemofilia	Craniectomía Frontotemporo parietal Izquierda	NO

Cuadro No. 2.

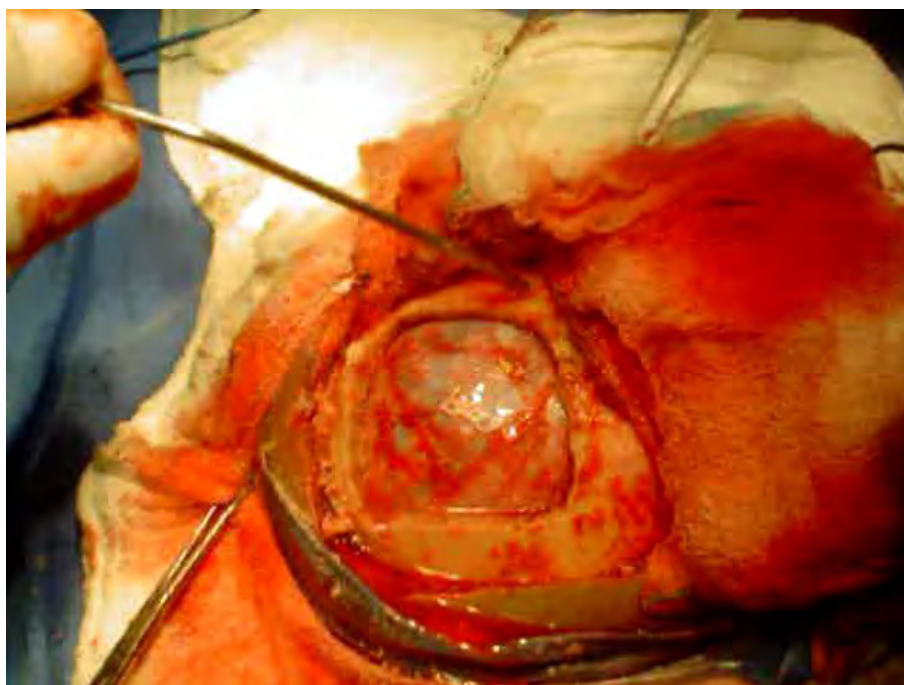
Resultados de acuerdo a zona del corte, perímetro, tiempo de realización del corte, velocidad y temperatura de los 12 casos realizados.

No.	Zona corte	Perímetro	Tiempo	Velocidad cm/min.	Temperatura
1	Temporoparietal	17.4cm	50 seg	20.96 cm/min	30.3°
2	Suboccipital	19.8cm	1min 10 seg	17.05cm/min	29.6°
3	Frontotemporal	22.5cm	1min 22seg	16.54cm/min	29.4°
4	Frontal	18.5cm	1min 18seg	14.23cm/min	28.9°
5	Frontotemporal	32 cm	1min 50seg	17.48cm/min	29.9°
6	Parietal	34.5cm	2min 05seg	16.58cm/min	30.1°
7	Occipitoparietal	26.5cm	1min 50 seg	14.48cm/min	30.8°
8	Temporoparietal	20.7cm	1min 30seg	13.8cm/min	28.4°
9	Frontoparietal	25cm	1min 45seg	14.28cm/min	29.8°
10	Parietal	27.5cm	1min 44seg	15.89cm/min	28.5
11	Temporoparietal	35.5cm	2 min 10 seg	16.43cm/min	31.2°
12	Frontotemporo parietal	42cm	2 min 15seg	18.66cm/min	32.6°

A continuación se muestra imágenes de los cortes realizados con el craneotomo HGM en la secuencia de trepano y realización de craneotomía.



*Fig 11. Esquema muestra fotografía del inicio de una craneotomía parietal, realización de un trepano corte cuadrangular de craneotomía para drenaje de hematoma parenquimatoso hipertensivo.*



*Fig 12. Esquema muestra fotografía de la craneotomía terminada, un solo trepano de entrada y salida, no hay desgarrar de la duramadre.*

## 9. Discusión

El elevado costo de adquisición y operación de los actuales sistemas de corte y fresado que existen en el mercado, orilla al médico a buscar otras formas de sustituir, adaptar o desarrollar métodos para llevar a cabo la realización de craneotomías con sistema que sean más prácticos, más fáciles de transportar, que requieran energía más accesible como la eléctrica y que sean baratos tanto en sus consumibles como en su mantenimiento.

Es por ello que taladros de motor, como Dremel XPR™ utilizado comúnmente para actividades no médicas se han convertido en una opción para realizar actividades dentro de los hospitales y aunado a las adaptaciones diseñadas ya mencionadas, logra realizar el mismo trabajo que los sistemas líderes como Midas Rex™, pero a un costo bastante más accesible.

El trabajo de varios meses ha llevado a realizar cada vez mas adaptaciones que vayan mejorando el desempeño mecánico y rendimiento del craneotomo, poniendo especial interés en que siga siendo seguro y no lesione los tejidos a los que se expone (duramadre, cerebro), cumpliendo a la vez eficientemente con sus funciones. Es importante mencionar que el craneotomo es operador dependiente, por lo que deberá ser utilizado por personal entrenado en el difícil arte del corte y fresado de estructuras óseas, para lo cual se requiere un entrenamiento progresivo y continuo, que le da al cirujano una exquisita sensibilidad para saber cuando hay que parar.



## 10. Conclusión

Hasta el momento con los datos obtenidos por el uso del Craneotomo HGM en cadáveres y posteriormente la serie de casos realizada en 12 pacientes, es posible afirmar que el craneotomo en cuestión, es útil, pues por un costo menor, se realiza el mismo trabajo que el resto de sistemas de fresado y corte existentes en el mercado.

Podemos concluir también que es un sistema seguro que no causa daños a los tejidos cuando es utilizado por personal entrenado y que resulta una opción confiable para la realización de craneotomías y craniectomías. Sin embargo es importante la realización de un protocolo y ensayo clínico, comparativo, prospectivo y controlado para darle mayor rigor científico a las conclusiones anteriormente expuestas.

## 11. Bibliografía

1. A.W. ADSON. Evolution of Neurosurgery. Surgery 25:91-100, 1949.
2. M. AUVRAY. Maladies du Crane et de l'Encéphale. Nouveau Traité de Chirurgie Clinique et Opératoire. En: P.DELBET y
3. A. SCHWARTZ (Eds.). Vol.XVI. 30ª Edic. Librairie J.B. Baillièrre et Fils. Paris. 1931.
4. M.AUVRAY y A.MOUCHET. Maladies du Raquis et de la Mœlle. Librairie J.B. Bailliere et fils. Paris. 1913.
5. C.BALLANCE. Glimpse into History of Surgery of Brain. Lancet 1:111-116,1922.
6. C.BALLANCE. Dawn and epic of Neurology and Surgery. Jackson, Willien, Co. Glasgow. 1930.
7. P.BELTRAN DE HEREDIA Y VELASCO. Arteriografía Cerebral. Libr. Hernández. Salamanca. 1932.
8. J. H.BREASTED. The Edwin Smith surgical papyrus. University Chicago Press. Chicago. 1930.
9. J. BROWDER. Advances in Neurological Surgery during the past 50 years. Am.J. Surg. 51:164-187,1941.
10. C.A.CALVERT. Development of Neurosurgery. Ulster Med.J.15: 123-140,1946.
11. R. CASSIRER. Enfermedades de la Médula Espinal y de los Nervios Periféricos. Manuel Marín. Barcelona. 1921.
12. F.CLIFFORD y W.F.BYNUM. Historical aspects of the Neurosciences. Raven Press. New York. 1982.
13. S.COBB. One Hundred years of progress in Neurology, psychiatry and Neurosurgery. Arch.Neurol.Psychiat.(Chicago) 59:63-98,1948.
14. B.CUNEO. Maladies des Nerfs. Nouveau Traité de Chirurgie. En: A.LE DENTU y P.DELBET (Ed.). Vol.X. Librairie J.B. Baillièrre et Fils. Paris. 1911.
15. A.CHIPAULT .L'Etat Actuel de la Chirurgie Nerveuse. J.Rueff Editeur. Paris. 1902. 2 Vols.
16. J.DIEZ. Cirugía del Simpático Lumbar. Librería Edit. El Ateneo. Buenos Aires. 1931.
17. R.M.P. DONAGHY. The History of Microsurgery in Neurosurgery. Clinical Neurosurgery Vol.26:619-625, 1979.
18. N.DOTT. The History of Surgical Neurology in the Twentieth Century. Proc.R.Soc.Med.64:1051-1055,1971.
19. J.E.ERICASEN. La Ciencia y el Arte de la Cirugía. Imprenta de Enrique Teodoro. Madrid. 1983. Vols. 2 y 3.
20. L.ESTELLA BERMUDEZ DE CASTRO. Introducción a la Cirugía del Simpático. Bloqueos Anestésicos. Industrias Gráficas. Madrid. 1944.
21. R.G.FISHER. Recent advances in neurosurgical techniques. Historical considerations. Adv.Neurol.15:221-233,1976.
22. W.J.GARDNER. Half Century in Neurosurgery. Surg.Clin.N.Amer.58,5:945-951,1978.
23. L.GIL. Therapeia. La Medicina Popular en el Mundo Clásico. Edic. Guadarrama. Madrid. 1969.

24. M.GOMEZ DURAN. Heridas Penetrantes de Cráneo. Librería Santarén. Valladolid. 1940.
25. D.GRASSET. Diagnostic des Maladies de l'Encéphale. J.B.Baillière et Fils. Paris. 1901.
26. D.GRASSET. Anatomie Clinique des Centres Nerveux. Librarie J.B.Baillière et fils. Paris. 1902.
27. D.GRASSET. Diagnostic des Maladies de la Mœlle. Librarie J.B.Baillière et Fils. Paris. 1908.
28. N.GULEKE. Operaciones en el Cerebro y Cráneo. Operaciones en la Columna Vertebral y Médula Espinal. En: M.KIRSCHNER (Ed.). Tratado de Técnica Operatoria, General y Especial. Tomo II. Primera Parte. Edit. Labor. Barcelona. 1940.
29. H.O.HANDWERKER. Classical German Contributions to Pain research. Handwerker Brune. 1987.
30. H.G. HORRAX. Neurosurgery. An Historical Sketch. Charles C.Thomas. Springfield, Ill. 1952.
31. R.N. DE JONG. A History of American Neurology. Raven Press. New York. 1982.
32. F.KRAUSE. Tratado de las Operaciones Quirúrgicas. T.III. Cirugía de la Cabeza. Edit. Saturnino Calleja Fernández. Madrid. 1915.
33. P.LAIN ENTRALGO. Historia de la Medicina. Edit. Salvat. Barcelona. 1982.
34. H.LANGE-COSACK. Cirugía de la Cabeza, del Raquis y de los Nervios. En: M.KIRSCHNER y O.NORDMANN (Eds.). Cirugía. Tomo III. Edit. Labor. Barcelona. 1950.
35. Ch.LENORMANT. Cabeza y Cuello. Librería Sintés. Barcelona. 1932.
36. R.LERICHE. La Cirugía del Dolor. Edic. Morata. Madrid. 1942.
37. F.MANDL. Bloqueos Paravertebrales. Publ. Médicvas. Barcelona. 1950.
38. Th DE MARTEL y J GUILLAUME. Les Tumeurs Cérébrales. Leurs Manifestations, leur Traitement Chirurgical. G. Doin et Cie. Paris. 1931.
39. E.MEYER. Enfermedades del Cerebro y de la Médula Oblongada. Manuel Marín. Barcelona. 1921.
40. G.MICHEL. Les Traumatismes Fermés du Raquis. Masson et Cie. Paris. 1933.
41. D.MILLER. Development of Neurosurgery. Med.J.Aust. 1:455-458,1963.
42. P.OUVARD. Le Diagnostic dans les Affections de la Colonne Vertébrale. Masson et Cie. Paris. 1928.
43. D.PAULIAN. Tumeurs de l'encéphale. Masson et Cie. Paris. 1935.
44. W.PENFIELD. Neurosurgery, yesterday, today and tomorrow. J.Neurosurg.6:6-12,1945.
45. PIERRE MARIE et al. Semiologie Nerveux. Nouveau Traité de Médecine et de Thérapeutique. En: A.GILBERT y L.THOINOT (Eds.). Vol. XXI. Librairie J.B.Baillière et Fils. Paris. 1911.
46. C.PILLHER. Fifty years of Neurosurgery. J.Tenn.Med.Ass.38: 370-373,1945.
47. L.PUSEPP. Los Tumores del Cerebro. Su Tratamiento, Diagnóstico y Tratamiento Operatorio. Salvat. Barcelona. 1931.
48. E.SACHS. History and development of Neurological Surgery. P.B.Hoebar, Inc. New York. 1952.

49. E.SACHS. Fifty years of Neurosurgery. A Personal Story. Vantage Press. New York. 1958.
50. J.SANZ RAMOS. Cirugía de la Cabeza en los Traumatismos. Labores Gráficas González Serrano. Madrid. 1944.
51. J.E.SCARF. Fifty years of Neurosurgery. Int.Abstr.Surg. 101:417-513,1955.
52. H.SELYE. Tratado sobre el S.G.A. y las Enfermedades de Adaptación. edit. Científico-Médica. Barcelona. 1954. 2 Vols.
53. C.STAJANO. Sistema Neurovegetativo y Shock. Salvat. Barcelona. 1946.
54. R.STICH y M.MAKKAS. Errores y Peligros en las Operaciones Quirúrgicas. Edit. Labor. Barcelona. 1930.
55. M.THORAX. Técnica Quirúrgica Moderna. T.I. Consideraciones Operatorias Generales. Cirugía de la Cabeza y el Cuello. Principios de Cirugía Plástica. 2ª Ed. Salvat. Barcelona. 1953.
56. E.TOLOSA. Cirugía del Dolor. Barcelona. 1941.
57. A.E.WALKER. A History of Neurological Surgery. Williams and Wilkins. Baltimore. 1951.
58. A.E.WALKER. A History of Neurological Surgery. Hafner Publ. Co. New York. 1967.
59. A.E.WALKER. The dawn of Neurosurgery. Clin.Neurosurg.6:1-38,1959.
60. P.WERTHEIMER, M.DAVID. Naissance et croissance de la Neurochirurgie. Neurochirurgie 25:246-363,1979.
61. R.H.WILDIMS. A brief history of Neurosurgery. New Physician 14:211-215,1965.
62. R.H.WILKINS. Neurosurgical Classics. Johnson Reprint,Co. New York. 1965.
63. K.J.ZÜLCH. Otfrid Foester. Arzt und Naturforscher. Springer Verlag. Berlin. 1966
  
64. ALVARADO RAMIRO "Trepanaciones y deformaciones craneales en Tiwuanaco"
65. BALCAZAR JUAN MANUEL "Historia de la Medicina en Bolivia", Edición "Juventud" La Paz 1956).
66. COBO BERNABÉ, "Historia del Nuevo Mundo"
67. GRACILAZO DE LA VEGA, Inca "Comentarios Reales de los Incas" Buenos Aires 1943
68. GUAMAN POMA DE AYALA "Nueva crónica y Buen Gobierno" México 1930
69. RODRÍGUEZ RIVAS JULIO. "Médicos y Brujos en el Alto Perú" Edit Los Amigos del Libro Cochabamba 1989)
70. GIRAULT LOUIS, Kallawaya" París 1984 (reimpresión)
71. MARQUIEGUI JOSE MARÍA "Resumen historia del Ckollansuyo, Charcas, hoy Bolivia". Edit Salesiana Sucre 1938
72. SÁNCHEZ JAIME "Contribución a la Historia a la Medicina Chuquisaqueña" Arch. Bol de Med. 24; 1985
73. DIEPGEN, PAUL "Historia de la Medicina" Colección labor. Barcelona 1925
74. REAL CÉDULA DEL REY FELIPE II, expedida en Madrid el 18 de octubre de 1569: 13.- La coca en Bolivia, trabajo conjunto de W. Carter, P. Parkerson, M. Mamani y J. Morales. Editado en La Paz (Bolivia) en 1980.
75. GÓMEZ-GONZÁLEZ J. "Adolph Bandeliee y las trepanaciones aborígenes en Bolivia" Rev.Inst.Med "Sucre" LXXI: 127 (92) 2006

76. BEBERIÁN EDUARDO E. y Nielsen, Axel Directores. Historia Argentina Prehispánica, Tomo II. Editorial Brujas.
77. RAFFINO RAFAEL, Iturriza Rubén, Iacona Anahí, Capparelli Aylen, Gobbo Diego, Vázquez Rolando y García Montes Victoria: El capacñam Inka En el riñon valliserrano del Noroeste Argentino. P: 493 - 522.
78. SCHOBINGER JUAN, Ceruti María C: Arqueología de alta montaña en los Andes Argentinos. P: 523 - 560. \* Barcena Roberto: Prehistoria del Centro Oeste Argentino. P: 561 - 634.
79. BEBERIÁN E. y Roldán María F.: Arqueología de las Sierras Centrales. P: 635 - 692.
80. SERRANO ANTONIO. Los Aborígenes Argentinos. Síntesis Etnográfica. Ediciones Librería Paideia. Córdoba, Argentina. 2000. P: 15 - 90 y P: 244 - 259.
81. BOXIADOS ROXANA E. y Palermo Miguel A. Los Diaguitas otra Historia. Coquema Grupo Editor 1997.
82. SALINAS GARCÍA, Telmo. Historia del Perú, Civilización Preincaica. Ediciones Escuela Peruana Activa. 1965.
83. LASTRES JUAN B. Como se trataban las enfermedades nerviosas durante la colonia. Publicaciones de la Cátedra de Historia de la Medicina, UBA. Tomo III. Buenos Aires. 1940.
84. PENNA JOSÉ Y MADERO HORACIO. La administración Sanitaria y Asistencia Pública de la Ciudad de Buenos Aires. Tomo II. Editorial Kraft. Buenos Aires. 1910.
85. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la Lengua Española. Tomos I y II. Vigésimo segunda Edición. 2001 Espasa Calpe S.A.
86. WRIGHT IONE S. y Nekhom Lisa M. Diccionario Histórico Argentino. EMECE Editores, Brasil 1994.
87. ALCINA FRANCH, J.; PALOP MARTÍNEZ, J. (1988): *Los incas*. Biblioteca Iberoamericana, nº 1. Anaya, Madrid.
88. BOROBIA MELENDO, E.L.; MORA POSTIGO, C. (1995): "Un caso de trepanomatosis ósea en un cráneo femenino de la cueva de Soman en las Filipinas". En: *Proceedings of the 19th European meeting of the Paleopathology association. Barcelona 1<sup>st</sup>-4<sup>th</sup> September, 1992. Barcelona.*
89. CABIESES, F. (1974): *Dioses y enfermedades (la medicina en el antiguo Perú)*. EDT. Artegraf. Lima (Perú).
90. CLASTRES, P. (1987): *Investigaciones en Antropología política*. EDT: Gedisa, México.

91. ETXEBERRÍA, F.; HERRASTI, L.; VEGAS, J.I. (1995): "Arrow wounds during prehistory in the Iberian Peninsula with regard to San Juan ante Portam Latinam". En: *Proceedings of the 19th European meeting of the Paleopathology association. Barcelona 1<sup>st</sup>-4<sup>th</sup> September, 1992*. Barcelona.
92. DIEZ DE VELASCO, F. (1995): *Hombres, ritos, dioses. Introducción a la Historia de las religiones*. EDT. Trotta, Madrid.
93. FERNÁNDEZ DÍAZ-FORMENTÍ, J.M. (2000a): "La trepanación y cirugía de cráneo en el antiguo Perú (I)". *Revista Arqueología*, nº 230, Págs. 42-53, Madrid.
94. FERNÁNDEZ DÍAZ-FORMENTÍ, J.M. (2000b): "La trepanación y cirugía de cráneo en el antiguo Perú (II)". *Revista Arqueología*, nº 231, Págs. 42-51, Madrid.
95. FIEDEL, S.J. (1992): *Prehistory of the Americas*. Cambridge University Press, Cambridge.
96. HARRIS, M. (1991): *Culture, People, Nature. An Introduction to General Anthropology*. Harper & Row Publishers, Inc. New York.
97. LUCENA SALMORAL, M. (1987): *Historia de Iberoamérica, vol I: Prehistoria e historia Antigua*. EDT. Cátedra, Madrid.
98. MANN, R.W.; MURPHY, S.P. (1990): *Regional atlas of bone disease. A guide to Pathologic and Normal Variation in the Human Skeleton*. EDT. Chasles C. Thomas publisher. Springfield (Illinois, EE.UU.).
99. MANN, R.W.; MURPHY, S.P. (1990): *Regional atlas of bone disease. A guide to Pathologic and Normal Variation in the Human Skeleton*. EDT. Chasles C. Thomas publisher. Springfield (Illinois, EE.UU.).
100. PALLARÉS GONZÁLEZ, J.L. (1981): *Estudio antropológico del rito en la cultura inca del Perú*. Tesis doctoral inédita. Departamento de Antropología y Psicología. Facultad de filosofía y Ciencias de la Educación. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
101. SPENCE, L.(2000): *Incas, mayas y aztecas*. Edimat libros. Madrid.
102. Atlas of Neurosurgical Techniques, Brain, Laligam N. Sekhar, Thieme Medical Publishers, Inc.2006.