

ARBOTANTES CRANEALES: IMPLICANCIA ANATÓMICA EN FRACTURAS.

Cranial Buttress: Anatomical Implication in Fractures.

DR. GONZALO BONILLA*¹, SRA. MARÍA BERNARDOU*²,
SR. FABIÁN CASTRO BARROS*², SRA. MARÍA PADAY FORMENTI*²,
SRA. JULIETA RODRIGUEZ*² & SRA. PAULA ZAMBORANO*².



Dr. Gonzalo Bonilla

III CÁTEDRA DE ANATOMÍA, FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES,
CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA.

E-Mail de Contacto: gonzab@yahoo.com

Recibido: 04 – 02 – 2010

Aceptado: 15 – 03 – 2010

Revista Argentina de Anatomía Online 2010, Vol. 1, Nº 2, pp. 55 – 63.

Resumen

En la actualidad existen cada vez más traumatismos encefalocraneales, y por lo tanto fracturas de mayor complejidad producto del avance de la tecnología. El objetivo de este trabajo es instaurar una clasificación regional de fracturas en relación a los arbotantes y analizar el comportamiento de cada tipo de fractura a fin de aportar herramientas para el manejo del trauma craneal.

Se analizaron 12 cráneos humanos sometidos a máxima presión a fin de evaluar el comportamiento de los trazos fracturarios en relación a sus zonas fuertes y débiles clasificándose regionalmente a las fracturas de cráneo según sus áreas débiles o regiones en: clase I, clase II, y clase III, realizándose luego su comparación con 82 pacientes ingresados con diagnóstico de traumatismo de cráneo y fractura de cráneo asociada.

Existe una mayor incidencia de hombres (82,5%), y una edad media de 33,21 años, relacionándose con etiología, trauma abierto, aparición de fistulas, fracturas del macizo facial, Glasgow coma scale, pacientes operados (21,2%) y Glasgow outcome scale.

El esqueleto craneal, recubierto exteriormente por un periostio delgado esta tapizado en su cara interna por la duramadre. Estos huesos están constituidos por dos láminas de tejido compacto, la lámina o tabla interna y la lámina o tabla externa, entre las cuales se interpone una capa más o menos gruesa de tejido esponjoso llamado diploe que influye directamente sobre su índice de fractura.

Consideramos que el conocimiento anatómico de la región craneal y de sus arbotantes, así como una clasificación regional de sus áreas débiles, es una herramienta anatómica que permite inferir el comportamiento de las fracturas, su correlación con lesiones encefálicas y por consiguiente el pronóstico del paciente, así como también en la bioingeniería para la conformación de elementos de seguridad ante el trauma craneal.

PALABRAS CLAVE: arbotantes craneales; cráneo; fracturas; trauma craneal; glasgow coma scale.

Abstract

At the present time cranial traumatism, and therefore fractures of greater complexity exist more and more as a consequence of the technology advance.

The objective of this work is to establish a regional classification of fractures in relation to the buttresses and to analyze the behaviour of each type of fracture in order to contribute tools concerning the handling of the cranial trauma.

Twelve human skulls submitted to maximum pressure were analyzed in order to regionally evaluate the behaviour of the fracturary outlines in relation to their strong and weak zones classifying the skull fractures according to their weaker areas or regions in: class I, class II, and class III, making its comparison with 82 patients who were admitted with diagnosis of traumatism and associated fracture of skull.

A greater incidence of male (82.5%) was analyzed, and one average age of 33.21 years, being related to etiology, open trauma, appearance of fistulas, fractures of the face bulk, Glasgow coma scale, operated patients (21.2%) and Glasgow outcome scale.

Cranial skull is covered outside by periosteum and is upholster inside by dura. These bones are made out of two sheets of compact tissue, the internal tablet and the external one. Between the sheets there is a spongy tissue layer called diploe which influences directly on the fracture index.

We consider that the anatomical knowledge of the cranial region and its buttresses, as well as a regional classification of its weaker areas, is an anatomical tool that allows to infer the behavior of the fractures, its correlation with encephalic injuries and therefore the prognosis of the patient, as well as in the bioengineering for the conformation of security elements before the cranial trauma.

KEY WORDS: craneal buttress; skull; fractures; head trauma; glasgow coma scale

* Autor: *1-6 Jefe de Trabajos Prácticos, Tercera Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires. *2Auxiliares Docentes, Tercera Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires.

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad existen cada vez más traumatismos encefalocraneales (TEC), y por lo tanto fracturas de mayor complejidad producto del avance de la tecnología y la industria automotriz, que sumados a la imprudencia de la población general generan accidentes automovilísticos a altas velocidades cada vez más complejos (Mathers y Weiss, 1998).

Fisiopatológicamente, si el cráneo es golpeado por un objeto

contundente, desde el área de impacto oscilará una onda de "stress" en forma lateral, como una roca golpeando la superficie de una fuente y generando ondas expansivas. Si la presión ejercida sobre el cráneo es mayor que su resistencia, éste se fracturará (Adams et al., 1988). En este mecanismo los arbotantes, definidos arquitectónicamente como un elemento estructural exterior con forma de medio arco que recoge la presión en el extremo superior de la bóveda craneal y la transmite a un contrafuerte, juegan un papel crucial.

El espesor de los huesos que conforman el cráneo se haya repartido desigualmente, pero no sin orden; ya que al lado de porciones gruesas y sólidas se encuentran segmentos delgados y poco resistentes. Teniendo en cuenta la situación recíproca de estos <puntos fuertes> y de estos <puntos débiles>, puede decirse esquemáticamente que el cráneo está construido por el estilo de un barco, con una armazón sólida (parte reforzada o arbotantes) y, en los intervalos, por piezas más débiles (Zins y Whitaker, 1983). En base a esta comparación, en un barco los puntos de resistencia (puntos fuertes) son: una pieza anteroposterior, la carena, piezas laterales o varengas y el puente (figura 1).

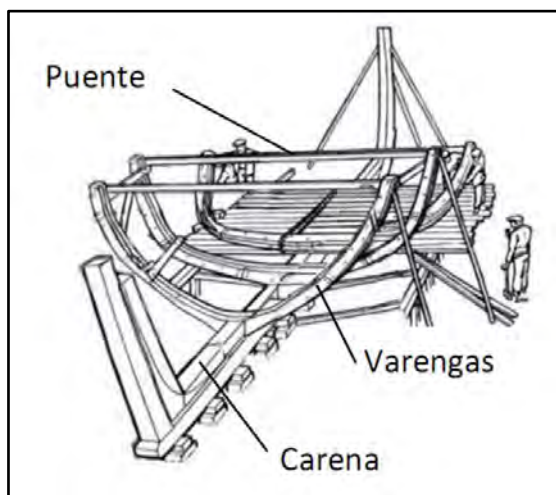


Fig. 1. Estructuras que componen el armazón de un barco en similitud con las estructuras de soporte craneal.

En el cráneo, la pieza basilar extendida del agujero occipital a la silla turca corresponde a la carena, mientras que la pieza sincipital corresponde al puente. En cuanto a las varengas, están representadas por seis zonas espesas, de las cuales una es anterior y la otra posterior, y las otras cuatro laterales, son simétricas de dos en dos.

Estas seis piezas de refuerzo que no son otras que los arbotantes de cráneo descritos por Felizet, se encuentran conformadas por un arbotante anterior ubicado en la región frontoetmoidal y que une la pieza la pieza sincipital a la pieza basilar; uno posterior, representado por la pieza occipital que va del sincipucio a la pieza basilar, después de haber rodeado el agujero occipital; dos anterolaterales, conformados por las piezas orbitoesfenoidales, uniéndose con la base por el ala menor del esfenoides, y por último; dos posterolaterales, representados por las piezas petromastoideas extendidas del sincipucio a la mastoides y de ésta, por el peñasco, hasta la apófisis basilar (Testut y Latarjet, 1984). Entre los puntos reforzados o arbotantes, el tejido óseo es delgado o frágil para formar las áreas intermedias a los sostenes (puntos débiles). Estas superficies son en número de tres. Primero, el área frontoesfenoidal, que corresponde al compartimiento anterior de la base. Segundo, el área esfenopetrosa, que constituye el compartimiento medio y tercero, el área occipitopetrosa, que forma el compartimiento posterior.

Hay que tener en cuenta, además, que los sostenes mismos presentan puntos débiles, precisamente por ellos es por donde las irradiaciones de las fracturas pasan de un área débil a otra o, si se prefiere, de uno de los compartimientos al inmediato. El punto débil del sostén frontoetmoidal esta a nivel de la lamina cribosa del etmoides; el del sostén occipital está situado por detrás de cada cóndilo occipital. En cuanto a los puntos débiles de los sostenes laterales, ocupan, para el sostén orbitoesfenoidal, el punto de implantación de las alas del esfenoides (agujero óptico, hendidura esfenoidal, agujero redondo mayor y oval, etc.), y para el sostén petromastoideo, la porción del peñasco donde están excavadas la cavidades del oído. Finalmente otro de los puntos débiles es el punto de unión de los sostenes con la pieza basilar.

Si bien la descripción de los arbotantes de cráneo es conocida por anatomistas, no existe una interpretación completa de su comportamiento ante el trauma, a diferencia de los arbotantes del macizo facial que se encuentran claramente definidos y clasificados (fracturas de Le Fort). Es por ello que el objetivo de este trabajo es instaurar una clasificación regional de fracturas en relación a los arbotantes y analizar el comportamiento de cada tipo de fractura a fin de aportar herramientas para el manejo del trauma craneal.

MATERIALES Y MÉTODO.

Se analizaron 12 cráneos humanos sometidos a máxima presión a fin de evaluar el comportamiento de los trazos fracturarios en relación a sus zonas fuertes y débiles, realizándose luego su comparación con 82 pacientes ingresados al Hospital Militar Central y Hospital Luciano de la Vega entre enero del 2005 y enero de 2009 con diagnóstico de traumatismo de cráneo y fractura de cráneo asociada, mediante un análisis retrospectivo de las historias clínicas y tomografías de cerebro, excluyéndose aquellos que tenían compromiso de otra cavidad politraumatismo). Definimos a los arbotantes en medial anterior, medial posterior, lateral anterior y lateral posterior (figura 2).

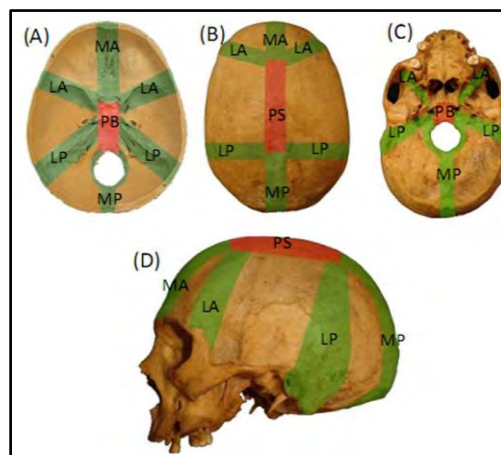


Fig. 2. Vista basal craneal (A), superior (B), inferior (C) y lateral (D); los arbotantes (verde) medial anterior (MA), medial posterior (MP), lateral anterior (LA) y lateral posterior (LP), así como la pieza basilar (PB) y la pieza sincipital (PS) (rojo).

En base a esta definición, se clasificó regionalmente a las fracturas de cráneo según sus áreas débiles o regiones en: clase I, situadas entre el arbotante medial anterior y lateral anterior; posterior; y clase III entre el lateral posterior y medial posterior (figura 3).

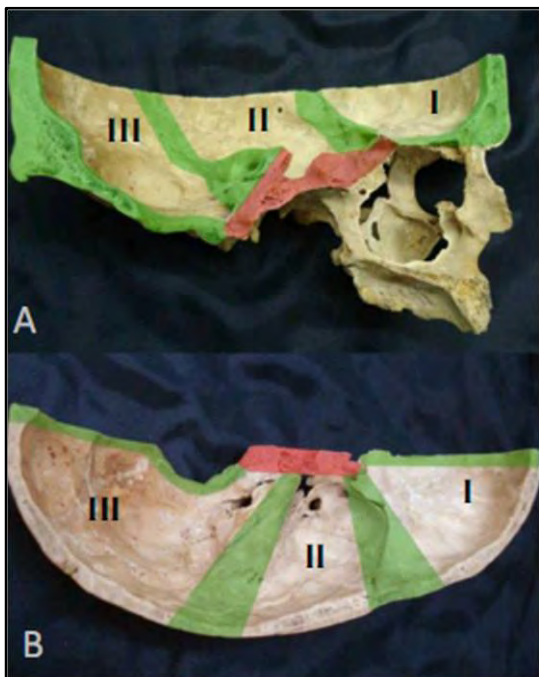


Fig. 3. Vista superior (A) y medial (B) de hemibase de cráneo donde se evidencian las áreas débiles clasificadas en I, II y III, situadas entre arbotantes (verde y rojo).

En aquellas fracturas que transcurrían entre varias regiones, se tomo como primero el sitio del impacto continuándose luego por las regiones que recorrían el trazo fracturario.

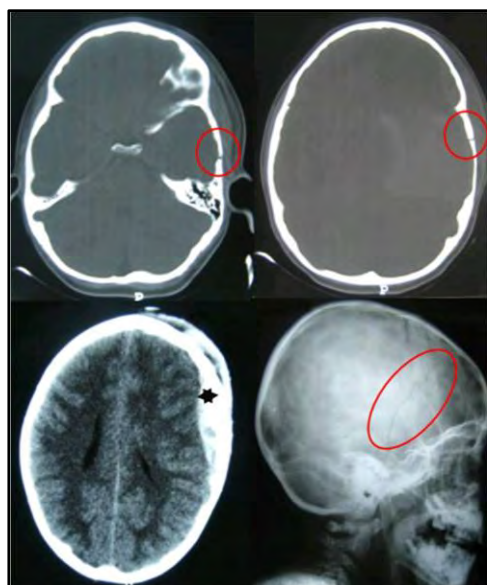


Fig. 4. (A) y (B) Tomografías axiales computada (TAC) con ventana ósea donde se evidencia una fractura (círculos) clase II. (C) Hematoma extradural subyacente a la fractura (asterisco negro). (D) Radiografía de cráneo objetivando trazo fracturario (círculo rojo) de la misma (fractura clase II).

Así por ejemplo en una fractura clase II el sitio de impacto se sitúa entre los arbotantes laterales anterior y posterior (figura 4); o bien una fractura clase II-II (figura 5) donde el sitio de impacto se ubica entre los arbotantes laterales anterior y posterior (clase II), continuándose hacia el lado opuesto, atravesando la pieza basilar, continuando hacia la región entre los arbotantes laterales anterior y posterior contralaterales (clase II).

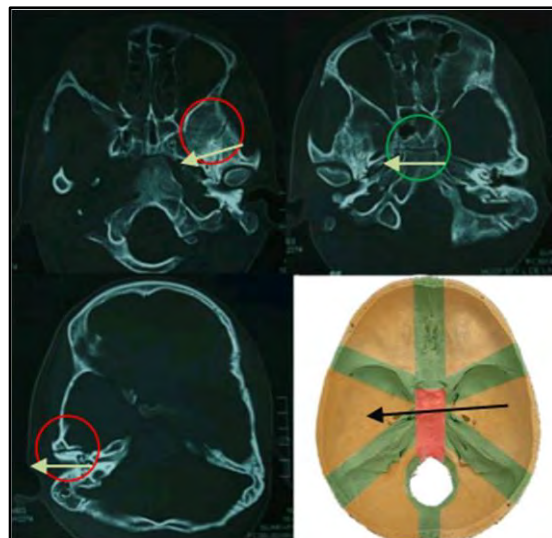


Fig. 5. TAC con ventana ósea evidenciándose una fractura (círculos rojos) clase II-II. Nótese que el trayecto (flechas blancas) fracturario atravesó la pieza basilar (círculo verde).

Las variables analizadas fueron: edad; sexo; causa del trauma; abierto o cerrado; Glasgow coma scale (GCS) (tabla 2); aparición de fistulas; fractura de macizo facial asociado (tabla 1); si fue sometido o no a cirugía y Glasgow Outcome Scale (GOS) (tabla 3).

RESULTADOS.

Se analizaron 82 pacientes con una mayor incidencia de hombres (82,5%), y una edad media de 33,21 años.

Con respecto a la causa del trauma la más frecuente fue accidente automovilístico (41,3%) seguido por caída de menos de 3 metros (17,5%) (figura 6)

Relación entre clases de fracturas y etiología del trauma.

Se observa una relación significativa entre la cantidad de regiones involucradas (clases) y la causa del trauma (Asociación lineal por lineal $\chi^2(1) = 5,205; p < 0,05$). De acuerdo con este análisis el compromiso de solo una región se relaciona más fuertemente con una causa del trauma ligada a accidentes automovilísticos (37,5% de los casos con una región), con una caída inferior a los 3 metros (27,5%), y con un trauma con un elemento contundente (22,5%). La presencia de dos regiones comprometidas también se relaciona más fuertemente con una causa de trauma ligada a accidentes automovilísticos (57,9% de los casos con dos regiones), seguido por trauma provocado por

accidente de moto sin casco (36,8%). Por otro lado la presencia de tres regiones comprometidas está ligada fuertemente a una caída superior a los 3 metros (100% de los casos de sujetos con tres regiones involucradas) (figura 7). No se observó que una relación significativa entre clases de fracturas particulares y causa del trauma Asociación lineal por lineal $\chi^2(1) = 0,035$; $p = 0,85$.

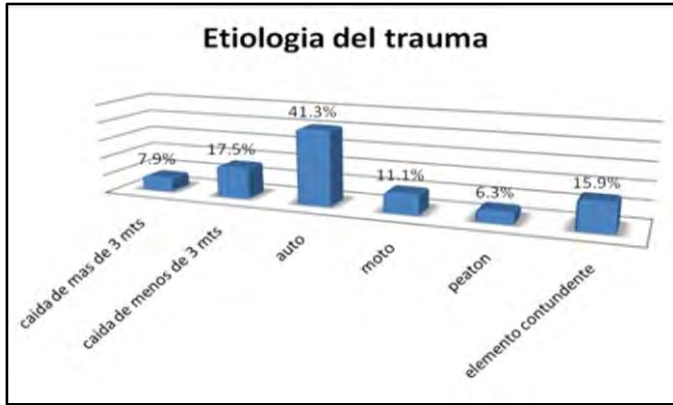


Fig. 6. Cuadro en donde se muestra la frecuencia en lo que respecta a la etiología del trauma.

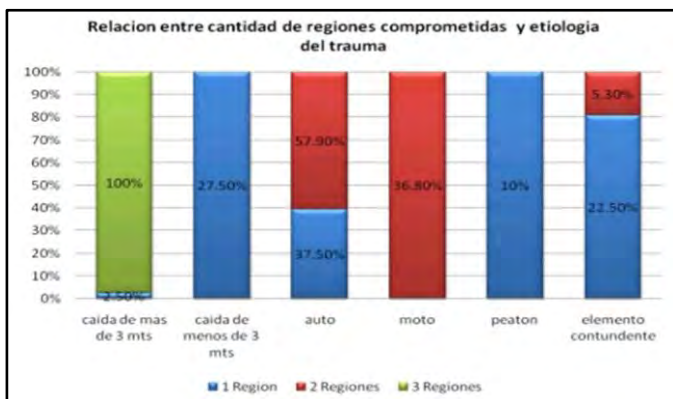


Fig. 7. Cuadro donde se evidencia el porcentaje de distribución de las diferentes etiologías del trauma con respecto a la cantidad de regiones comprometidas.

Relación entre clases de fracturas y Trauma Abierto.
Se observa una relación significativa entre la cantidad de regiones comprometidas y trauma abierto o cerrado. Asociación lineal por lineal $\chi^2(1) = 5,322$; $p < 0,05$. De acuerdo con este análisis en general hay una mayor frecuencia hacia un trauma abierto (59,3%), mientras que particularmente la frecuencia con una región comprometida tiende a ser similar en el trauma abierto y cerrado. En cambio cuando la cantidad de regiones es superior a dos, la frecuencia parece inclinarse al trauma abierto (69,6% de los casos con dos regiones comprometidas, y 100% de los casos con tres regiones comprometidas) (figura 8).

Relación entre clases de fracturas y Aparición de Fístulas de líquido cefalorraquideo.
Se observa una relación significativa entre la cantidad de regiones comprometidas y la aparición de Fístulas (Asociación lineal por lineal $\chi^2(1) = 18,221$; $p < 0,001$). Cuando hay una región comprometida, la aparición de fístulas es escasa (7,2%), mientras

que cuando hay dos regiones involucradas, este porcentaje se incrementa significativamente (30,9%), siendo del 100% cuando hay tres regiones comprometidas (figura 9).

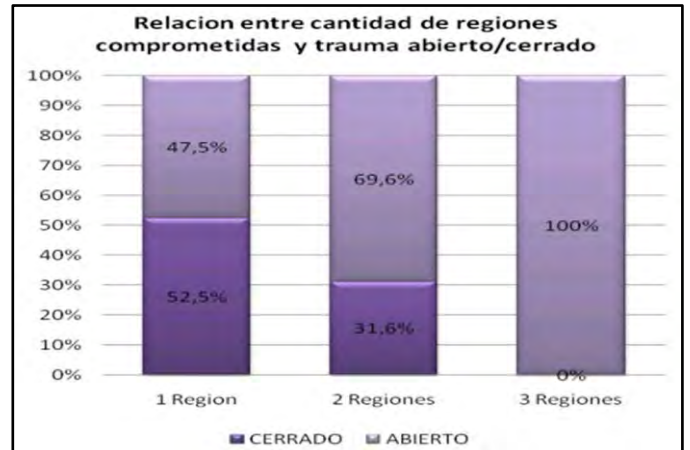


Fig. 8. Cuadro donde se muestra la relación entre cantidad de regiones comprometidas ante el trauma y la existencia de trauma abierto o cerrado.



Fig. 9. Cuadro donde se evidencia la relación entre cantidad de regiones comprometidas y la existencia o no de fístula de líquido cefalorraquideo.

A su vez encontramos una relación significativa entre clases de fracturas y aparición de Fístulas (Asociación lineal por lineal $\chi^2 = 17,266$; $p < 0,001$). Teniendo en cuenta que la ausencia de fístulas es lo más frecuente (81,2%), se observó que su aparición está más fuertemente relacionada con las clases II-I-III y II-III-III (100% para cada una), y por aquellas que impliquen las fracturas clase I (100%) (figura 10).

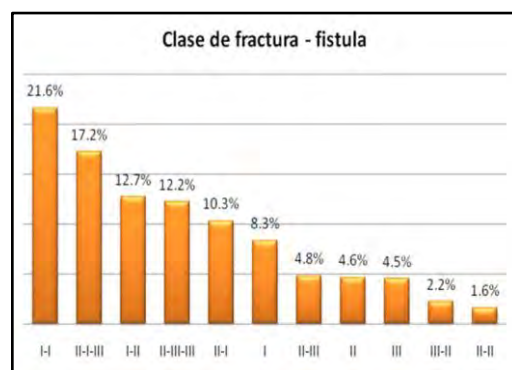


Fig. 10. Cuadro donde se evidencia la relación entre las diferentes clases de fracturas y la existencia de fístula de líquido cefalorraquideo.

Relación entre clases de fracturas y fracturas del macizo facial (Le Fort).

Se observa una relación significativa entre las regiones comprometidas y las fracturas del macizo facial o fracturas de Le Fort (tabla 1) (Asociación lineal por lineal $\chi^2(1) = 4,225$; $p < 0,05$.) De acuerdo con este estudio, si bien la mayor frecuencia está dada por ausencia de fracturas de macizo facial (85,7%), cuando existe fracturas clase I evidenciamos una clara preponderancia de fracturas de macizo facial (98,2%) (figura 11), existiendo, a su vez, una relación significativa en fracturas Le Fort III (100%) con fractura que incluyan clase I ($p < 0,05$).

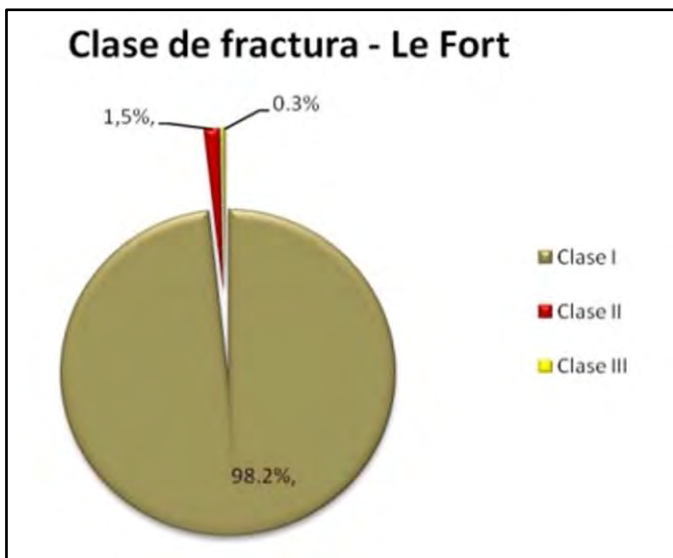


Fig. 11. Gráfico mostrando la relación entre clase de fractura y fracturas del macizo facial (Le Fort).

Relación entre clases de fracturas y Glasgow coma scale (GSC).

Para determinar la relación entre la cantidad de regiones comprometidas y los puntajes en la escala GSC (tabla 2) se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor intersujetos. El análisis de varianza muestra que hay diferencias significativas entre la cantidad de regiones y la escala GSC ($F(2, 60) = 73,493$; $MSE = 4,142$; $p < 0,001$). De acuerdo con este análisis los sujetos (figura 12) que presentaron una región comprometida obtienen el puntaje promedio más alto en esta escala (media = 14,2) con el 100% para TEC mínimo y leve, y se diferencia significativamente de los sujetos con dos regiones comprometidas (Bonferroni Contrast $p < 0,001$) y con los de tres regiones ($p < 0,001$).

De igual manera los sujetos con dos regiones implicadas presentan con mayor frecuencia en TEC grave (91,7%), un puntaje promedio (media = 8,98) que se diferencia significativamente ($p < 0,001$) de los que presentan tres regiones (media = 4) (100% en TEC crítico).

Relación entre clases de fracturas y Cirugía.

Fueron sometidos a cirugía el 21,2% de los pacientes (figura 13), observándose una relación significativa entre la cantidad de regiones involucradas y pacientes operados (Asociación lineal por lineal $\chi^2(1) = 4,228$; $p < 0,05$). Ante el compromiso de una región,

es poco significativa la presencia de cirugía (2,5% de los casos), pero cuando la cantidad de regiones asciende a dos y tres la frecuencia de cirugía tiende a ser del 50% de los casos (figura 14).

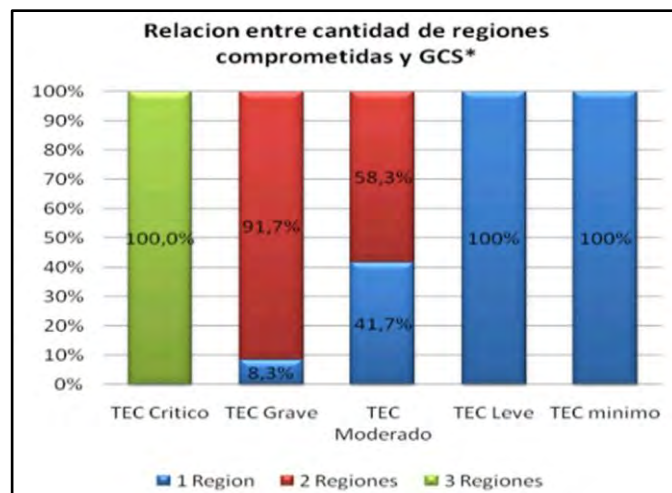


Fig. 12. Cuadro donde se objetiva la relación porcentual entre cantidad de regiones comprometidas y GCS. (*) Según clasificación de severidad del trauma craneal.



Fig. 13. Distribución de pacientes según fueron sometidos o no a intervención quirúrgica.

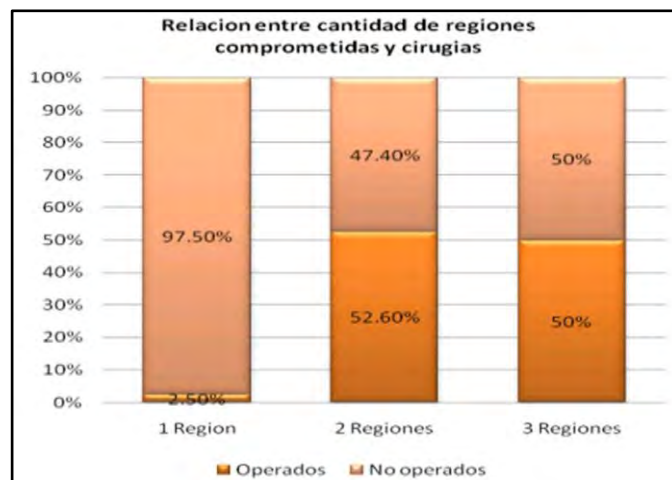


Fig. 14. Cuadro donde se objetiva la relación entre cantidad de regiones comprometidas y si fueron o no intervenidos quirúrgicamente.

Relación entre clases de fracturas y Glasgow outcome scale (GOS).

Se observa que hay una relación significativa entre la cantidad de regiones involucradas y el GOS (Asociación lineal por línea $\chi^2(1) = 29,207$; $p < 0,001$). La frecuencia de casos con una región comprometida se relaciona más con GOS 5 (91,1% de los casos), pero cuando la cantidad de regiones comprometidas asciende a dos se incrementa el porcentaje de GOS 2 y GOS 3. Si bien los valores de GOS 1 se encuentran repartidos en 50% para 2 y 3 regiones comprometidas respectivamente, el 100% de los que poseían 3 regiones obtuvieron valores de GOS 1, no encontrándose relaciones significativas en relación de cada clase en particular (figura 15).

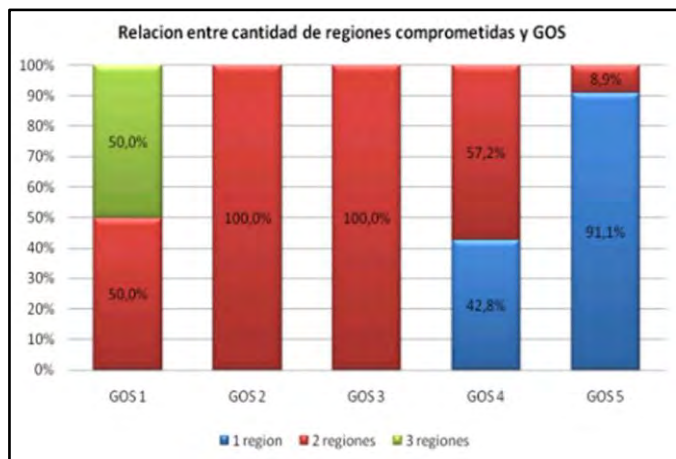


Fig. 15. Cuadro donde se muestra la relación entre cantidad de regiones comprometidas y GOS.

DISCUSIÓN.

El esqueleto craneal, recubierto exteriormente por un periostio delgado esta tapizado en su cara interna por la duramadre, que desempeña a su vez el papel de un verdadero periostio (Netter, 1989). Estos huesos están constituidos por dos láminas de tejido compacto, la lámina o tabla interna y la lámina o tabla externa, entre las cuales se interpone una capa más o menos gruesa de tejido esponjoso llamado diploe. La lamina interna, que se designa también con el nombre de lámina vítrea, ha sido considerada como desprovista de toda elasticidad, atribuyéndose su fragilidad especial a la falta de esta última. La lámina externa e interna tienen, con mínimas diferencias, las mismas propiedades físicas. La tabla interna se fractura algunas veces aisladamente y siempre más que la tabla externa, este fenómeno no es por defecto absoluto de elasticidad, sino porque perteneciendo a una curva de un radio más pequeño que la de la tabla externa, está sometido a mayor incurvación ante un traumatismo. El mecanismo es el mismo que si tomamos un bastón por sus dos extremos, lo apoyamos sobre la rodilla y lo incurvamos hasta llegar a romperlo: la ruptura comienza por las fibras leñosas que están sometidas a mayor incurvación, es decir, por las fibras externas (Cooper, 1987) (figura 16).

Al igual que en el ejemplo anterior, el espesor de hueso influye directamente sobre su índice de fractura, es decir a mayor grosor mayor resistencia.

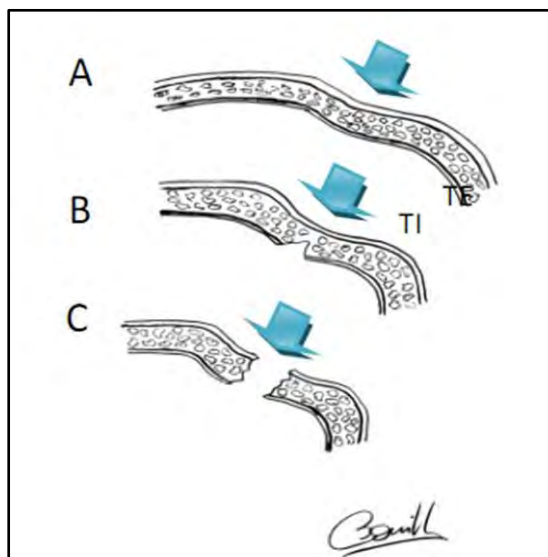


Fig. 16. Comportamiento de la tabla externa (TE) e interna (TI) ante el trauma (flecha celeste). Primero deprimiéndose (A) para luego, una vez cedida la resistencia ósea, fracturarse la tabla interna (B) hasta que finalmente la totalidad ósea es comprometida (C).

En la base craneal la situación es parecida, al lado de partes gruesas se encuentran segmentos óseos constituidos únicamente por una laminilla ósea de tejido compacto muy fino, hasta papiráceo (lamina cribosa del etmoides, silla turca, peñasco, etc.). Este espesor, que aumenta en ciertos puntos la solidez de la caja craneal, no está repartido sin orden, sino que, por el contrario, presenta una disposición determinada y regular que permite comprender el modo de propagación de las fisuras en las fracturas del cráneo (Tuli et al., 1997). La caja craneal encierra al encéfalo y sus anexos protegiéndolos contra diversos traumas.

Este papel de protección lo debe a su elasticidad y una resistencia especial relacionada con la disposición arquitectónica de las diferentes piezas esqueléticas que constituyen el cráneo particularmente en sus sitios de unión: las suturas (Tiedemann, 1997). Es así que el cráneo no está constituido por una sola pieza ósea, sino por ocho huesos unidos unos a otros por medio de suturas. Esta multiplicidad de piezas constitutivas de la caja craneal no disminuye en nada su resistencia, al contrario, la aumenta, dando a sus paredes una gran elasticidad en dependencia a su disposición.

En efecto, mientras que el frontal, los parietales y el occipital se unen por medio de dentellones que se engranan entre sí, estos mismos huesos están unidos a la escama del temporal y al ala mayor del esfenoides por bordes cortados a bisel y dispuestos de manera que el borde esfenoidal o temporal recubre enteramente los otros bordes (figura 17).

El responsable principal del espesor óseo es el diploe, que muy rico en vasos, es más o menos abundante, según las regiones; hasta faltar prácticamente en ciertos puntos como por ejemplo, en la porción escamosa del hueso temporal.

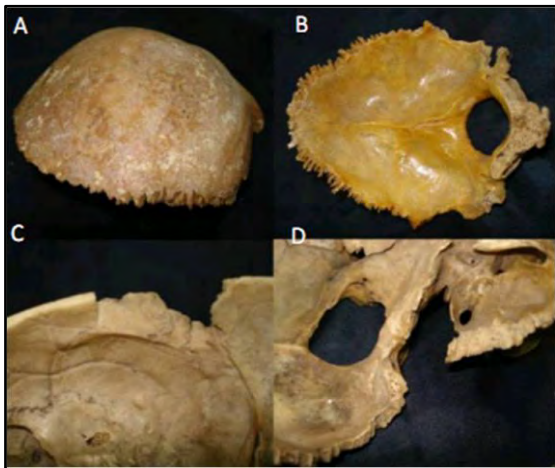


Fig. 17. Imágenes donde se pueden objetivar las características de las suturas a nivel de los huesos frontal (A), occipital (B), temporal (C) de bordes biselados. Si retiramos el hueso temporal (D) podemos evidenciar las particularidades de las uniones lindantes con los huesos occipital y esfenoides.

Esta desigual repartición del diploe nos explica en parte el espesor variable de las diversas regiones de la bóveda craneal. De una manera general, puede decirse que el espesor de la bóveda va creciendo del frontal al ion. Por término medio mide 5 mm al nivel de la protuberancia occipital. Es mucho más delgado sobre las partes laterales y, en particular, en la fosa temporal, donde únicamente mide de 2 a 3 mm.

De esto resulta que cualquiera que sea el punto de bóveda sobre el cual actúe un traumatismo, el hundimiento o separación de los huesos es casi imposible. Por ejemplo ante un trauma craneal violento, aplicado sobre el vértice del cráneo y obrando sobre el borde superior de los parietales, tiende a hundir este borde hacia la cavidad del cráneo (Figura 18).

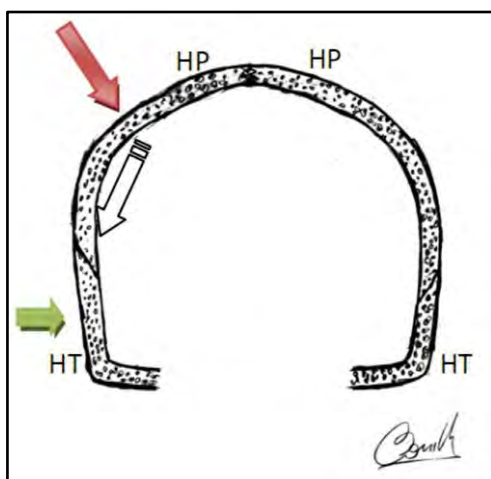


Fig. 18. Esquema destinado a demostrar, sobre un corte coronal del cráneo, el modo de resistencia de las suturas cuando son sometidas al trauma. El hueso parietal (HP), sobre el que actúa la fuerza (flecha roja) y por transmisión de la misma (flecha blanca), tiende a rechazar hacia fuera el hueso temporal (HT) que resiste debido a su disposición de bisel oponiéndose a dicha fuerza (flecha verde).

Este borde no se moverá porque los dentellones de la sutura sagital se oponen y porque, por otra parte, el movimiento no puede producirse a no ser que el borde inferior de estos mismos huesos se inclinasen hacia fuera, y precisamente esta separación hacia fuera del borde inferior de los parietales es imposible por la disposición del hueso temporal, cuyo borde recubre el del parietal, resultando para este hueso un verdadero sostén (Testut y Jacob, 1932). La suturas quedaran pues intactas y solo el esqueleto se romperá si la intensidad del trauma es demasiado grande.

Las suturas aumentan la elasticidad del cráneo, es por ello que si se deja caer un cráneo de adulto desde cierta altura, rebota como una pelota elástica, aplanándose y hasta deprimiéndose para recobrar en seguida su forma primitiva. De todos los diámetros craneales el diámetro transversal es el más elástico, pudiendo reducirse hasta 1cm (Felizet, 1873). Esta propiedad es notable teniendo en cuenta que la elasticidad del tejido óseo es de las más exiguas. Esta gran elasticidad del cráneo es debida a la manera como están unidos los huesos entre si y por consiguiente a la disposición de las suturas. Esto es muy notable en el niño y en el adulto joven, en los que las suturas existen, mientras que la elasticidad del cráneo desaparece en el paciente añoso, en el cual, como es sabido, las suturas se osifican; comportándose como si estuviese conformado de una sola pieza ósea con consecuente mayor fragilidad.

Cuando sobre la bóveda del cráneo tiene lugar un trauma, en el momento en que son traspasados los límites de su resistencia, es decir, los límites de su elasticidad, se produce una fractura. La ruptura comienza en el punto donde es aplicado el traumatismo, pero no queda allí localizada, sino que casi siempre se irradia hacia la base, tanto más lejos cuanto mayor haya sido la intensidad del trauma. La dirección y el trayecto de las fisuras dependen de la arquitectura del cráneo (Janfaza, 2001).

Antiguamente autores como Saucerotte y de Sabouraut, comparaban el cráneo a una esfera y deducían que cuando un traumatismo alcanzaba al cráneo, las vibraciones producidas se propagaban uniformemente a todos los puntos del esferoide y determinaban una ruptura en su parte menos resistente, es decir en la base. Según esta teoría, las fracturas de la base del cráneo eran siempre fracturas por contragolpe, es decir, fracturas aisladas e independientes de las de la bóveda. Sin embargo, la experimentación y la clínica demuestran que en la inmensa mayoría de casos las fracturas de la base no son sino irradiación de las fracturas de la bóveda (Le Count, 1920).

Con respecto al mecanismo de fractura de cráneo ante el trauma, se observa primeramente en el punto de contacto una zona deprimida que se encuentra limitada por los sostenes vecinos y que puede alcanzar, sin fractura, hasta 1cm de profundidad. Cuando se traspasa el límite de elasticidad, la pared craneal se rompe; primeramente cede la tabla interna, después la externa (figura 19).

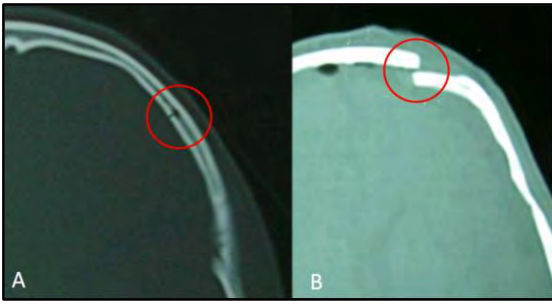


Fig. 19. (A) TAC de cerebro (ventana ósea) corte axial, objetivándose el compromiso de la tabla interna con indemnidad de la tabla externa (círculo rojo). (B) Cuando la resistencia ósea es superada se produce la concomitante fractura de la tabla externa (círculo rojo).

Si el traumatismo es bastante intenso, desde esta fractura de la bóveda parten fisuras que se dirigen hacia la base, caminando por el espacio comprendido entre los sostenes, es decir, por las zonas o superficies débiles. Generalmente quedan circunscriptas a la zona de impacto (figura 20) pero, ante una mayor intensidad del trauma, pasan de una zona débil a la vecina, franqueando, por consiguiente, una de las vigas del cráneo, aunque en semejante caso siempre siguen una vía anatómica bien definida, el punto débil del sostén.

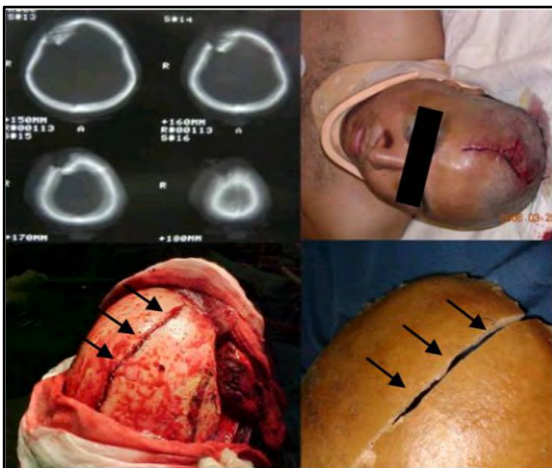


Fig. 20. (A) TAC de cerebro donde se objetiva una fractura hundimiento frontal una vez vencida la resistencia ósea sobre un punto débil (clase I). (B) Paciente con lesión de piel producto de la fractura. (C) Imagen intraquirúrgica de la fractura. (D) Reflejo del comportamiento de la fractura en el preparado anatómico (flechas negras).

Así por ejemplo, después de un traumatismo de la región frontal, puede el trazo fracturario descender hacia la base, pasar generalmente por la escotadura supraorbitaria, recorrer el techo de la órbita y detenerse en las alas menores del esfenoides (Cantore et al., 1979).

Si el choque ha sido violento, la fisura se extiende más lejos, propagándose bien a otra mitad del compartimiento anterior pasando por la lamina cribosa del etmoides (figura 21), o bien al compartimiento medio atravesando el canal óptico, la hendidura

esfenoidal, los agujeros redondo mayor, oval, etc., hasta la punta del peñasco, que también puede estar comprometida (fractura de la punta del peñasco).

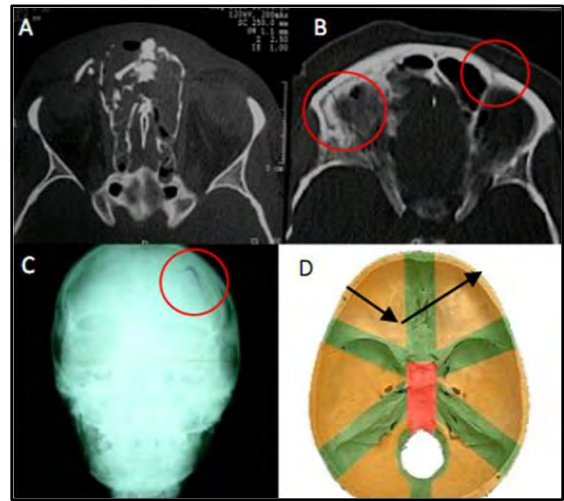


Fig. 21. (A) y (B) TAC de cerebro (ventana ósea) corte axial, objetivándose fractura (círculos rojos) clase I-I con compromiso de macizo facial (fractura de Le Fort). (C) Radiografía de fractura clase I-I. (D) Base de cráneo en donde se muestra el trayecto fracturario (flecha negra) en una fractura clase I-I.

Después de un choque sobre la región temporal, la fisura descende hacia el compartimiento medio de la base, pasando por el agujero rasgado anterior y siguiendo el canal petroso (lesión posible del nervio) (Menku et al., 2004), fracturando así el peñasco paralelamente a su eje mayor (fractura paralela o longitudinal del peñasco). De aquí puede propagarse al otro lado pasando por la silla turca (figura 22); produciendo una lesión del seno esfenoidal o por la sutura occipitobasilar; o en forma infrecuente penetrar en el compartimiento posterior fracturando el peñasco perpendicularmente a su eje y abriendo las cavidades del oído medio (fractura perpendicular del peñasco).

Después de un traumatismo de la región occipital, el trazo de fractura recorre la fosa cerebelosa (figura 23) y puede limitarse a ella; pudiendo, si la intensidad del trauma es considerable, invadir al lado opuesto rodeando el agujero occipital, o bien propagarse a los compartimientos medio y anterior, siguiendo la sutura petrobasilar, la silla turca y la lámina cribosa del etmoides; por último, puede dirigirse hacia el compartimiento medio fracturando el peñasco generalmente en forma perpendicular y cerca de su punta, o bien oblicuamente al nivel de su base siguiendo el canal del seno lateral, el cual es comúnmente respetado (fractura oblicua del peñasco).

CONCLUSIONES.

El trayecto recorrido por estas fracturas esta en relación estrecha con la disposición arquitectónica del cráneo, es por ello que el número de arbotantes comprometidos respecto a la etiología del trauma depende de su intensidad, o dicho de otra manera de la energía cinética impactante sobre el cráneo.

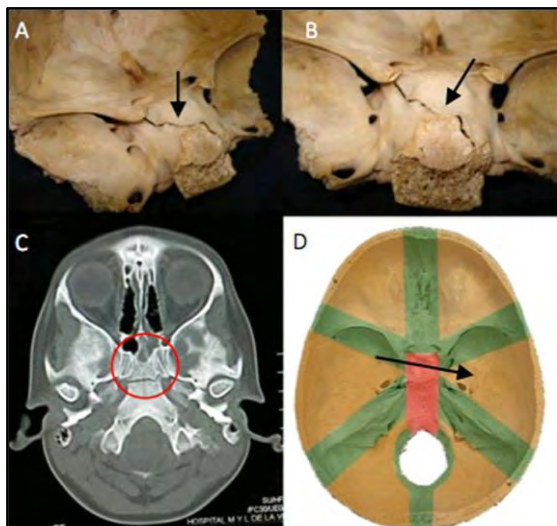


Fig. 22. (A) y (B) Preparado anatómico donde se observa la fractura de la silla turca y pieza basilar (flecha). (C) TAC de cerebro (ventana ósea) evidenciando trazo fracturario (círculo rojo). (D) Base de cráneo donde se muestra el trayecto fracturario (flecha negra).

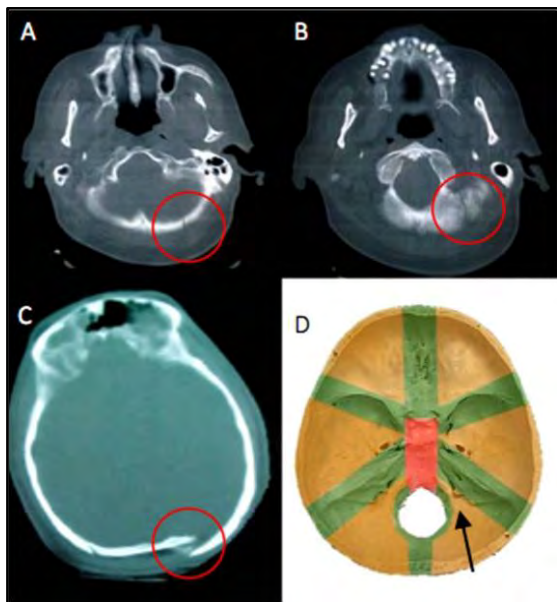


Fig. 23. (A; B y C) TAC de cerebro (ventana ósea) corte axial, objetivándose fractura (círculos rojos) clase III izquierda, (D) base de cráneo objetivando trazo fracturario (flecha negra) en fractura clase III.

Así una caída de más de 3 metros de altura produce mayor regiones débiles comprometidas.

Los casos con compromiso de dos o más regiones agravan francamente el estado del paciente y por consiguiente su pronóstico, evidenciado por mayor incidencia de trauma abierto conllevando mayor probabilidad de infección aumentando la morbimortalidad; menores valores de GCS de ingreso y por consiguiente mayor incidencia de cirugías. A su vez, a mayor número de regiones involucradas, menor es el GOS estableciendo una relación inversamente proporcional, siendo considerablemente peor el pronóstico ante el compromiso de dos o más de estas regiones.

Con respecto a fistulas de líquido cefalorraquídeo, cuanto más áreas débiles se hayan comprometidas, mayor es la incidencia de aparición de fistulas debido a la mayor extensión de la fractura; y aumentando en los casos que a su vez incluyan fracturas clase I con compromiso facial (fracturas de Le Fort).

Consideramos que el conocimiento anatómico de la región craneal y de sus arbotantes, así como una clasificación regional de sus áreas débiles, es una herramienta anatómica que no solo facilita la tarea diaria mediante la posibilidad de inferir el comportamiento de las fracturas, su correlación con lesiones encefálicas y por consiguiente con el pronóstico del paciente, sino que también en la bioingeniería para la conformación de elementos de seguridad ante el trauma craneal.

BIBLIOGRAFÍA.

- Adams JH et al. An introduction to neuropathology. Edinburgh, Churchill Livingstone. p.45-49, 1988.
- Cantore GP, Delfini R, Gambacorta D, et al: Cranioorbitofacial injuries: technical suggestions. J Trauma 1979, 19:370–375.
- Cooper PR. Head injury. Baltimore, Williams & Wilkins. Vol 2, p 65-68, 1987.
- Felizet GM. Recherches anatomiques et experimentales sur le fractures du crane. Par As: A. De La Haye 1873, p167.
- Janfaza P. Surgical anatomy of the cranial base. In: Janfaza P Surgical Anatomy of the Head and Neck. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins; 481-505, 2001.
- Le Count ER, Apfelbach CW. Pathologic anatomy of traumatic fractures of cranial bones and concomitant brain injuries; 74: p.501-511, 1920.
- Mathers LJ, Weiss HB: Incidence and characteristics of fall related emergency department visits. Acad Emerg Med 1998, 5: 1064–1070.
- Menku A, Koc RK, Tucer B, et al. Clivus fractures: clinical presentations and courses. Neurosurg Rev 2004, 27(3):194-8.
- Netter FH. Atlas of Human Anatomy, p32-34, 1989.
- Testut L., Jacob O., Tratado de Anatomía topográfica. Vol. 1, p.18-29, 1932.
- Testut L, Latarjet A., Anatomía humana. Vol. 1, p.190-215, 1984.
- Tiedemann K. Gross sectional anatomy. In: Ja-necka IP. Skull Base Surgery: Anatomy, Biology, and Technology. Philadelphia, Pa: Lippincott-Raven; 75-149, 1997.
- Tuli S, Tator CH, Fehlings MG, Mackay M. Occipital condyle fractures. Neurosurgery 1997, 41(2): p. 368-376.
- Zins JE, Whitaker LA: Membranous versus endochondral bone: Implications for craniofacial reconstruction. Plast Reconstr Surg 1983, 72:778-785.

Comentario sobre el trabajo de Revisión:
**Arbotantes craneales:
Implicancia anatómica en fracturas**



**DR. ALVARO CAMPERO (foto)*1
& PROF. DR. ABRAHAM CAMPERO*2**

*1 Integrante del Consejo Científico del Comité editorial de la Revista Argentina de Anatomía Online ISSN 1852 – 9348; Departamento de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

*2 Departamento de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

**Revista Argentina de Anatomía Online 2010,
Vol. 1, Nº 2, pp. 64.**

Arbotante es un arco, o parte del mismo, que se encuentra en posición externa y aplicada a una estructura que se debe reforzar. En arquitectura contribuye, con la formación vertical sobresaliente de una pared llamado contrafuerte, a la mayor solidez de la misma. El concepto es útil cuando se estudian las fracturas de cráneo; pareciera que el primero que lo nombró fue el cirujano francés Felizet en 1873. También es empleado en antropología.

En el presente artículo se asocia la presencia de puntos fuertes o de piezas de refuerzo craneanos en la nomenclatura de los autores, con la producción de fracturas; esta asociación entre osteología normal y neurotraumatología es una buena idea, y el sustento del trabajo en especímenes, casos clínicos y relevamiento estadístico es adecuado. Los resultados buscando una clasificación regional de fracturas en relación a los arbotantes están bien ordenados; las siete relaciones establecidas sobre la base de clases de fracturas comprenden siete situaciones clínicas: trauma abierto, fístula traumática de LCR, etiología, fracturas de Le Fort, GCS, GOS y neurocirugías. Asimismo, se vinculan las clases de fracturas con la morbilidad y mortalidad de los casos. Cada ítem lleva su componente estadístico, y la discusión de los resultados es sólida, con los detalles estructurales de diámetros y de difusión de los vectores de fuerza bien expresados. Todo esto hace al mecanismo de producción y desarrollo, en cada fractura craneana, fenómenos biológicos que se deben también a la impedancia ósea y al propio módulo de Young que posee el hueso humano.

Es un artículo cuya lectura es recomendable e inspiradora de otros estudios; será de beneficio para el residente y el especialista.

Dr. Alvaro Campero
Prof. Dr. Abraham Campero