

Tratamiento quirúrgico de las fracturas del seno frontal

*Rodríguez-Perales Marcos Antonio, **Canul-Andrade Luis Pablo, **Villagra-Siles Eric

Resumen

Mediante un estudio retrospectivo y descriptivo reportamos los principales mecanismos y tipos de fracturas del seno frontal, lesiones asociadas con éstas, así como los procedimientos quirúrgicos y complicaciones. Se obtuvieron los expedientes totalmente documentados de 14 pacientes con fractura del seno frontal que fueron sometidos a tratamiento quirúrgico utilizando material de osteosíntesis y revalorados con tomografía axial computada, ingresados en el Servicio de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello del Hospital Central Militar, México D.F., durante el periodo de febrero de 1998 a noviembre de 2002. Noventa y dos punto ocho por ciento de pacientes correspondió al género masculino. Las principales causas de fractura consistieron en: agresión en la vía pública y accidente en o por vehículo automotor. Las fracturas asociadas con mayor frecuencia ocurrieron en la órbita, seno maxilar y huesos propios de la nariz. Los procedimientos quirúrgicos realizados fueron: desfuncionalización o cranealización con reducción y osteosíntesis del seno frontal. La principal complicación secundaria al traumatismo original fue la pérdida funcional del ojo, y la relacionada con el procedimiento quirúrgico consistió en dolor crónico en el sitio de fractura.

Palabras clave: fracturas del seno frontal, desfuncionalización, cranealización, osteosíntesis, complicación.

**Jefe del Servicio de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello del Hospital Central Militar. México, D.F. **Residente de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello, Hospital Central Militar. México, D.F.*

Introducción

El hueso frontal está situado en la parte anterior del cráneo, superior al macizo facial. Contiene en su espesor dos cavidades neumáticas, los senos frontales, cuya presencia es la más inconstante de todos los senos paranasales en los seres humanos, están ausentes al nacimiento y alcanzan el tamaño del adulto a los 15 años de edad, cada uno mide aproximadamente 30 mm de largo, 25 mm de ancho, 19 mm de profundidad y su capacidad es de 10 cc (Figura 1).



Figura 1. Senos paranasales frontales.

En la mayoría de casos los senos frontales se encuentran en ambos lados y son asimétricos, en 20% de personas es unilateral, rudimentario o está ausente. Cada seno tiene la forma de pirámide triangular con base inferior y, en promedio, su altura es de dos cm. Consta de tres paredes, una base y un vértice. La pared anterior corresponde a la región supraciliar cuyo grosor mide entre 4 y 12 mm, y representa al hueso facial más resistente a las fracturas; son necesarias fuerzas de 800 a 1200 lb para fracturarlo, esto es, tres veces lo necesario para fracturar cualquier otro hueso de la cara. La pared posterior o cerebral es más delgada que la anterior, su grosor es de 0.1 a 4.8 mm y se relaciona con las meninges y el encéfalo. La pared medial separa a un seno frontal del opuesto. La base tiene dos partes: lateral u orbitaria, y medial o etmoidal, la cual tiene continuidad con las celdillas etmoidales.

El seno frontal está cubierto por mucosa, su conducto óseo de drenaje (*ductus nasofrontalis*) tiene un recorrido sinuoso, es extremadamente corto en 85% de individuos, por lo que se describe como un receso (más que como un

verdadero conducto); en los orificios de drenaje y en su vecindad se encuentra un tejido de estructura cavernosa que puede modificar la permeabilidad del *ostium*, de manera que desde el punto de vista funcional, constituye una unidad osteomeatal, cada *ostium* mide de tres a cuatro mm, es el único sitio de drenaje del seno y su apertura en la nariz se encuentra por debajo de la cabeza del cornete medio, en el llamado infundíbulo del hiato semilunar.

Los vasos supraorbitarios y supratrocleares proporcionan el aporte sanguíneo al seno frontal. El drenaje venoso se realiza por tres vías: vena facial, vena oftálmica/seno cavernoso y la foramina del espacio subaracnoideo. La inervación sensitiva del seno frontal la proporciona la rama oftálmica del nervio trigémino.

El seno frontal es extremadamente resistente a las fracturas; sin embargo, los impactos de alta velocidad (accidentes automovilísticos, asaltos) pueden ocasionar su fractura, las cuales representan 2 a 12% de las fracturas faciales. La incidencia de complicaciones intracraneales, como laceración de la duramadre, infección del seno, meningitis, deformidades anatómicas y formación de mucocelos, es alta cuando se afecta el conducto nasofrontal y la pared posterior, por lo que es de vital importancia prevenirlas mediante cuidadosa reparación de la dura, resección de la mucosa, cranealización o desfuncionalización del seno. Cuando los traumatismos no involucran al conducto nasofrontal o la pared posterior, el principal problema es estético.¹

El tratamiento de las fracturas del seno frontal ha sido debatido por muchos años. Esta incertidumbre se ha originado por las consecuencias adversas y complicaciones asociadas con y sin el tratamiento de las fracturas, lo cual ha disminuido con las modernas técnicas de imagen y de endoscopia. Las consideraciones básicas para el manejo quirúrgico de las fracturas del seno frontal incluyen: 1. desplazamiento de la pared anterior con deformidad estética; 2. obstrucción del drenaje y 3. desplazamiento de la pared posterior que provoca desgarro de la duramadre o laceración del encéfalo.² El tratamiento de las fracturas del seno frontal ha avanzado considerablemente con el desarrollo de materiales biomédicos y nuevas técnicas de cirugía craneofacial del seno frontal. El manejo de las fracturas multifragmentadas del seno frontal es complejo. Los

fragmentos de hueso son muchas veces pequeños para ser fijados, resultando en tiempo quirúrgico prolongado, difícil estabilización y pobre resultado estético. Los avances en el desarrollo de mallas dinámicas de materiales biocompatibles proveen nuevas opciones de tratamiento de estas difíciles fracturas.

Las mallas de titanio fueron desarrolladas durante la guerra de Vietnam para la reparación de defectos craneofaciales. El titanio tiene una excelente biocompatibilidad, debido a que es el material más compatible con el carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, lo cual resulta en mínima reacción inflamatoria; ausencia de reacciones alérgicas, toxicidad o tumorigénesis; bajo nivel de corrosión; buena maleabilidad; estabilización adecuada de fracturas, debido al buen contacto metal-hueso (osteointegración); y, cuando se realizan estudios de imagen con resonancia magnética o tomografía computada, produce pocos artefactos. Los pequeños fragmentos óseos pueden ser unidos individualmente a la malla dentro de sus orificios, reduciendo la necesidad de material de osteosíntesis. En caso de defectos mayores de 0.5 cm deben colocarse injertos óseos.³

Material y métodos

En este estudio se incluyeron a los pacientes con fractura del seno frontal tratados quirúrgicamente utilizando material de osteosíntesis en el Servicio de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello del Hospital Central Militar, México, D.F. durante el periodo de febrero de 1998 a noviembre de 2002, y cuyos expedientes estuviesen disponibles para su revisión, totalmente documentados. Todos los pacientes fueron valorados con tomografía axial computada.

En este estudio, las fracturas aisladas de la pared anterior no se trataron mediante cirugía si presentaban desplazamiento menor al grosor de la cortical. Si la fractura no estaba desplazada, se evaluó la permeabilidad del conducto nasofrontal. Si el conducto no estaba involucrado, la fractura desplazada se redujo y se estabilizó con microplacas de titanio. Si la fractura involucró al conducto nasofrontal, se realizó desfuncionalización del seno con grasa, además de la reducción y fijación de la fractura. Si la pared anterior y

posterior estuvo fracturada, pero con mínimo desplazamiento y salida de líquido cefalorraquídeo que no respondió a tratamiento médico, la pared posterior se cranealizó y la fístula fue reparada con fascia. Las indicaciones para obliterar o explorar las fracturas del seno frontal fueron: sinusitis crónica frontal que no respondió al tratamiento médico, osteoma del seno frontal, mucocoele y mucopiocele. Las fracturas multifragmentadas o las afecciones de la pared posterior requirieron cranealización del seno frontal.

Desfuncionalización del seno frontal. Técnica quirúrgica

Se valoró al paciente con fractura del seno frontal con una tomografía computada (Figura 2). El abordaje osteoplástico clásico del seno frontal inició con la obtención preoperatoria de una radiografía anteroposterior del cráneo (Caldwell a seis pies), se realizó una incisión coronal en la piel cabelluda (debió incidirse en la dirección de los folículos pilosos), tejido subcutáneo y la galea llegando a la capa de tejido areolar laxo (Figura 3). La hemostasia se realizó con cauterización y *clamps* de Raney. La incisión se llevó lateralmente hasta el área pretragal y la disección se realizó en sentido anterior sobre el plano subgaleal areolar hasta los rebordes supraorbitarios, levantando un colgajo osteoplástico, y lateralmente, la disección avanzó en el plano areolar sobre la fascia temporal. Esta incisión no abarcó más allá de la línea temporal de fusión, para evitar lesionar la rama frontal del nervio facial. En este punto, la disección se continuó, entre las dos capas de aponeurosis profunda

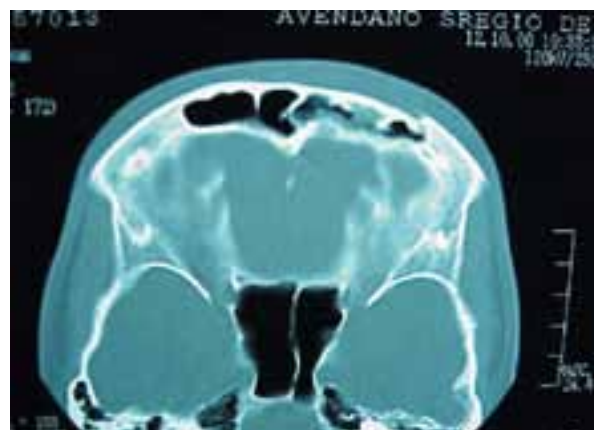


Figura 2. Tomografía computada que muestra fractura en seno frontal.



Figura 3. Incisión coronal en la piel cabelluda, tejido subcutáneo y la galea llegando a la capa de tejido areolar laxo.

del temporal, hasta el arco zigomático, cuando éste deba ser abordado, de lo contrario se omitió este paso.

Aproximadamente dos cm por arriba de los rebordes supraorbitarios, se incidió el pericráneo (Figura 4), se utilizó un elevador de periostio para exponer el hueso frontal evitando la perforación del colgajo perióstico hasta aproximadamente un cm debajo de la línea inferior del seno frontal y la disección se continuó directamente sobre el hueso hasta identificar el paquete neurovascular supraorbitario. La disección pudo continuar sobre los huesos nasales en este punto, una vez que se verificó que el paquete neurovascular supraorbitario se encontrara libre. Se confirmó la orientación del seno frontal en la radiografía de Caldwell y la tomografía, se recortó la imagen radiográfica del seno frontal marcándose la orientación y se superpuso al seno frontal tomando como referencia el reborde orbitario superior (Figura 5), luego



Figura 4. Se incide el pericráneo dos cm por arriba de los rebordes supraorbitarios.



Figura 5. Se recorta la imagen radiográfica del seno frontal marcándose la orientación, y se sobrepone al seno frontal tomando como referencia el reborde orbitario superior.



Figura 6. Se dibuja el contorno del seno con azul de metileno.

se dibujó el contorno del seno con azul de metileno (Figura 6).

Después, se realizó el corte con sierra en los bordes del seno frontal, evitando la penetración intracraneal (y el daño subsiguiente). Con un osteotomo de cuatro mm se fracturaron los bordes orbitarios superiores y la glabella en la periferia del seno, evitando lesionar los pedículos neurovasculares supraorbitarios y supratrocleares. A continuación, fracturamos el septum interno del seno con un osteotomo curvo, así como toda la periferia del seno hasta que la pared anterior fue levantada (Figura 7). En la mayoría de ocasiones en que no se afectó el reborde orbitario se prefirió el colgajo osteoplástico. Se exploró la pared posterior del seno decidiendo la obliteración con grasa o su cranealización. Si el seno iba ser obliterado, se fresó meticulosamente toda la mucosa del seno con una fresa de diamante, poniendo particular importancia a la periferia del seno y al receso nasofrontal. Se elevó inferiormente la mucosa del infundíbulo del seno frontal



Figura 7. Senos frontales con disección de su pared anterior.

y se ocluyó cada *ostium* con fascia temporal, las pequeñas cavidades del seno pudieron ser obliteradas con pericráneo (Figura 8). Si el *ostium* era muy amplio, un fragmento de hueso se colocó para evitar que se perdiera la fascia. Esto es muy importante tanto en la desfuncionalización como en la cranealización, ya que el aislamiento de la nariz y el resto de los senos paranasales es esencial en el manejo del seno frontal.

Si se iba a utilizar grasa para obliterar el seno, ésta se obtuvo del abdomen a través de una incisión periumbilical, colocándola posteriormente en el seno. La pared anterior del seno frontal se estabilizó con microplacas de 1.5 o 1.7 mm de espesor y, preferentemente, en forma de X, doble T o 3D. El defecto óseo ocasionado con la sierra se tomó en cuenta al momento de la osteosíntesis (Figura 9).

El pericráneo fue afrontado cuidadosamente, si quedó un fragmento sin afrontar esto no debe ser motivo de

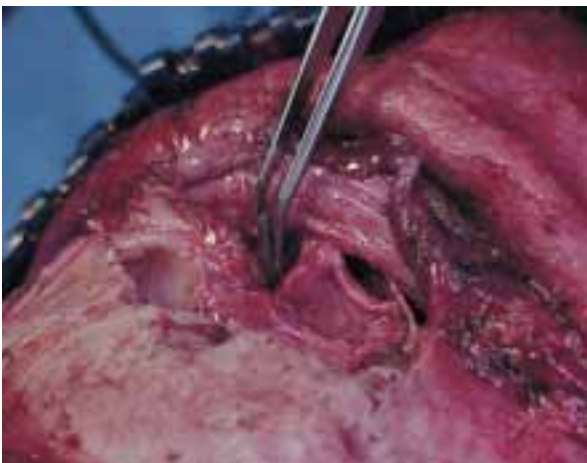


Figura 8. Oclusión de *ostium*.



Figura 9. Osteosíntesis.

preocupación, ya que de forzar este cierre se correría el riesgo de desgarrar el pericráneo. La fascia debió ser afrontada y la piel del cráneo se sutura en dos planos, se cerró el plano subcuticular con sutura absorbible 3-0 (de duración media a prolongada) y la piel se afrontó con grapas o suturas no absorbibles, dependiendo de la preferencia del cirujano (Figura 10). Se colocaron drenajes, los cuales se retiraron a las 48 horas. El vendaje compresivo debió permanecer durante tres días después de retirar el drenovack, para evitar la formación de seromas. Las suturas o grapas de la piel fueron retiradas después de 15 días de la cirugía. La herida fue cubierta con ungüento antibiótico.

Las ventajas del abordaje osteoplástico son: exposición adecuada del seno frontal que no provoca deformidad estética importante. Las desventajas incluyen: hemorragia, lesión nerviosa, remoción incompleta de la mucosa y daño cerebral o nervioso inadvertido.⁴



Figura 10. Sutura de la piel.

Cranealización del seno frontal

El abordaje para la cranealización del seno frontal es idéntico al descrito en la desfuncionalización del seno frontal.

Una vez abierto el seno frontal, la pared posterior del seno se removió, procurando elevar previamente la duramadre. Los fragmentos óseos grandes pudieron ser utilizados para el cierre de la pared anterior, en caso de necesitar injertos. El seno frontal se unió con la fosa craneal anterior, cada infundíbulo del seno frontal fue fresado, se reseco la mucosa y el *ostium* se ocluyó como se describió previamente. Algunos cirujanos prefieren al músculo, pero éste puede retraerse y, en nuestra experiencia, si empleamos este tejido es frecuente demostrar aire en el seno frontal, por lo que ya no lo usamos.

En caso de sangrado importante, la suspensión de dura con relleno de gelfoam es un valioso recurso. Para evitar este problema, el despegamiento de la dura deberá ser gentil, ya que usar demasiado el cauterio sobre la dura ocasiona retracción importante.

Las laceraciones simples de la dura fueron reparadas con puntos de seda 6-0, aguja atraumática y puntos separados. Las lesiones grandes de la dura, que no puedan cerrarse con la técnica anterior, requieren un parche de fascia suturado con un surgete continuo, o de pericráneo. Debe extremarse el cuidado del nacimiento del seno sagital en pacientes con senos frontales grandes. El cierre se practica como se describió previamente.

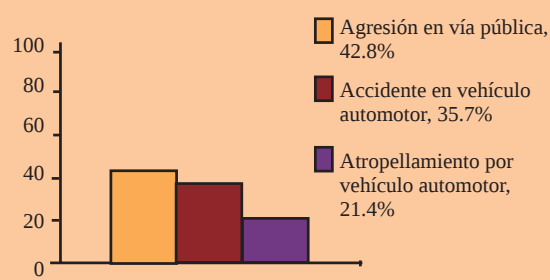
Resultados

Se reunieron 14 casos, 13 hombres (92.8%) y una mujer (7.2%). El intervalo de edad fue de 16 a 47 años, con un promedio de 26.5 años. Los mecanismos de fractura fueron: agresión en la vía pública (seis casos, 42.8%) accidentes automovilísticos (cinco casos, 35.7%) atropellamiento por vehículo automotor (tres casos, 21.4%) (Figura 11).

En tres (21.5%) pacientes la fractura del seno frontal fue única y 11 (78.5%) presentaron otras fracturas asociadas. Las fracturas asociadas más comunes fueron de órbita en el 63.6% de casos, del seno maxilar en 54.5% de casos y de los huesos propios de la nariz en 45.4 de casos (Figura 12).

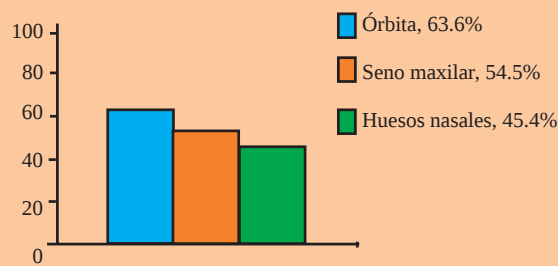
Setenta y ocho punto cinco por ciento de pacientes

Figura 11. Principales causas de fractura del seno frontal.



presentaron lesiones asociadas de éstos, 78.6% presentaron alteraciones oculares, 27.2% fístula de líquido cefalorraquídeo y 18% hemoseno. En 14.2% de

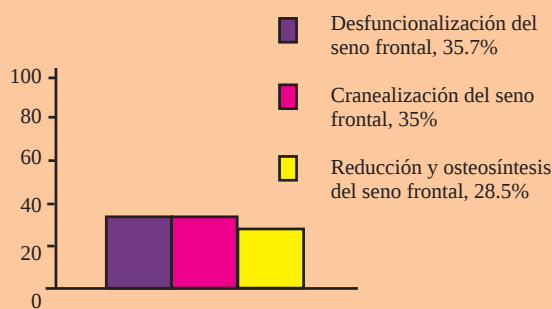
Figura 12. Principales fracturas asociadas a la del seno frontal.



casos las fracturas del seno frontal se asociaron con complicaciones intracraneales, como empiema subdural y hemorragia subaracnoidea. El tipo de abordaje más común fue el coronal (78.5%) o supraciliar (21.5%). Se utilizó la técnica quirúrgica de desfuncionalización del seno frontal en 35.7% de sujetos, cranealización del seno frontal en 35% de casos o reducción y osteosíntesis de la fractura en 28.5% de pacientes (Figura 13).

En dos (14.2%) pacientes la complicación secundaria al traumatismo original fue la pérdida funcional del ojo. La complicación postoperatoria de dolor crónico en el sitio de osteosíntesis ocurrió en 21.4% de casos (Figura

Figura 13. Procedimientos quirúrgicos realizados.

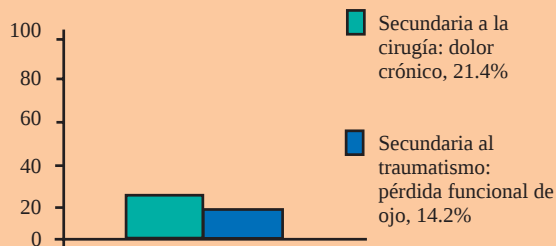


14). Este dolor desapareció en todos después de un promedio de seis meses del procedimiento, y cabe destacar que se registró una estrecha relación de esta complicación con áreas de alopecia en sitio de la cicatriz.

Discusión

Se requieren fuerzas de 800 a 1200 lb para fracturar el hueso frontal, esto es, tres veces lo necesario para

Figura 14. Complicaciones de las fracturas del seno frontal.



fracturar cualquier otro hueso de la cara, por lo que, en la mayoría de casos, las fracturas del seno frontal se asocian con fracturas de órbita, seno maxilar y huesos nasales, lesiones con gran potencial de complicaciones.⁵ Wilson BC et al. reportan que la principal causa de fractura son los accidentes automotores.⁶ En este estudio se encontró que la principal causa fue agresión en vía pública, seguida de accidentes en vehículo automotor. Dubai AJ et al. reportan que las fracturas aisladas de la pared anterior son las de mayor frecuencia;⁷ en nuestra experiencia, las asociadas con otras fracturas resultaron ser más comunes.

Las fracturas de la pared anterior requirieron reducción y osteosíntesis. Por su parte, las fracturas de la pared anterior, posterior y asociadas con otras fracturas faciales requirieron desfuncionalización y/o cranealización del seno frontal. Los fragmentos de la fractura se redujeron y fijaron, el defecto fue reconstruido con hueso autólogo y la cavidad del seno fue drenada, obliterada o cranealizada, como lo expuesto por Ioannides et al.⁸ La mayoría de fracturas asociadas correspondieron a las de la órbita, esto concuerda con lo reportado por Lee et al.⁵

El abordaje en alas de gaviota es un procedimiento alternativo en pacientes con senos frontales pequeños y

lesiones limitadas, o en aquellos en que el tiempo quirúrgico es importante por su riesgo quirúrgico, al igual que la incisión transfrontal. Este abordaje tiene el inconveniente de la cicatriz facial visible, para disminuirlo actualmente empleamos la incisión transciliar unida en vez de la de alas de gaviota.

De acuerdo con las técnicas utilizadas por Lakhani et al.,³ empleamos los materiales de osteosíntesis utilizados para la reconstrucción del techo o piso orbitario y el uso de miniplacas fijas por tornillos de titanio, en lesiones conminutas o involucramiento de los techos de la órbita, así como las mallas de titanio de 0.3 o 0.6, ya que constituyen la mejor alternativa. Las complicaciones, reportadas por Lee et al.,⁵ consisten en mucocoele, mucopiocele, osteomielitis del seno frontal, síndrome del ápex orbitario y reducción insuficiente de la fractura; en este estudio, correspondieron a pérdida funcional del ojo secundario al traumatismo y dolor crónico en el sitio de reducción.

Referencias

1. Lappert PW, Lee J. Treatment of an isolated outer table frontal sinus fracture using endoscopic reduction and fixation. *Plastic and Reconstructive Surgery* 1998;102(5):1642-1645.
2. Smith TL, Han JK, Loehrl TA. Endoscopic management of the frontal recess in frontal sinus fractures: a shift in the paradigm? *The American Laryngological, Rhinological & Otological Society, Inc.* 2002;112(5):784-790.
3. Lakhani RS, Terry Y, Marks SC. Titanium mesh repair of the severely comminuted frontal sinus fracture. *Archives of Otolaryngology Head and Neck Surgery* 2001;127(6) 665-669.
4. Lowry TR, Brennan JA. Approach to the frontal sinus: variation on a classic procedure. *Laryngoscope* 2002;112(10):1895-1896.
5. Lee TT, Ratzker PA, Galarza MS. Early combined management of frontal sinus and orbital and facial fractures. *The Journal of Trauma* 1998;44(4):665-669.
6. Wilson BC, Davidson B, Corey JP, Haydon RC III. Comparison of complications following frontal sinus fracture managed with exploration with or without obliteration over 10 years. *Laryngoscope* 1998;98:516-520.
7. Duvall AJ III, Porto DP, Lyons D, Boies LR jr. Frontal sinus fracture analysis of treatment and results. *Arch Otolaryngol Head and Neck Surg* 1987;113:993-935.
8. Ioannides C, Freihofer HP. Fractures of the frontal sinus: classification and its implications for surgical treatment. *Am J Otolaryngol* 1999;20(5):273-280.

Surgical treatment of frontal sinus fractures

*Rodríguez-Perales Marcos Antonio, **Canul-Andrade Luis Pablo, **Villagra-Siles Eric

Abstract

We conducted a retrospective-descriptive study to report the principal mechanisms and type of frontal sinus fractures, associated lesions, surgical procedures performed and complications. Fourteen fully documented cases of frontal sinus fractures that underwent surgical osteosynthesis and reevaluated with computed axial tomography. All the cases were admitted in the ENT department of Hospital Central Militar, Mexico. D.F., from February 1998 to November 2002. Of the total, 92.8% were male and the principal causes of fracture were due to street fights, secondly motor vehicle accident and other accidents. The associated fractures were orbital, maxillary sinus fractures, and nasal fractures. The surgical procedures performed were cranealization and disfunctionalization with reduction and osteosynthesis of the frontal sinus. The most important complication secondary to the original trauma was visual loss, and postoperative pain at the site of the fracture secondary to surgical procedure.

Key words: frontal sinus fractures, disfunctionalization, cranialization, osteosynthesis, complications.

**Chief of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery Service at Hospital Central Militar. México, D.F. **Resident of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery Service at Hospital Central Militar. México, D.F.*

Introduction

The frontal bone is located in the anterior part of the cranium, superior to the facial bones. It contains two pneumatic cavities in its thickness, the frontal sinuses, whose presence is the most inconstant of all paranasal sinuses in human beings. They are absent at birth and reach an adult size at 15 years of age; each one measures approximately 30 mm long, 25 mm wide, 19 mm deep, and its capacity is 10 cc (Figure 1).



Figure 1. Frontal paranasal sinuses.

In most cases, the frontal sinuses are in both sides and are asymmetric; in 20% of people they are unilateral, rudimentary, or absent. Each sinus is shaped like a triangular pyramid with a lower base, and its average height is 2 cm. It consists of three walls, a base, and a vortex. The anterior wall corresponds to the supraciliary region, which is between 4 and 12 mm thick, and it represents the facial bone that is most resistant to fractures: forces of up to 800 to 1 200 lb are necessary to fracture it, this is three times the necessary force to break any other bone in the face. The posterior or cerebral wall is thinner than the anterior one, it is 0.1 to 4.8 mm thick, and it is related to the meninges and encephalon. The medial wall separates one frontal sinus from the opposite. The base has two parts: lateral and orbital, and medial or ethmoidal, which has continuity with the ethmoid cells.

The frontal sinus is covered by mucosa; its drainage bone duct (ductus nasofrontalis) has a sinuous path, extremely short in 85% of individuals, so it is described as a recess (more than a true duct). In the draining orifices and their vicinity is a cavernous-structured tissue that can modify the ostium's permeability, and, from a

functional point of view, it can constitute an osteomeatal unit. Each ostium measures 3 to 4 mm, it is the only drainage site of the sinus, and its aperture in the nose is below the middle concha head, in the so called infundibulum of the semi lunar hiatus.

The supraorbital and supratrochlear vessels contribute with blood supply to the frontal sinus. The venous drainage is done by three ways: facial vein, ophthalmic/cavernous sinus vein, and the foramen of the subarachnoid space. The sensitive enervation of the frontal sinus is provided by the ophthalmic branch of the trigeminal nerve.

The frontal sinus is extremely resistant to fractures; however, high-speed impacts (automobile accidents, thefts) can cause a fracture, which represent 2 to 12% of all facial fractures. Incidence of intracranial complications, such as laceration of the dura mater, sinus infection, meningitis, anatomical deformities, and formation of mucocoeles, is high when the nasofrontal duct and posterior wall are affected, so it is of vital importance to prevent them through careful repair of the dura, resection of the mucosa, cranialization or disfunctionalization of the sinus. When traumas do not involve the nasofrontal duct or the posterior wall, the main problem is esthetic.¹

Treatment of frontal sinus fractures has been debated for many years. This uncertainty has originated due to the adverse consequences and complications associated with and without fractures' treatment, which has been reduced with modern imaging techniques and endoscopy. Basic considerations for surgical management of frontal sinus fractures include: 1. displacement of the anterior wall with esthetic deformity; 2. drainage obstruction, and 3. displacement of the posterior wall that causes tearing of the dura mater or encephalon laceration.² Treatment of frontal sinus fractures has advanced considerably with the development of biomedical materials and new techniques for craniofacial surgery of the frontal sinus. Management of multi-fragmented fractures of the frontal sinus is complex. Bone fragments are many times too small to be fixated, resulting in prolonged surgical time, difficult stabilization, and poor esthetic results. Advancements in the development of dynamic meshes

made of biocompatible materials provide new options for the treatment of these difficult fractures.

Titanium meshes were developed during the Vietnam War for the repairing of craniofacial defects. Titanium has an excellent biocompatibility, because it is the most compatible material with carbon, hydrogen, oxygen, and nitrogen, which causes minimal inflammatory reaction; absence of allergic reactions, toxicity or tumorigenesis; low corrosion level; good malleability; adequate stabilization of fractures due to a good metal-bone contact (osteointegration); and, when magnetic resonance or computed tomography imaging studies are carried out, it produces few artefacts. The small bone fragments can be individually joined to the mesh inside its orifices, reducing the need for osteosynthesis material. In case of defects larger than 0.5 cm, bone grafts must be placed.³

Material and methods

Included in this study were patients with frontal sinus fracture, surgically treated using osteosynthesis material in the Department of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery at Hospital Central Militar, Mexico, D.F., from February 1998 to November 2002, and whose files were available for revision and totally documented. All patients were valued through computed axial tomography.

In this study, isolated fractures of the anterior wall were not treated through surgery if they showed a shorter displacement than the cortical's thickness. If the fracture was not displaced, nasofrontal duct permeability was evaluated. If the duct was not involved, the displaced fracture was reduced, and it was stabilized with micro layers of titanium. If the fracture involved the nasofrontal duct, disfunctionalization of the sinus with fat was performed, in addition to reduction and fixation of the fracture. If the anterior and posterior wall was fractured, but with minimal displacement and release of cerebrospinal fluid that did not respond to medical treatment, the posterior wall was cranialized, and the fistula was repaired with fascia. Indications to obliterate or explore frontal sinus fractures are: chronic frontal sinusitis that does not respond to medical treatment, frontal sinus osteoma, mucocoele, and mucopiocele.

Multi-fragmented fractures or affections of the posterior wall require cranialization of the frontal sinus.

Disfunctionalization of the frontal sinus. Surgical technique

The patient with fracture of the frontal sinus is valued with computed tomography (Figure 2). Classical osteoplastic approach of the frontal sinus initiates with preoperative, anteroposterior radiography of the cranium (Caldwell at six feet); a coronal incision is made in the

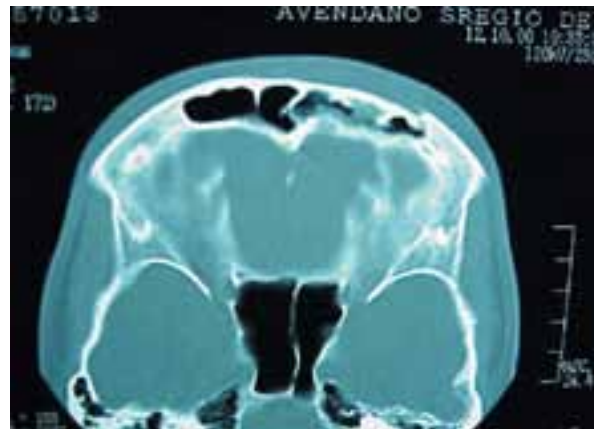


Figure 2. Computed tomography that shows frontal sinus fracture.

hair skin (the incision must be towards the hair follicles), subcutaneous tissue, and the galea reaching the lax areolar tissue layer (Figure 3). Hemostasis is carried out with cauterization and Raney clamps. The incision is taken laterally up to the pretragal area, and the dissection is carried out in anterior direction over the subgaleal areolar plane up to the supraorbital ridges, raising an osteoplastic flap, and the dissection moves laterally in the areolar plane over the temporal fascia. This incision does not go beyond the temporal line of fusion, in order to avoid damaging the frontal branch of the facial nerve. At this point, the dissection continues between the two layers of the temporal's deep aponeurosis up to the zygomatic arch, when it must be approached, otherwise this step is omitted.

Approximately 2 cm over the supraorbital ridges the pericranium is incised (Figure 4), a periosteum elevator is used to expose the frontal bone avoiding perforation of the periostic flap until approximately 1 cm under the lower line of the frontal sinus, and the dissection is continued directly over the bone until the supraorbital



Figure 3. Coronal incision in the hair skin, subcutaneous tissue, and the galea reaching the lax areolar tissue layer.



Figure 5. The frontal sinus radiographic image is cut, marking the orientation, and it is superimposed on the frontal sinus taking as a reference the superior orbital ridge.

neurovascular package is identified. The dissection can continue over the nasal bones at this point, once there is verification that the supraorbital neurovascular package is free. Orientation of frontal sinus is confirmed in the Caldwell radiography and tomography, the frontal sinus radiographic image is cut, marking the orientation, and it is then superimposed on the frontal sinus taking as a reference the superior orbital ridge (Figure 5), then the contour is drawn with metilen blue (Figure 6).

Later, the cut is made in the ridges of the frontal sinus with a saw, avoiding intracranial penetration (and subsequent damage). With a 4 mm osteotomo the superior orbital ridges and glabella in the sinus periphery are fractured, avoiding damage to the supraorbital and supratrochlear neurovascular pedicles. Next, we fractured the sinus internal septum with a curved osteotomo, as well as the entire periphery of the sinus



Figure 6. The sinus contour is drawn with metilen blue.



Figure 4. The pericranium is incised 2 cm over the supraorbital ridges.

until the anterior wall is raised (Figure 7). In most of the cases whereby the orbital ridge is not affected, the osteoplastic flap is preferred. The posterior wall of the sinus is explored, deciding between fat obliteration, or cranialization. If the sinus is to be obliterated, the whole sinus mucosa is milled meticulously using a diamond drill, emphasizing the sinus periphery and the nasofrontal recess. The mucosa of the frontal sinus infundibulum is raised inferiorly and each ostium is occluded with temporal fascia, the small sinus cavities can be obliterated with pericranium (Figure 8). If the ostium is too ample, a bone fragment can be placed to avoid loss of the fascia. This is very important in cranialization as well as in disfunctionalization, since isolation of the nose and the rest of the paranasal sinuses is essential in the management of frontal sinus.



Figure 7. Frontal sinuses with dissection of their anterior wall.

If fat is to be used to obliterate the sinus, it is gotten from the abdomen through a periumbilical incision, placing it later in the sinus. The anterior wall of the sinus is stabilized with micro layers 1.5 or 1.7 mm thick and, preferably, shaped as an X, double T or 3D. Bone defect caused by the saw must be accounted for at the time of osteosynthesis (Figure 9).

The pericranium is faced carefully. If there is a fragment not faced this should not be worrisome, since by forcing this closure we would run the risk of tearing the pericranium. Fascia must be faced and the skull's skin is sutured in two planes, the subcuticular plane is closed up with absorbent suture 3-0 (medium to prolonged duration), and the skin is faced with staples or non-absorbent sutures, depending on the surgeon's preference (Figure 10). Drainages are placed, which are withdrawn in 48 hours. Compressive bandage must



Figure 9. Osteosynthesis.

remain for three days after removing the drenovack, in order to avoid cystoseroma formation. The sutures or skin staples must be removed 15 days after surgery. The wound is covered with antibiotic ointment.

Advantages of osteoplastic approach are: adequate exposure of the frontal sinus that does not produce an important esthetic deformity. Disadvantages include: haemorrhage, nervous lesion, incomplete removal of the mucosa, and unnoticed nervous or cerebral damage.

Cranialization of the frontal sinus

Approach for the cranialization of the frontal sinus is identical to that described for its disfunctionalization. Once the frontal sinus is open, the posterior wall is removed, trying to previously raise the dura mater. Large bone fragments can be used to seal the anterior wall, in case grafts are needed. The frontal sinus joins the anterior

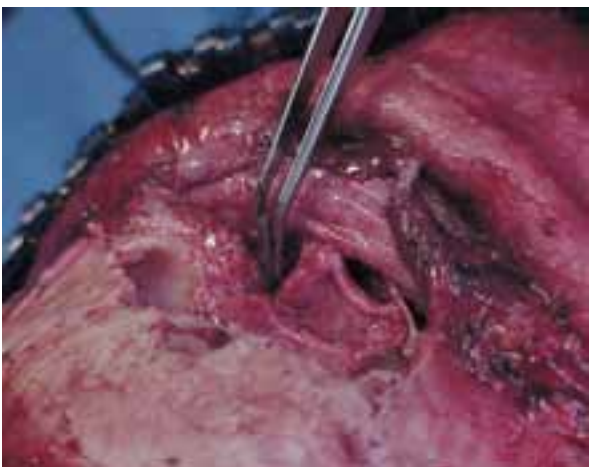


Figure 8. Ostium occlusion.



Figure 10. Skin suture.

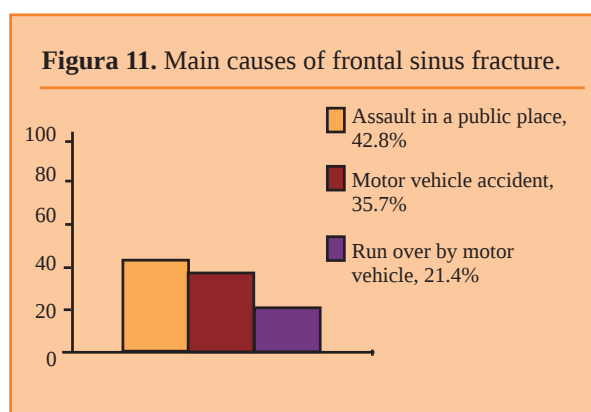
cranial fossa; each infundibulum is milled, the mucosa is resected, and the ostium is occluded as described before. Some surgeons prefer muscle, but it can retract and, from our experience, if we use this tissue it is common to demonstrate air in the frontal sinus, so we do not use it anymore.

In case of important bleeding, suspension of dura with gel foam filling is a valuable resource. To avoid this problem, the detachment of the dura should be gentle, since using the cauterizer on it for too long causes important retraction.

Simple lacerations of the dura are repaired with silk 6-0 points, non-traumatic needle, and separated stitches. Large lesions of the dura that can not be sealed as described before require a sutured fascia patch with simple continuous suturing, or from the pericranium. There should be extreme care with the birth of the sagittal sinus in patients with large frontal sinuses. Closing up is done as described before.

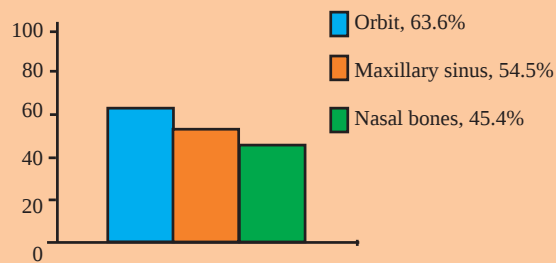
Results

Fourteen cases were gathered, 13 male (92.8%) and one female (7.2%). Age range was from 16 to 47, average, 26.5 years old. Fracture mechanisms were: assault in public place (six cases, 42.8%), automobile accidents (five cases, 35.7%), run over by motor vehicle (three cases, 21.4%) (Figure 11).

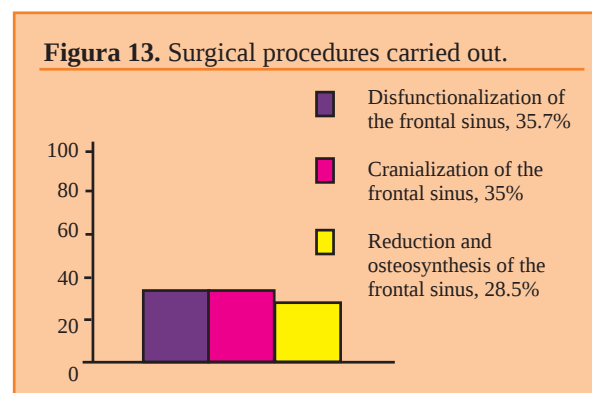


The fracture was the only one in three patients (21.5%), and eleven (78.5%) presented associated fractures. The most common were of the orbit in 63.6% of the cases, of the maxillary sinus in 54.5%, and of the nose's own bones in 45.4% (Figure 12).

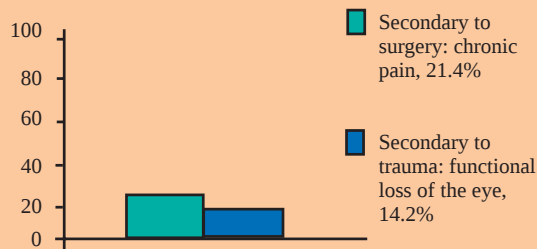
Figura 12. Main fractures associated with frontal sinus fracture.



Seventy eight point five percent of patients presented associated lesions; of these, 78.6% had ocular alterations, 27.2% fistula of cerebrospinal fluid, and 18% hemosinus. In 14.2% of cases, frontal sinus fractures were associated with intracranial complications such as subdural empyema and subarachnoid haemorrhage. The most common type of approach was coronal (78.5%), or supraciliary (21.5%). Disfunctionalization technique was used in 35.7% of patients, cranialization in 35%, or reduction and osteosynthesis of the fracture in 28.5% of patients (Figure 13).



In two patients (14.2%), secondary complication to original trauma was the eye's functional loss. Postoperative chronic pain at the site of osteosynthesis occurred in 21.4% of the cases (Figure 14). This pain disappeared in all patients an average of six months after the procedure. It should be mentioned that we registered a close relation of this complication with areas of alopecia at the wound's site.

Figura 14. Frontal sinus fractures complications.

Discussion

Forces of up to 800 to 1 200 lb are required to fracture the frontal sinus, this is three times as much needed to fracture any other facial bone, which is why in most cases these fractures are associated with fractures of the orbit, maxillary sinus, and nasal bones, lesions with great potential for complications.⁵ Wilson et al. report that the main cause for fracture are automobile accidents.⁶ This study found that the main cause was assault in public places, followed by vehicle accidents. Dubai et al. report that isolated fractures of the anterior wall are the most frequent.⁷ From our experience, the ones associated with fractures were the most common.

Fractures of the anterior wall required reduction and osteosynthesis. In turn, fractures of the anterior, posterior and others associated with facial fractures required disfunctionalization and/or cranialization of the frontal sinus. Fracture's fragments were reduced and fixated, the defect was repaired with autologous bone, and the sinus cavity was drained, obliterated, or cranialized, as exposed by Ioannides et al.⁸ Most fractures associated corresponded to those of the orbit, which agrees with what was reported by Lee et al.⁵

Approach in seagull wings is an alternative procedure in patients with small frontal sinuses and limited lesions, or those in which surgical time is important because of the risk. Just as the transfrontal incision one, this approach has the inconvenience of a visible facial scar. To reduce it, presently we use the joined transclilar incision instead of the seagull wings one.

According to the techniques used by Lakhani et al.,³ we utilized the osteosynthesis materials used for the reconstruction of the orbital ceiling or floor, and the use

of mini layers fixed by titanium screws, in comminuted lesions or involvement of the orbital ceilings, as well as the 0.3 or 0.6 titanium meshes, because they are the best option. Complications reported by Lee et al.⁵ consist of mucocoele, mucopiocele, frontal sinus osteomyelitis, orbitary apex syndrome, and insufficient reduction of the fracture; in this study, they corresponded to functional loss of the eye secondary to trauma, and chronic pain at the site of reduction.

References

1. Lappert PW, Lee J. Treatment of an isolated outer table frontal sinus fracture using endoscopic reduction and fixation. *Plastic and Reconstructive Surgery* 1998;102(5):1642-1645.
2. Smith TL, Han JK, Loehrl TA. Endoscopic management of the frontal recess in frontal sinus fractures: a shift in the paradigm? *The American Laryngological, Rhinological & Otological Society, Inc.* 2002;112(5):784-790.
3. Lakhani RS, Terry Y, Marks SC. Titanium mesh repair of the severely comminuted frontal sinus fracture. *Archives of Otolaryngology Head and Neck Surgery* 2001;127(6):665-669.
4. Lowry TR, Brennan JA. Approach to the frontal sinus: variation on a classic procedure. *Laryngoscope* 2002;112(10):1895-1896.
5. Lee TT, Ratzker PA, Galarza MS. Early combined management of frontal sinus and orbital and facial fractures. *The Journal of Trauma* 1998;44(4):665-669.
6. Wilson BC, Davidson B, Corey JP, Haydon RC III. Comparison of complications following frontal sinus fracture managed with exploration with or without obliteration over 10 years. *Laryngoscope* 1998;98:516-520.
7. Duvall AJ III, Porto DP, Lyons D, Boies LR jr. Frontal sinus fracture analysis of treatment and results. *Arch Otolaryngol Head and Neck Surg* 1987;113:993-935.
8. Ioannides C, Freihofer HP. Fractures of the frontal sinus: classification and its implications for surgical treatment. *Am J Otolaryngol* 1999;20(5):273-280.