



## **MANEJO DE BRECHA OSTEOMENINGEA EN FRACTURA DE PARED POSTERIOR DE SENO FRONTAL**

Autor: Patricio Núñez Cisterna, residente de cirugía y traumatología bucal y maxilofacial. Universidad de Valparaíso.

Tutor: Dr. Mauricio Carvajal, cirujano maxilofacial, Hospital San Pablo de Coquimbo (HSP).

Viña del Mar, 21 de diciembre de 2025

## Resumen

Las fracturas de pared posterior del seno frontal y brechas osteomeníngeas asociadas representan un desafío diagnóstico y terapéutico debido a su potencial riesgo de complicaciones intracraneales y a la heterogeneidad de criterios de manejo descritos en la literatura. El objetivo central de esta monografía es analizar críticamente la evidencia disponible respecto a las indicaciones, resultados y limitaciones de los distintos enfoques terapéuticos. A partir de la revisión de distintos estudios, se examinan los principales factores que condicionan la toma de decisiones, destacando el grado de desplazamiento de la pared posterior, el compromiso del tracto de salida del seno frontal y la presencia y persistencia de fístulas de líquido cefalorraquídeo como determinantes clave.

El trabajo desarrolla las bases del manejo conservador, sustentado en la alta tasa de resolución espontánea de fístulas traumáticas y en la baja incidencia de complicaciones en fracturas de bajo riesgo, así como los criterios que obligan a una intervención quirúrgica diferida o inmediata. Asimismo, se contrastan los resultados de distintas técnicas quirúrgicas, evidenciando el desplazamiento progresivo de los abordajes abiertos radicales hacia procedimientos menos invasivos, reservando la cranealización y la obliteración para escenarios de traumatismo severo. Finalmente, se enfatiza la importancia del seguimiento a largo plazo, dado el riesgo de complicaciones tardías como mucocelos o sinusitis crónica. En conjunto, la evidencia analizada respalda un enfoque individualizado, basado en la gravedad de la lesión y su evolución clínica, y pone de manifiesto la necesidad de estudios prospectivos que permitan estandarizar criterios y optimizar los resultados a largo plazo.

## Palabras clave

*Frontal Sinus, Skull Base Fractures, Cerebrospinal Fluid Rhinorrhea, Craniocerebral Trauma*

## Agradecimientos

Quisiera agradecer a mi pareja, Betzabé, por esos cafés de media tarde, esas comidas preparadas con amor, esos abrazos largos y reconfortantes, por creer en mí más de lo que yo lo hago, por quererme como soy. Sin ti, creo que quizá estaría aquí, pero definitivamente no tan feliz como lo soy a tu lado.

A mis padres. El orgullo que siento por ustedes y lo que han logrado siempre lo llevo en alto. Han sido años llenos de cambios, hemos vivido momentos que nos han hecho pasar por todo el espectro de emociones y aquí seguimos, queriéndonos más que nunca a pesar de los kilómetros. Gracias por ayudarme y apoyarme, aun cuando mi profesora de cuarto básico les dijo que nunca llegaría a la universidad.

A mi tía Olga, mi segunda madre, por demostrarme siempre su amor de la manera más sincera e incondicional, por verme con orgullo porque sabe que soy lo que soy, en parte, es por ella.

A mis hermanos Sebastián y Bárbara. La relación que hemos construido ha ido creciendo, como nosotros, así como también nuestro cariño. Muchas gracias por su honestidad, por compartir sus miedos e inseguridades, porque es desde ahí donde nos podemos cuidar, comprender y respetar. Es fácil estar en los buenos momentos, pero los momentos difíciles no son para todos, son para los hermanos.

A todos mis profesores (con una clara excepción) desde el colegio, preuniversitario, pregrado y postgrado. Muchos de ellos sólo transmitieron conocimiento, pero otros me traspasaron su pasión, entusiasmo, sabiduría y valores. Por varios siento una gran admiración desde lo académico, pero por sobre todo, lo humano. Encontraron el tiempo y las palabras necesarias para darme un aliento, una simbólica palmada en la espalda que me reconfortó cuando más lo necesitaba. Aquí quisiera agradecer al Dr. Mauricio Carvajal, un hombre genuino, correcto, con gran conocimiento académico; y también muy divertido, carismático, compasivo y preocupado por el resto (y bueno para las churrascas), en otras palabras, una gran persona. Usted sin duda se ha convertido en uno de mis referentes, alguien a quien admiro. Quisiera poder mantener ese tan delicado pero bonito equilibrio entre destacar en lo profesional y tener una gran vida personal, pero tener su firmeza de escoger lo más importante sin perder el norte cuando ese equilibrio es roto. Gracias por mostrarme que eso es posible.

## Índice

Introducción .....	5
Objetivo general .....	7
Objetivos específicos .....	7
Anatomía del seno frontal y base de cráneo .....	8
Biomecánica y fisiopatología de las fracturas frontales .....	11
Concepto de brecha osteomeníngea .....	15
Factores de riesgo para persistencia de fuga de LCR .....	16
Gravedad y desplazamiento de la fractura .....	16
Fracturas combinadas y lesiones asociadas .....	16
Mecanismo de lesión .....	17
Presión intracraneal elevada y comorbilidades .....	17
Diagnóstico y tratamiento tardío .....	17
Manifestaciones clínicas y complicaciones .....	18
Morbilidad .....	19
Mortalidad .....	20
Métodos diagnósticos .....	21
Principios de manejo de la fractura de pared posterior .....	22
Opciones quirúrgicas en el manejo de la brecha osteomeníngea .....	28
Técnicas abiertas .....	31
Reducción abierta con fijación interna .....	31
Obliteración .....	32
Cranealización .....	33
Ablación .....	33
Materiales de reparación .....	35
Resultados y pronóstico .....	37
Recomendaciones de la evidencia actual .....	43
Discusión .....	45
Conclusión .....	48

## Introducción

Las fracturas que comprometen la pared posterior del seno frontal representan un desafío crítico en la cirugía maxilofacial y craneofacial, no solo por su compleja anatomía tridimensional, sino por el riesgo inminente de complicaciones neuroinfecciosas y de fístula de líquido cefalorraquídeo (LCR) asociado a la comunicación entre el sistema nasal y la cavidad craneal. Estas fracturas, frecuentemente causadas por traumatismos de alta energía (accidentes de tránsito, agresiones o caídas), cuya prevalencia reportada por la literatura las sitúa entre un 5% al 15% de todas las fracturas faciales, siendo un rango consistente en distintas poblaciones estudiadas (1), aunque sin reportes en Chile que puedan asimilarse. Además, entre el 66% al 87% de los pacientes que presentan fractura de seno frontal presentan fracturas del resto del macizo facial (2), destacando la frecuente coexistencia de estas lesiones y de ahí derivando la importancia del conocimiento sobre su diagnóstico, manejo y comprensión de las eventuales consecuencias derivadas de nuestras decisiones clínicas. Como resultado conllevan una alta incidencia de brechas osteomeníngeas —defectos óseos con laceración dural— que actúan como puertas de entrada para patógenos, predisponiendo a meningitis, encefalitis o abscesos cerebrales (2), que si bien, no son de manejo de la especialidad de cirugía maxilofacial, son importantes de conocer para coordinar a los equipos respectivos y actuar en consecuencia.

A pesar de los avances en técnicas de imagen (TAC con reconstrucciones 3D) y abordajes quirúrgicos, el manejo óptimo de estas brechas sigue siendo controvertido en la literatura especializada. Mientras algunos protocolos abogan por la reparación primaria inmediata con injertos óseos autólogos y colgajos locales, otros proponen técnicas endoscópicas mínimamente invasivas, manteniendo la funcionalidad de la cavidad paranasal, postulando que de esta manera se minimizan las complicaciones tardías, defendiendo un enfoque más conservador y funcional (3). Esta disparidad refleja la ausencia de consenso en torno a criterios unificados para la selección de técnicas, evaluación de viabilidad tisular y prevención de recidivas.

En ese sentido, ¿cuáles son los criterios diagnósticos y terapéuticos actuales para el abordaje de las brechas osteomeníngeas en fracturas de pared posterior del seno frontal en cirugía maxilofacial? Es una pregunta con importancia académica y clínica al enfocarse en una controversia aún no resuelta en la literatura, puesto que, a pesar de su baja prevalencia, estas fracturas tienen potenciales complicaciones neurológicas que pueden generar un daño elevado en los individuos. Además de que el

estudio de este asunto favorece la integración a disciplinas como neurocirugía u otorrinolaringología, reforzando la toma de decisiones basadas en evidencia, generando un trabajo multidisciplinario fundamental para el cirujano maxilofacial que se desempeñará en centros asistenciales de mediana y alta complejidad.

En este contexto, la presente monografía busca analizar críticamente las estrategias actuales de manejo de brechas osteomeníngeas en fracturas complejas del seno frontal, evaluando su eficacia, tasa de complicaciones y resultados funcionales a largo plazo.

## Objetivo general

Analizar las estrategias diagnósticas y terapéuticas actuales para el manejo de las brechas osteomeníngeas asociadas a fracturas de la pared posterior del seno frontal, considerando su relevancia, sus indicaciones clínicas y sus resultados reportados en la literatura especializada.

## Objetivos específicos

1. Contextualizar la importancia clínica de las fracturas de la pared posterior del seno frontal y de las brechas osteomeníngeas, describiendo su fisiopatología, impacto en la morbilidad, signos clínicos y complicaciones.
2. Identificar los métodos diagnósticos disponibles para la pesquisa de defectos osteomeníngeos post traumáticos, considerando su precisión, limitaciones y utilidad en el contexto del trauma frontal.
3. Revisar y comparar las principales opciones terapéuticas —quirúrgicas y no quirúrgicas— para el manejo de brechas osteomeníngeas, analizando sus indicaciones, ventajas, limitaciones y resultados según la evidencia disponible.
4. Examinar las recomendaciones y tendencias actuales propuestas en la literatura internacional respecto al manejo de estas lesiones, evaluando su aplicabilidad en el contexto local y en la práctica clínica del cirujano maxilofacial.

## Anatomía del seno frontal y base de cráneo

El seno frontal constituye una celda etmoidofrontal que, a partir de los 15 años, se expande entre la escama y la porción orbitonasal del hueso frontal, desarrollándose entre las dos tablas de este. En condiciones de desarrollo normal, el seno frontal presenta una morfología similar a la de una pirámide triangular, con una altura promedio de 2 cm. Se presenta una estructura compuesta por tres paredes, una base y un vértice. La pared anterior se asocia con la región superciliar y su espesor es de 3 a 4 mm. La pared posterior o cerebral presenta un espesor inferior al de la pared anterior, siendo su medida aproximada de 1 mm. La pared medial que posee una constitución delgada actúa como un elemento de separación entre un seno frontal y el seno opuesto.

La base del seno se compone de dos secciones: una lateral, también denominada orbitaria, y otra medial, conocida como etmoidal. La región lateral u orbitaria presenta una convexidad en dirección superior y medial, y a menudo se segmenta en múltiples divertículos a través de trabéculas óseas que conectan las paredes con la base del seno. La región interna o etmoidal se localiza en un plano ligeramente inferior en relación con la pared lateral. Presenta continuidad con una hemicelda etmoidal, a través de la cual el seno establece comunicación con las cavidades nasales. La morfología de dicha hemicelda presenta variabilidad. En la mayoría de los casos, presenta una forma infundibuliforme y atraviesa el hueso etmoides de manera oblicua, hasta alcanzar su orificio de desembocadura en el meato nasal medio. El infundíbulo etmoidal se presenta en un 66.67% de los casos como una estructura que se abre en el extremo superior del hiato semilunar. Por esta razón, este hiato es comúnmente denominado como canal infundibular.

Se pueden observar variaciones en el tamaño de los senos, que pueden clasificarse en grandes y pequeños. Se clasifica como pequeños aquellos senos cuya cavidad no presenta relación con la escama del hueso frontal y que se localizan exclusivamente en el ángulo superomedial de la cavidad orbitaria. Independientemente de las dimensiones del seno, este siempre se relaciona con la apófisis orbitaria medial del hueso frontal y a la región de dicho hueso adyacente a esta (4).

La literatura médica contemporánea, fundamentada en estudios de tomografía computarizada y en clasificaciones internacionales, identifica las siguientes variaciones principales:

El seno frontal puede presentar diversas condiciones, tales como la aplasia, hipoplasia, un tamaño

intermedio o una hiperplasia. La prevalencia de cada variante se manifiesta de manera diferente según la población objeto de estudio. Por ejemplo, la aplasia unilateral o bilateral se presenta en aproximadamente el 2% de los casos, mientras que la mayoría de los individuos exhibe senos de tamaño medio o hiperplasia (5-6).

Se observa una considerable variabilidad en las dimensiones que incluye parámetros como la altura, el ancho y la longitud, así como en el grado de contacto con la órbita. La extensión de la neumatización hacia el techo orbitario puede clasificarse en diferentes tipos: desde la ausencia de neumatización, pasando por una neumatización limitada a la porción medial, hasta alcanzar una neumatización predominante del techo orbitario. Asimismo, se observan diferencias significativas en las dimensiones en función del sexo, del grupo étnico y del tipo de maloclusión esquelética (7-8)

Para las variaciones en las celdas frontoetmoidales según la clasificación de la *International Frontal Sinus Anatomy Classification* (IFAC), la anatomía del seno frontal y su receso puede verse afectada por la presencia de diversas celdas etmoidales, lo que tiene implicaciones en el acceso quirúrgico. Las más relevantes comprenden:

Las celdas agger nasi se encuentran presentes en más del 90% de los casos.

Las celdas supra agger (SAC) y supra agger frontal (SACF) son estructuras anatómicas relevantes en el contexto de la anatomía de los senos paranasales. Las SAC se localizan en la región superior del agger nasi, mientras que las SACF se encuentran en la parte frontal del mismo. Ambas celdas desempeñan un papel significativo en la ventilación y el drenaje de los senos paranasales, así como en la patología asociada a enfermedades sinusales. Su estudio es fundamental para comprender la variabilidad anatómica y las implicaciones clínicas en procedimientos quirúrgicos relacionados con la cavidad nasal y los senos paranasales.

Celdas supraorbitarias etmoidales, que pueden extenderse al seno frontal y se asocian a mayor riesgo de sinusitis frontal. Celdas septales anteriores e intersinusales (9).

Comentado [JD1]: Arreglar formato.

El tabique intersinusal, localizado entre los senos paranasales, es asiento de múltiples variaciones anatómicas con repercusión clínica. Estas variaciones pueden ser desde un tabique más grueso, deformado o desplazado, hasta la presencia o ausencia de éste. El conocimiento de estas alteraciones es importante para la práctica clínica, sobre todo en procedimientos quirúrgicos de los senos paranasales, ya que pueden alterar la técnica quirúrgica y los resultados postoperatorios. Además, estas variaciones pueden relacionarse con ciertas condiciones patológicas, como la sinusitis crónica, lo que enfatiza la importancia de una evaluación cuidadosa en el diagnóstico y manejo de enfermedades nasales y sinusales (10).

Desde una perspectiva anatómica, la pared posterior del seno frontal representa una barrera fundamental que separa dicho seno de las meninges, en particular de la duramadre, así como del espacio subaracnoideo. La duramadre se adhiere de manera íntima a la superficie interna de la tabla posterior. Cualquier defecto, ya sea de origen traumático, quirúrgico o patológico, en esta pared puede dar lugar a una comunicación directa entre el seno frontal y el espacio meníngeo. Esta situación conlleva un riesgo potencial de fístula de líquido cefalorraquídeo y meningitis.

En lo que respecta a la relación vascular, la arteria etmoidal anterior constituye la estructura vascular de mayor relevancia en la proximidad del seno frontal. La arteria en cuestión atraviesa el techo de la órbita y se introduce en la base del cráneo mediante la lámina cribosa, situándose en proximidad al receso frontal y a la pared posterior del seno frontal. La posición de la arteria etmoidal anterior puede fluctuar en función del grado de neumatización del seno frontal (11-12). Un mayor grado de neumatización puede provocar un desplazamiento inferior de esta arteria, alejándola de la base del cráneo y, por ende, incrementando el riesgo de lesión durante intervenciones quirúrgicas. Asimismo, la arteria etmoidal anterior origina ramas nasales que pueden ser utilizadas como referencias anatómicas en el contexto de la cirugía endoscópica del seno frontal (13).

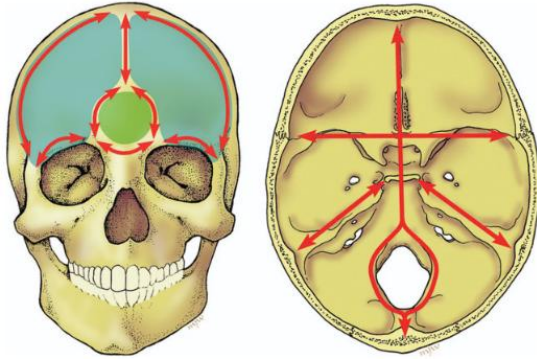
## Biomecánica y fisiopatología de las fracturas frontales

El compromiso del seno frontal debido a trauma craneofacial se produce principalmente a través de mecanismos de alta energía que provocan fracturas en la pared anterior, posterior o en ambas del seno frontal. Los mecanismos más comunes de lesiones incluyen accidentes de tráfico, tanto de vehículos como de motocicletas, caídas desde alturas, agresiones físicas en el contexto de la violencia interpersonal y heridas penetrantes, tales como las ocasionadas por armas de fuego (1).

Las fracturas del seno frontal generalmente requieren la aplicación de una fuerza considerable, lo que justifica su frecuente asociación con otros traumatismos faciales y craneales concomitantes, tales como lesiones orbitarias y daño cerebral traumático (14). Se han documentado casos en los que se han producido lesiones a través de mecanismos de baja energía, tales como caídas desde alturas inferiores a 2 metros, particularmente en poblaciones urbanas (2). Esto resalta la relevancia de considerar el diagnóstico en situaciones que involucran traumas que, a primera vista, pueden parecer menores.

El patrón de fractura presenta variaciones en función del mecanismo de lesión. Los impactos de alta energía, tales como los ocasionados por accidentes de tráfico o heridas por arma de fuego, suelen dar lugar a fracturas conminutas y desplazadas. Estas fracturas frecuentemente involucran ambas tablas del seno y se asocian con un mayor riesgo de complicaciones, que incluyen fuga de líquido cefalorraquídeo, meningitis y secuelas neurológicas. Por otro lado, los impactos de baja energía tienden a provocar fracturas aisladas de la tabla anterior, las cuales presentan una menor frecuencia de complicaciones graves.

Para entender cómo se producen estas fracturas y que patrones son probables de encontrar, hay que tener en cuenta los arbotantes de resistencia y las áreas más débiles del tercio superior como se muestra en la fig 1 (15). Basado en esto surgen algunas clasificaciones para describir las zonas de fractura de la bóveda anterior de cráneo, que, si bien no corresponde al dominio del cirujano maxilofacial, conocerlas ayuda a comprender mejor los potenciales síntomas, complicaciones y relación con estructuras/espacios anatómicos contiguos. Además de entenderse mejor con otras especialidades y facilitar la toma de decisiones clínicas.



*Fig 1. A la izquierda, las flechas rojas representan los pilares de resistencia. Las áreas coloreadas entre las flechas representan las áreas de mayor debilidad. A la derecha, una vista axial de la bóveda craneal donde se marca con flechas rojas los pilares de resistencia.*

Para estos efectos, se presentan dos clasificaciones: la de Madhusudan et al. en la fig 2 (16) y la de Manson et al que divide las fracturas en 3 patrones según la localización y el vector de fuerza (15):

- Tipo I: fractura lineal aislada de la base craneal anterior.
- Tipo II: fractura vertical-lineal que involucra tanto la bóveda frontal como la base craneal.
- Tipo III: fractura conminuta que afecta la bóveda frontolateral y el techo orbitario, asociada a una fractura lineal de la base.

Ambas clasificaciones consideran si existen o no presencia de fracturas faciales asociadas, subclasificándolas en impuras y puras respectivamente. Para ambas clasificaciones, los autores señalan que las impuras, son las con mayores probabilidades de complicaciones.

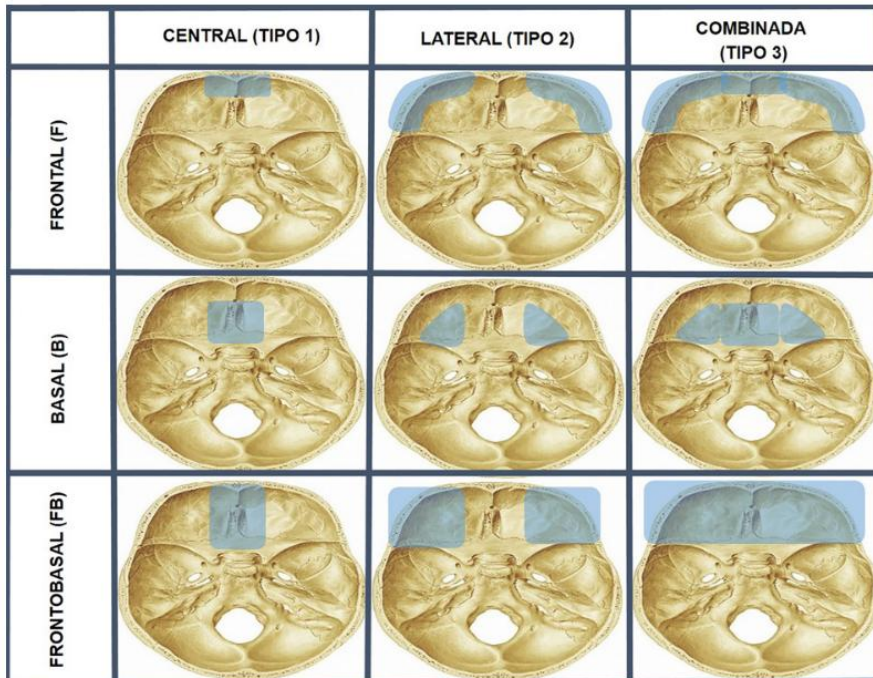


Figura 2. Clasificación de Madhusudan de las fracturas frontobasales. F1= Hueso frontal central, seno frontal, tercio medio de bordes orbitarios superiores. F2= Dos tercios lateral del borde orbitario superior, hueso frontal lateral y escama del temporal. B1= Nasoetmoidal, lamina cribiforme, planum esfenoidal. B2= Techo, pared lateral y ápice de la órbita. FB1= F1+B1. FB2= F2+B2. Combinada: F3= F1+F2, B3= B1+B2, FB3= FB1+FB2.

Siendo el hueso frontal parte del macizo facial y la base craneal, su fractura produce alteraciones tanto funcionales como estéticas como la deformidad facial, disfunción del seno frontal, fuga de LCR (de haber compromiso de la tabla posterior). La comunicación entre el seno frontal y el espacio intracraneal puede generar neumoencéfalo, entrada de bacterias que pueden producir meningitis o abscesos cerebrales y si la solución de continuidad es mantenida, provocar una fistula de LCR (17).

A largo plazo, y por vecindad de estructuras puede haber secuelas tipo neurológicas como anosmia, cefaleas persistentes, alteraciones cognitivas o alteraciones sensitivas del dermatoma V<sub>1</sub>; oftalmológicas como alteraciones visuales o neuropatía óptica; y funcionales con la disfunción sinusal que puede conllevar a una sinusitis crónica o formación de mucocelos (14).

Respecto a los mucocelos, la literatura reporta tasas entre el 1% a 8,6%, dependiendo del tipo de fractura y el manejo realizado. La falta de drenaje de esta cavidad pareciera ser el único factor clave en el desarrollo de esta patología, sin embargo, hay estudios donde muestran las complicaciones en cohortes de pacientes, observando que existe asociación con fracturas con desplazamiento de la tabla posterior y en casos donde no se realiza tratamiento quirúrgico adecuado (18). En cuanto a la incidencia de fístulas de LCR postraumáticas, depende del tipo y extensión de la fractura, pero los mejores datos informan tasas de 7-8% en series clínicas de pacientes con fractura de seno frontal (17). En particular, la fractura combinada de tabla anterior y posterior y la afectación de base de cráneo aumentan el riesgo de fístula de LCR, llegando hasta un 29% en cohortes de fracturas de base anterior de cráneo que incluyen al seno frontal (18).

En cuanto a la fisiopatología de los mucocelos, se producen principalmente por una obstrucción del tracto de drenaje del seno frontal (ostium o conducto nasofrontal), que impide el drenaje normal de las secreciones generadas por la mucosa respiratoria del seno. A parte de una fractura, esta obstrucción puede ser causada por desplazamiento óseo, fibrosis, inflamación, tejido cicatricial (20). La persistencia de la mucosa secretora y la obstrucción provocan la acumulación gradual de moco. Este proceso crea una lesión expansiva que erosiona las paredes óseas del seno, adelgazándolas, destruyéndolas y extendiéndose hacia la órbita o la cavidad intracraneal. El crecimiento del mucocele puede causar síntomas compresivos en estructuras vecinas, como alteraciones visuales, proptosis, diplopía o manifestaciones neurológicas en caso de invasión intracraneal (21).

## Concepto de brecha osteomeníngea

La solución de continuidad de la barrera ósea y de duramadre que envuelve al cerebro y a la médula espinal es llamada brecha osteomeníngea. Esta genera una comunicación anormal entre el sistema nervioso central (SNC) y otros espacios reales o virtuales del cuerpo. Dependiendo de su origen, estas pueden ser traumáticas, iatrogénicas y espontáneas. En lo que respecta a su tamaño, algunos autores han propuesto una clasificación según el grado de desplazamiento de la pared posterior (3):

- Leve: 0-4 mm de desplazamiento, neumoencéfalo leve y leve conminución. Con o sin salida de LCR
- Moderada: 4-6 mm de desplazamiento, neumoencéfalo moderado y conminución moderada.
- Severa: mayor a 6 mm de desplazamiento, conminución severa y neumoencéfalo.

La fuga de LCR se produce por la laceración de la duramadre, capa meníngea más externa y resistente del SNC. Una fístula de LCR se define como la fuga anormal de éste fuera de su vía ventricular, cisternal y subaracnoidea. De este modo, el LCR abandona un sistema de mayor presión a otra de menor presión, que generalmente son las cavidades situadas en la base del cráneo. La pérdida de LCR trae como consecuencia el síndrome de hipotensión endocraneana (cefalea) o la fuga anormal (rinorraquia, otorraquia). Pero, sobre todo, la importancia de una fístula de LCR y su brecha osteomeníngea radica en ser una vía de acceso al SNC de una variedad de microorganismos que colonizan la mucosa de cavidades vecinas a la base del cráneo y que pueden provocar complicaciones potencialmente graves.

## Factores de riesgo para persistencia de fuga de LCR

La fuga de LCR ocurre en aproximadamente un 2% de todos los traumas en la cabeza (23), sin embargo, se reporta que la mayoría de estas cierran de manera espontánea entre 7 a 10 días (18), pasado este tiempo, se considera una fuga persistente por lo que debe ser intervenida por su alto riesgo de meningitis. Son distintos los factores contribuyen a perpetuar una fuga de LCR, sin embargo, aquí se exponen los más documentados en la literatura:

### Gravedad y desplazamiento de la fractura

Las fracturas desplazadas de la pared posterior del seno frontal, especialmente cuando no se realiza tratamiento quirúrgico adecuado como reconstrucción con injertos autólogos, aumentan el riesgo de persistencia de la fuga de LCR (18).

### Fracturas combinadas y lesiones asociadas

En cohortes de pacientes analizadas, la presencia de fracturas que afectan tanto la tabla anterior como la posterior del seno frontal, así como la coexistencia de fracturas centrolaterales de la cara (fracturas panfaciales y LeFort tipo II y III), aumentando un 8,9% la presencia de una fuga en comparación a un 1,2% de las otras fracturas faciales encontradas en estas cohortes. Estas lesiones suelen reflejar un mecanismo de trauma de alta energía y mayor daño anatómico. El mecanismo que explica estos hallazgos es que son lesiones que se acercan a la base del cráneo, facilitando la laceración dural (18)(23). Sin embargo, a pesar de que las clasificaciones clásicas de lesiones de base anterior de cráneo parecían tener una correlación con las brechas osteomeníngea y la subsecuente fuga de LCR, un estudio no encontró relación entre esta y la clasificación de Madhusudan y tampoco con el porcentaje de área de base anterior de cráneo ocupado por la fractura (16).

### **Mecanismo de lesión**

Los mecanismos de trauma penetrante y los accidentes de vehículos motorizados se asocian con mayor riesgo de fuga persistente en comparación con lesiones contusas, debido a la mayor probabilidad de laceración dural extensa y comunicación directa con el espacio subaracnoideo (22-23).

### **Presión intracraneal elevada y comorbilidades**

La presión intracraneal elevada dificulta el manejo de las fugas. Esta condición se puede observar en pacientes con obesidad, insuficiencia cardiaca, bronquitis crónica, rinitis alérgica y anomalías craneofaciales. Por mecanismos que aún se desconocen, estos pacientes presentan mayor probabilidad de una fuga espontánea, sin embargo, no se ha encontrado una correlación en pacientes con estas patologías en contexto de trauma. Sin embargo, la literatura no descarta que, por su mayor dificultad de manejo sistémico, sea más probable que desarrollen una fuga tardía en contexto post trauma (19).

### **Diagnóstico y tratamiento tardío**

Como ya fue discutido, generalmente el mecanismo que provoca estas fracturas es por un impacto de alta energía, por lo que la mayoría de estos pacientes está politraumatizado. Esto genera una toma de decisiones clínicas basada en la estabilización del paciente y tratamiento de lesiones potencialmente mortales, por lo que la fractura sinusal queda muchas veces relegada a segundo plano. Así podría pasar más de 7 días con una fuga de LCR persistente no pesquisada (17).

## Manifestaciones clínicas y complicaciones

El signo patognomónico de que existe una laceración dural es la salida de LCR por alguno de los orificios o cavidades según la ubicación anatómica del trauma. Para el caso de la brecha producida en el seno frontal, la rinorrea es el signo más frecuente en cuanto a las fugas de LCR presente en un 29% de los pacientes con trauma frontal (19). Esta es una secreción nasal clara que, de no salir por alguna de las narinas, puede escurrir por la nasofaringe y los pacientes relatan tragar un líquido con sabor salado.

A pesar de que el dolor de cabeza ha sido igualmente reportado como un síntoma (17), este no se debe al clásico mecanismo de hipotensión endocraneal, el que por disminución de volumen LCR hace que la masa encefálica traccione las meninges y estructuras vasculares con terminaciones nerviosas, ya que este mecanismo es propio de las fistulas a nivel espinal, donde el LCR tiene una presión mayor a la atmosférica, mientras que en el compartimiento craneal, la presión es menor que la atmosférica en posición ortostática. Es por esto, que si se mantiene la cabeza por sobre el nivel de la cintura (cabeza a 30° por ejemplo) disminuye la salida de LCR en fistulas de base de cráneo (24-26).

En cuanto a las complicaciones derivadas de una comunicación prolongada entre el espacio intracraneal y el espacio sinusal, la más grave es la meningitis bacteriana que varía entre a un 3,2% a un 28,6% según los reportes de la literatura (16)(19). Esta se define como la entrada de bacterias al espacio subaracnoideo, causando la inflamación de las membranas meníngeas en partículas la aracnoides y piamadre. En cuanto a los signos y síntomas, estos no difieren de una meningitis adquirida en la comunidad, sin embargo, dado el contexto del trauma, puede haber síntomas superpuestos o consecuencia de otras lesiones intracraneales como hemorragias subaracnoideas o edema cerebral. Además, si el paciente requiere ventilación mecánica invasiva y soporte farmacológico, no es posible evaluar alteraciones neurológicas ni focalidades, lo que podría retrasar el diagnóstico (27). En este tipo de casos, se podría usar la escala de coma de Glasgow (GCS). Un estudio mostro la alta recurrencia de fuga de LCR en pacientes con GCS 3 respecto a GSC mayores, lo que podría atribuirse a un trauma encefálico de mayor energía que provoca mayor lesión parenquimatosa (16).

Clásicamente, se describe una triada de signos y síntomas: fiebre, rigidez nuchal y alteración del estado mental, sin embargo, cabe aclarar que se ha reportado que la presentación de esta triada es de solo un 44% en adultos al inicio de la enfermedad. Otros síntomas adicionales puede ser dolor de cabeza que suele ser intensa y de inicio rápido, fotofobia y vómitos (27).

En cuanto a otras complicaciones infecciosas como lo son los abscesos cerebrales, son de muy baja incidencia, teniendo estudios que reportan un 3,6% (15) mientras que en otros grupos es 0% (17) lo que podría reflejar que un abordaje más conservador, siempre que el caso clínico lo permita, disminuiría las complicaciones, puesto que a pesar de seguir las normas de asepsia y antisepsia, al crear abordajes para intervenir estas fracturas, se crean brechas que podrían permitir el paso de flora microbiana saprofita como *S. aureus* u otros.

Por otra parte, el neumocéfalo es otra complicación descrita para este tipo de brechas. Su pesquisa puede ser en un TAC, donde se observa aire en el lóbulo frontal. Este signo imagenológico, según algunos autores, debería ser considerado como signo inequívoco de una brecha osteomeníngea (18), que puede evolucionar, casos muy aislados, en un neumocéfalo a tensión, complicación mucho más grave que produce un efecto de masa que desplaza el parénquima cerebral, con el consecuente deterioro neurológico que puede llegar a ser fatal (28-29).

### **Morbilidad**

La morbilidad y la mortalidad derivan principalmente de la gravedad del traumatismo inicial y de la comunicación que se establece con el espacio intracraneal, lo que conlleva un alto riesgo de infecciones y secuelas crónicas.

- Complicaciones infecciosas y de la barrera craneal
  - Se han reportado una prevalencia del 28,6% para la meningitis y un 3,6% para los abscesos cerebrales (15).
  - La fistula de LCR está presente en un 3,4% (17).

- El neumoencéfalo es un hallazgo común a la imagenología, con una prevalencia de 55,4% (30). En el caso del neumoencéfalo a tensión se ha reportado un 7,1% (15).
- Complicaciones crónicas y de disfunción sinusal
  - Los mucocelos y sinusitis frontales ocurren en un 8,6% y tiene una asociación significativa con fractura de pared posterior desplazada sin tratamiento (17).
  - El dolor de cabeza persistente se observa en un 5,1% de los casos (17).
- Secuelas post quirúrgicas y sensoriales
  - Algunas cohortes reportan que un 25% de los pacientes con fistula de LCR han presentado convulsiones.
  - Por la ubicación anatómica del área en cuestión, la anosmia también es considerada una secuela, presente en un 14,3% (15).
- Secuelas post quirúrgicas y estéticas
  - Estas fracturas pueden generar deformidad estética significativa, sobre todo cuando están asociadas a fracturas nasorbito etmoidales (NOE) ha sido reportada en un 5,1% (1)(17).
  - Complicaciones generales post operatorias que incluyen diplopía, paresia del nervio facial o dehiscencias de los abordajes en menos de un 5% de los casos cuando se combinan todas (1).

## **Mortalidad**

La mortalidad está asociada a la gravedad del trauma subyacente y, en gran medida, al desarrollo de infecciones sistémicas derivadas de la fistula de LCR.

- La mortalidad específica por el trauma depende del mecanismo y la energía involucrada. En traumas graves, la mortalidad en fracturas de seno frontal y base anterior de cráneo fue de un 7,1% (15).
- Cohortes más antiguas, pero con números más representativos tienen un 9,3% de mortalidad asociadas a morbilidades post quirúrgicas como meningitis, sinusitis frontal, infección temprana de la herida y piomucocelos (31).

## Métodos diagnósticos

Como ya se ha dicho, uno de los principales signos de brecha osteomeníngea y que es de rápida aparición es la rinorrea. Existen dos pruebas *bedside* (pruebas rápidas para confirmar sospecha sobre alguna patología puntual, sin necesidad de procesar muestras por un laboratorio) que pueden ser aplicadas rápidamente y sin muchos requerimientos, además considerando que la mayoría de estos pacientes son evaluados en contexto de trauma. Una es el signo del halo o signo del objetivo (*target sign*). Se trata de una prueba donde al depositar el líquido en una servilleta o papel absorbente, se forma una circunferencia central de sangre con un halo periférico transparente (22). Otra prueba rápida a realizar es depositar el líquido claro sobre una tira reactiva para hemogluco-test que, en condiciones normales, debería marcar un 60% a 70% de la glucosa capilar (32).

Sin embargo, el *gold estándar* es la prueba de  $\beta$ -2 transferrina (proteína específica del LCR), hecho mediante el análisis en laboratorio del líquido con sospecha de ser LCR. Esta cuenta con un alto grado de especificidad y sensibilidad (22).

La imagenología tiene un rol importante ya que si, por ejemplo, la rinorrea está enmascarada por una epistaxis, no se podrán hacer pruebas al líquido sospechosos de ser LCR. Por lo que el *gold standard* en imagenología es la tomografía axial computarizada (TAC) de cortes finos, donde algunos autores proponen el 0,625 mm como el espesor ideal (3). Según lo visto en el hospital San Pablo de Coquimbo, el protocolo local es tomar cortes de 0,5 mm de espesor, lo que es aún más exigente de lo que indica la evidencia. Con estas imágenes, en el corte axial, se pueden evaluar el tamaño de las lesiones en sentido lateromedial y anteroposterior, mientras que en los cortes sagitales y coronales se puede evaluar si existe compromiso de la vía de drenaje del seno frontal. Además, se puede observar la existencia de neumoencéfalo (característica ya analizada como indicador de potencial laceración dural), anatomía interna del seno, siendo este el principal signo visto tanto en las unidades de emergencia adulto del Hospital Gustavo Fricke y Hospital San Pablo de Coquimbo en la se basan para determinar si existe una brecha osteomeníngea o no.

## Principios de manejo de la fractura de pared posterior

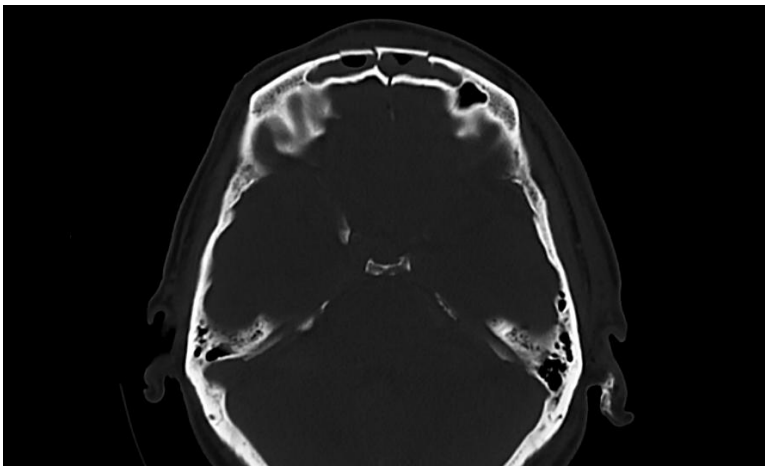
La determinación del manejo más adecuado se fundamenta en una valoración integral y multidisciplinaria que considera la severidad del trazo fracturario, el grado de desplazamiento de los fragmentos óseos, el compromiso del tracto de salida del seno frontal y, de manera especialmente relevante, la existencia y evolución de una fuga de LCR. El enfoque general para el manejo de las fracturas del seno frontal ha evolucionado hacia una estrategia más conservadora. De hecho, el 75% de todos los casos de fracturas del seno frontal en una cohorte fueron manejados de forma no quirúrgica (1).

El manejo conservador se reserva, principalmente, para fracturas consideradas de bajo riesgo, con alta probabilidad de resolución espontánea y escaso potencial de generar complicaciones a largo plazo. En este contexto, las fracturas no desplazadas de la pared posterior constituyen el escenario más representativo para una conducta expectante, al no asociarse, en general, con alteraciones intracraneales ni con compromiso funcional del seno frontal (17). De forma similar, se ha observado una tendencia creciente a la observación clínica en fracturas levemente o moderadamente desplazadas, siempre que no se acompañen de signos de complicación neurológica, infecciosa o funcional (1). Asimismo, la presencia de una fuga de LCR en la fase aguda del trauma no constituye, por sí sola, una indicación absoluta de cirugía, dado que, como ya ha sido expuesto, un alto porcentaje de estas fugas se resuelve espontáneamente con medidas conservadoras en el transcurso de la primera semana, e incluso dentro de los primeros diez días posteriores al evento traumático (33).

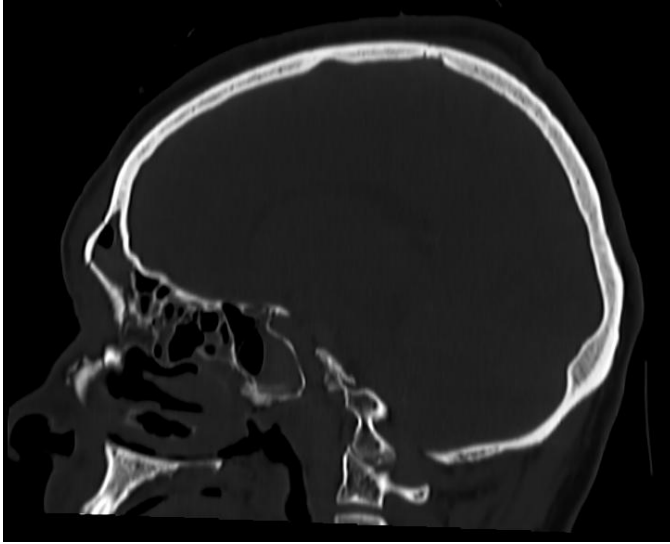
Por el contrario, el tratamiento quirúrgico tiene como objetivo primordial la prevención de secuelas graves, tales como infecciones intracraneales, incluida la meningitis o la formación de abscesos, y alteraciones crónicas del seno frontal, como el desarrollo de mucocelos (1). La intervención se justifica en situaciones que implican un riesgo intracraneal elevado, particularmente cuando existe un desplazamiento significativo de los fragmentos óseos de la pared posterior, tradicionalmente definido como mayor a cuatro milímetros, o cuando la fractura presenta un patrón conminuto severo que incrementa la probabilidad de complicaciones neurológicas. En estos casos, procedimientos como la

cranealización u obliteración adquieren especial relevancia, sobre todo si se objetivan signos de laceración dural extensa o la presencia de neumocéfalos severos.

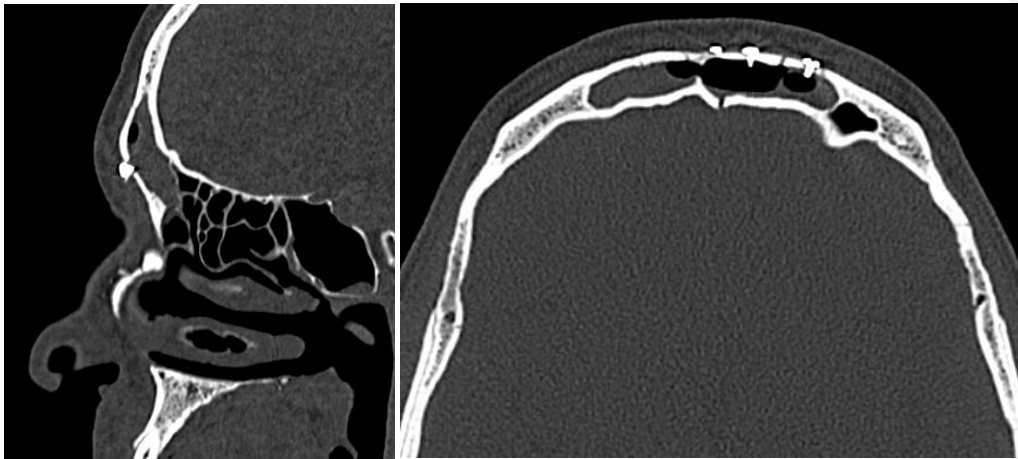
La persistencia de la fuga de líquido cefalorraquídeo constituye otra indicación clave para el manejo quirúrgico. Cuando esta no se resuelve tras un período razonable de tratamiento conservador, habitualmente entre cinco y siete días, se recomienda la reparación quirúrgica con el fin de disminuir el riesgo infeccioso (1). En escenarios donde la fuga se prolonga más allá de los diez días, la cranealización se considera una alternativa terapéutica apropiada (33). Asimismo, el riesgo de disfunción crónica del seno obliga a una actitud más intervencionista en fracturas desplazadas no tratadas, dada su asociación con la obstrucción del drenaje sinusal y el desarrollo posterior de mucocelos (17). Finalmente, las fracturas de naturaleza compleja o extensa, en particular aquellas que comprometen de forma amplia la base anterior del cráneo (como las FB3 según la clasificación de Madhusudan) o que se presentan como lesiones múltiples, requieren habitualmente un abordaje transcraneal, dada la magnitud del daño estructural y el potencial de complicaciones asociadas (15).



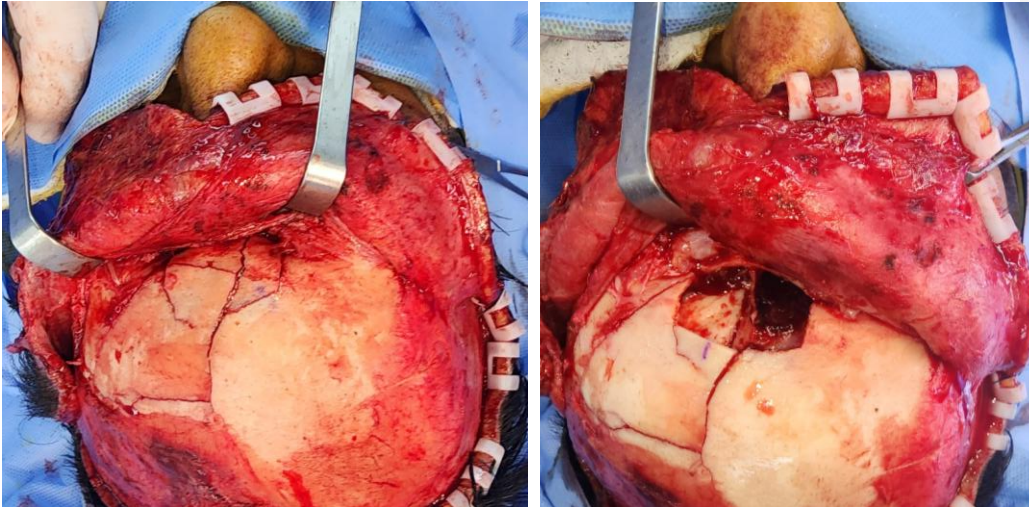
*Fig 3. Corte axial de paciente atendido en HSP por equipo CMF para reducción abierta más permeabilización de conducto de drenaje de seno frontal. Nótese la fractura de pared posterior no desplazada y sin neumocéfalos.*



*Fig 3.1. Corte sagital de paciente atendido en HSP por equipo CMF para reducción abierta más permeabilización de conducto de drenaje de seno frontal.*



*Fig 3.2. Corte sagital post quirúrgico del mismo paciente. Nótese el ensanchamiento del conducto de drenaje del seno frontal.*



*Fig 3.3. Fotografías intraoperatorias del mismo paciente. A la derecha se observa fractura sin reducción. A la izquierda se observa la remoción completa de la pared anterior del seno para mejorar visibilidad. Se remueve toda la mucosa y se permeabiliza los conductos de drenaje, nótese también la fractura en la pared posterior del seno frontal.*

Lo anterior, llevado a la toma de decisiones clínicas, se aplica para un paciente evaluado por el equipo de CMF de HSP, donde, producto de un impacto de alta energía, resulta politraumatizado y con fracturas en el tercio superior. En las imágenes iniciales tomadas en el centro donde es estabilizado, se observan fracturas de ambas paredes del seno y escama del hueso frontal, además del compromiso de la vía de drenaje del seno (figs. 3 y 3.1), sin signo de rinorrea a la clínica ni neumoencéfalo en las imágenes. Una vez teniendo visión directa de la fractura de pared posterior en pabellón (fig. 3.3), se solicita al anestesiólogo realizar maniobras de Valsalva para constatar si efectivamente existe o no fuga de LCR. Este procedimiento se basa en el aumento transitorio de la presión intracraneal y de la presión del LCR inducido por el esfuerzo espiratorio contra la glotis cerrada. Durante la maniobra de Valsalva, se produce un incremento significativo de la presión venosa central, lo que se traduce en un aumento de la presión intracraneal y, por ende, de la presión del LCR en el compartimento subaracnoideo (34). Este aumento facilita la salida del LCR a través de cualquier defecto dural o fractura ósea, permitiendo la visualización directa de la fuga durante la exploración quirúrgica.

En el caso de este paciente, no se observa fuga, por lo que sólo se realiza la remoción de la mucosa y permeabilización de los conductos de drenaje.

Al momento del control con las imágenes post operatorias (fig 3.2) se puede observar cómo se mantiene la fractura de la pared posterior, sin signos imagenológicos (ni clínicos) de fistula de LCR, logrando el objetivo terapéutico que era la refuncionalización del seno frontal.

De no haber existido el potencial compromiso funcional y ante la ausencia de otras indicaciones quirúrgicas, este paciente, según la evidencia más actual, pudo haber sido tratado de manera conservadora, obteniendo resultados similares en cuanto a la brecha osteomeníngea, sin la morbilidad potencial de un abordaje quirúrgico ni una cirugía.

En cuanto al uso de antibióticos, la tendencia mundial es al uso racional de estos medicamentos debido a la aparición de múltiples bacterias resistentes. En esa línea, se publicó recientemente una guía en base a un comité de expertos donde se dan recomendaciones en esta materia. Estos consideran a la fractura de pared posterior como una fractura facial abierta o contaminada, recomendando el uso de antibióticos por 24 horas o menos, mientras que descartan su uso cuando no está involucrada esta zona del hueso frontal (35). Los antibióticos recomendados son:

- Cefazolina: cobertura contra bacterias gram (+)
- Ceftriaxona: amplia cobertura contra bacterias gram (-). Penetra por la barrera hematoencefálica
- Ampicilina/sulbactam: amplia cobertura contra bacterias gram (-) y anaerobios.
- Clindamicina/vancomicina: reservadas para pacientes alérgicos a penicilina.

Además, desaconsejan el uso de antibióticos profilácticos rutinarios en presencia de neumoencefalo (de estar asociado a fractura de pared posterior, se sigue la recomendación anterior) y ante fístulas post traumáticas de LCR.

Como complemento, otras guías señalan que cuando hay condiciones que incrementan el riesgo de desarrollo de infecciones en el SNC, se recomienda el uso de antibióticos de amplio espectro, que incluyan cobertura anaerobia por una duración de hasta 5 días (23). Sin embargo, en ambas recomendaciones seguimos un consenso entre expertos, dando un nivel de evidencia insuficiente para apoyar una conducta terapéutica determinada. Además, al consultar la prevalencia de complicaciones infecciosas, se encuentran reportes que no establecen causalidad entre el uso o no de esquemas antibióticos y el desarrollo de meningitis (16).

## Opciones quirúrgicas en el manejo de la brecha osteomeníngea

El manejo endoscópico endonasal de las fracturas de la pared posterior del seno frontal ha experimentado una evolución significativa, facilitando la reparación mínimamente invasiva de defectos óseos y de la base del cráneo en casos seleccionados. Las técnicas endoscópicas utilizadas comprenden, en su mayoría, la ejecución de procedimientos de tipo Draf IIb y Draf III, los cuales facilitan un acceso amplio al seno frontal y a la pared posterior, permitiendo así la reducción y reconstrucción del defecto (36)(3). El procedimiento Draf III implica la extirpación bilateral de las celdas ager nasi y la exposición de los tractos de salida del seno frontal. Se lleva a cabo una septoplastia anterior, lo que permite la visualización y el acceso bilateral al seno frontal. Luego, se realiza un fresado sistemático del suelo del seno frontal, creando un neo-ostio de forma de herradura que conecta ambos ostios verdaderos. Una vez que se visualiza la cavidad sinusal, es posible abordar las lesiones en la tabla anterior y posterior. Finalmente, se aplica un espaciador con un material de relleno absorbible colocado de manera central en el neo-ostium, el cual se mantiene en su lugar durante tres semanas. Los pacientes deben ser sometidos a un seguimiento clínico mediante exámenes endoscópicos seriados para garantizar que no se produzca estenosis de la nueva vía de drenaje. No obstante, esta situación es considerablemente menos frecuente en pacientes con trauma en comparación a los pacientes con enfermedades inflamatorias (3).

En situaciones que involucran fracturas extensas o la presencia de fístulas de líquido cefalorraquídeo, el cierre de la brecha se puede realizar a través de la utilización de injertos y colgajos locales, como el colgajo nasoseptal (fig. 4), que constituye el principal recurso reconstructivo para abordar defectos en la base anterior del cráneo, incluyendo la pared posterior del seno frontal. Esta técnica se destaca por su robustez vascular y su amplia capacidad de cobertura (37). Sin embargo, muchas veces este colgajo no alcanza la región posterior del seno frontal o queda con demasiada tensión, por lo que se han propuesto modificaciones (fig. 4.1). Este enfoque permite la cobertura de defectos localizados en áreas más posteriores y superiores.

Los injertos libres de mucosa septal pueden ser utilizados en la reconstrucción de la mucosa del seno frontal y del neo-ostium, lo que favorece la cicatrización y disminuye el riesgo de estenosis postoperatoria.

La elección de la técnica y del tipo de injerto o colgajo se fundamenta en la localización y extensión del defecto, la viabilidad de los vasos pediculados, así como en la necesidad de preservar la función sinusal. El empleo de colgajos pediculados, tales como el colgajo nasoseptal y el colgajo rotacional de piso septal, ha evidenciado tasas reducidas de complicaciones, así como un alto grado de eficacia en la prevención de fístulas de líquido cefalorraquídeo y en la restauración de la anatomía.

Los injertos libres de mucosa septal, así como otros injertos autólogos, han demostrado ser útiles en la reconstrucción de la mucosa. Sin embargo, la evidencia disponible respecto a su impacto en los resultados funcionales a largo plazo es limitada, lo que sugiere la necesidad de realizar estudios adicionales (38).

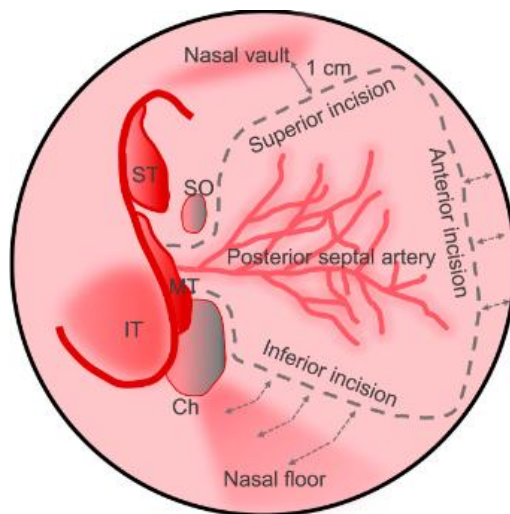
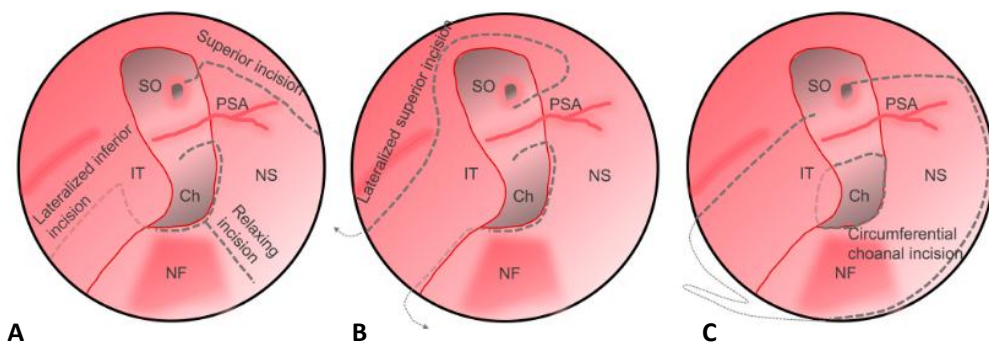


Fig. 4. Esquema de los puntos quirúrgicos de referencia, ubicación probable del pedículo arterial septal posterior y demarcación para la incisión del colgajo nasoseptal. IT: cornete inferior; MT: cornete medio; ST: cornete superior; SO: ostium del esfenoides; Ch: coana (37).



**Fig. 4.1** Variaciones del diseño original del colgajo nasoseptal. **(A)** La incisión inferior esta lateralizada a la pared nasal y la tercera incisión es hecha a lo largo de la cresta maxilar, aumentando hasta un 25% más de área del colgajo. **(B)** La incisión superior es trasladada lateral y superior al ostium del esfenoides y se lleva anteriormente a lo largo del cornete inferior y luego se gira circunferencialmente a través del techo nasal para encontrarse con la incisión inferior en el tabique anterior. **(C)** La mucosa alrededor de la coana es liberada y después una incisión superior es llevada a través del piso nasal hasta la cabeza del cornete inferior para incorporar un colgajo de cornete inferior. IT: cornete inferior; NF: piso nasal; NS: septum nasal; SO: ostium del esfenoides; Ch: coana; PSA: arteria septal posterior (37).

Las técnicas endoscópicas aplicadas al manejo del seno frontal presentan una curva de aprendizaje significativa, lo que las convierte en procedimientos altamente dependientes de la experiencia del operador. En manos de cirujanos con entrenamiento limitado, esta característica puede traducirse en un aumento del tiempo quirúrgico y, en algunos casos, en la necesidad de convertir un abordaje inicialmente cerrado en una técnica abierta, con el consiguiente incremento de la morbilidad asociada. Durante la rotación por el HSP no fue posible observar la aplicación de este tipo de técnicas endoscópicas, lo que sugiere que su utilización en dicho contexto no se encuentra ampliamente incorporada a la práctica habitual de la especialidad. Estos abordajes son de uso más frecuente dentro del ámbito de la otorrinolaringología, disciplina en la cual el desarrollo y la difusión de la cirugía endoscópica del seno frontal han sido más extensos. En este sentido, se considera que en centros de alta complejidad y con una casuística significativa de patología del seno frontal y que no cuentan con un otorrinolaringólogo, debería evaluarse la implementación de programas de entrenamiento formal dirigidos a cirujanos maxilofaciales, con el objetivo de adquirir competencias en estas técnicas. Esta iniciativa podría favorecer un manejo interdisciplinario más integral y ampliar las opciones terapéuticas

disponibles, especialmente considerando que la literatura reporta tasas de éxito elevadas cuando la indicación de la técnica endoscópica es adecuada y el procedimiento se realiza por operadores debidamente entrenados.

### **Técnicas abiertas**

Las opciones de manejo quirúrgico abierto incluyen la reducción abierta con fijación interna (ORIF), la obliteración, la cranealización y la ablación. En el contexto de una brecha osteomeníngea, las técnicas más agresivas son la obliteración, la cranealización y la ablación.

#### **Reducción abierta con fijación interna**

Es la técnica más común para el manejo de las fracturas de seno frontal que incluyen fracturas de pared posterior. Permite la visualización directa de los sitios de la fractura, además de poder observar y objetivar claramente una fuga de LCR intraoperatoria. El abordaje quirúrgico más utilizado es el acceso coronal, que permite una exposición amplia del hueso frontal y del seno, facilitando la manipulación segura de la pared posterior. La disección puede realizarse sobre el pericráneo, conservándolo para posteriormente, utilizarlo, luego de realizar incisiones para liberarlo de la calota, como colgajo pediculado que puede ser utilizado en la reparación de la brecha en la pared posterior. Posteriormente se realiza una osteotomía en la tabla anterior para acceder a la cavidad sinusal. Luego de retirar la mucosa que tapiza el seno, observar la pared posterior/ reparar la brecha y el conducto de drenaje con injertos autólogos o materiales biocompatibles, se coloca nuevamente los segmentos de tabla anterior retirados y se fijan con material de osteosíntesis (OTS).

Desde la formación en cirugía maxilofacial, la preocupación del post quirúrgico inicia en la cirugía misma, ya que es mandatorio realizar las incisiones en lugares poco visibles o que se confundan con los pliegues naturales del rostro, y esto se hace extensivo para este abordaje. Los abordajes quirúrgicos realizados por el equipo de CMF son en una zona más posterior a la primera línea de inserción del cabello, sin realizar corte de pelo en la zona a abordar, se utiliza poca electrocauterización y de realizar, se realiza con bisturí bipolar (lo que disminuye la alopecia en la cicatriz), la hemostasia se realiza con

los clip Raney en los extremos libres del colgajo y además, se utiliza osteosíntesis acorde al caso clínico pero siempre teniendo la precaución de utilizar el mínimo espesor posible para devolver un perfil blando armónico con el resto del rostro. Estos factores hacen que la especialidad disminuya las posibles repercusiones de una cirugía abierta y según lo visto también crea un punto fuerte para considerar la opinión del cirujano maxilofacial en la toma de decisiones respecto a los tratamientos.

### **Obliteración**

La obliteración del seno frontal constituye una técnica quirúrgica que implica la extirpación total de la mucosa sinusal, el sellado del tracto de drenaje nasofrontal y el relleno definitivo de la cavidad. Esta intervención se utiliza principalmente en el contexto de fracturas de la pared posterior, especialmente en aquellos casos en los que se presentan fracturas conminutas y se manifiestan preocupaciones respecto al posible desarrollo de complicaciones intracraneales. Este enfoque se recomienda en situaciones en las que se evidencia una lesión del tracto nasofrontal o cuando se identifica un riesgo significativo de secuelas, tales como mucocoele, meningitis o absceso cerebral, siempre que la cranealización no esté indicada. El procedimiento implica una exéresis meticulosa de toda la mucosa del seno frontal, con el propósito de eliminar cualquier remanente tisular que posea potencial de regeneración y formación de mucocoeles. Posteriormente, se procede al relleno de la cavidad con material autólogo, que tradicionalmente puede incluir grasa, músculo, injerto óseo o un colgajo pericraneal vascularizado (1). La técnica puede llevarse a cabo a través de un abordaje coronal, el cual ofrece una exposición amplia que facilita la erradicación completa de la mucosa y la adecuada colocación del material de obliteración. El uso complementario de la endoscopía puede optimizar la resección mucosa en contextos de acceso limitado. Esta técnica permite evitar la necesidad de osteotomías adicionales, lo que a su vez contribuye a la reducción del riesgo de mal alineación ósea y de complicaciones estéticas en el postoperatorio.

Según lo visto y también comentado por parte del equipo de CMF del HSP, la obliteración puede tener una alta tasa de complicaciones debido a la posibilidad de reabsorción del material, obstrucción parcial del conducto de drenaje o infección sinusal. Por lo anterior, es una de las técnicas menos utilizadas. Esta situación se ve como una opción a mejora, ya que esto no está objetivado mediante un estudio con los pacientes atendidos por este establecimiento.

### **Cranealización**

Se define como el procedimiento quirúrgico más invasivo en el tratamiento de las lesiones del seno frontal. Este se reserva para casos en los que se presenta un compromiso severo de la pared posterior (desplazamientos de 4 mm o más) o en situaciones donde existe una fuga persistente de líquido cefalorraquídeo que no puede ser reparada mediante técnicas endoscópicas. Este enfoque se lleva a cabo comúnmente a través de una incisión coronal y consiste en la resección de la pared anterior del seno frontal, lo que permite una adecuada exposición de la pared posterior. Posteriormente, se procede a la eliminación completa de la mucosa de la tabla anterior y de la mucosa residual del seno, las cuales son extraídas y perforadas para prevenir su persistencia funcional. A continuación, se lleva a cabo la remoción de los fragmentos de la pared posterior fracturada, mediante el fresado de los bordes óseos remanentes con el objetivo de alinearlos con la fosa craneal anterior. Asimismo, se realiza la reparación de cualquier defecto dural que se haya identificado. Un aspecto fundamental del procedimiento consiste en el bloqueo y sellado completo del tracto de salida nasofrontal, lo cual permite el aislamiento definitivo de la cavidad nasal. La reconstrucción de la tabla anterior se realiza a través de sistemas de fijación rígida, comúnmente utilizando microplacas y malla, con el propósito de restablecer la continuidad ósea y la anatomía frontal (3).

Este procedimiento se encuentra habitualmente bajo la responsabilidad del equipo de neurocirugía y, dependiendo del centro asistencial, puede realizarse con la colaboración de un cirujano maxilofacial. No obstante, aun cuando no constituye su ámbito principal de competencia, es relevante considerar que este tipo de lesiones suele asociarse a traumatismos concomitantes del macizo facial, cuyo seguimiento clínico y quirúrgico puede extenderse por un período considerablemente más prolongado que el efectuado por el equipo de neurocirugía. En este contexto, el cirujano maxilofacial adquiere un rol relevante, ya que se encuentra en una posición privilegiada para identificar de manera precoz complicaciones derivadas del procedimiento, como la aparición de una fístula de LCR, facilitando así su diagnóstico oportuno y manejo adecuado.

### **Ablación**

Corresponde a la extirpación completa de esta cavidad y constituye un procedimiento históricamente descrito como la técnica de Riedel-Mosher. Esta intervención comprende la resección integral de la

mucosa sinusal y de las paredes óseas del seno frontal, lo que genera un defecto craneofacial que incluye las cavidades vecinas como en la órbita y radix nasal que puede ser reconstruido posteriormente mediante distintos materiales y técnicas, tales como mallas de titanio, sustitutos cerámicos, polímeros biocompatibles o colgajos libres, de acuerdo con la planificación quirúrgica y los requerimientos anatómicos y funcionales del paciente. En otros casos, se deja en contacto directo el tejido cutáneo con la duramadre formando una unión fibrosa.

La indicación de la ablación del seno frontal se reserva para situaciones cuidadosamente seleccionadas, en particular ante la presencia de complicaciones graves como osteítis crónica, neoplasias benignas o malignas, o en aquellos escenarios en que la alteración anatómica y el grado de destrucción tisular impiden la restauración funcional del seno. En el contexto específico de las fracturas de la pared posterior, este abordaje puede considerarse cuando existe un riesgo elevado de complicaciones intracraneales, infecciones recurrentes o cuando resulta inviable la preservación del drenaje sinusal.

Esta técnica es efectiva para la resolución definitiva de la patología subyacente y para la prevención de complicaciones tardías, como el mucocele y el piocele. No obstante, este procedimiento se asocia a una morbilidad estética y funcional relevante, lo que hace imprescindible una reconstrucción craneofacial adecuada y planificada, orientada a optimizar los resultados funcionales y cosméticos (39). En el apartado de seguimiento del presente trabajo, se mostrará un caso del HSP con las secuelas y tratamiento de esta intervención.

## **Materiales de reparación**

Los materiales empleados en el manejo quirúrgico del seno frontal cumplen fundamentalmente dos objetivos: la obliteración del espacio sinusal o del tracto de drenaje nasofrontal con el fin de sellar la brecha dural, y la fijación ósea destinada a la reconstrucción de la pared anterior. La selección del material depende del tipo de procedimiento realizado, de las características de la lesión y de la estrategia reconstructiva planificada.

Para la obliteración del seno frontal o el sellado del tracto nasofrontal durante procedimientos como la cranealización, se dispone de una variedad de materiales de origen biológico y, en menor medida, aloplásticos. El hueso autólogo constituye uno de los recursos más utilizados tanto en la obliteración como en la cranealización, debido a su biocompatibilidad y capacidad de integración. La grasa autóloga es el material más frecuentemente reportado para la obliteración del seno frontal, representando una proporción significativa de los casos descritos en la literatura. Asimismo, se han empleado otros tejidos autólogos, como músculo y fascia, así como determinados injertos aloplásticos, con el objetivo de rellenar la cavidad sinusal y aislarla de estructuras adyacentes.

El uso de colgajos vascularizados representa una estrategia ampliamente aceptada, en especial en el contexto de la cranealización, ya que aportan un tejido bien perfundido que favorece la cicatrización y reduce el riesgo de complicaciones. Entre las opciones descritas se incluyen el injerto de músculo temporal, utilizado para la obstrucción del tracto nasofrontal y complementado con una cuña ósea, así como el colgajo pericraneal, que puede disponerse en posición intracraneal para contribuir a la reconstrucción y al sellado efectivo de la brecha. Cabe destacar que los materiales aloplásticos no desempeñan un rol en el tratamiento de la obstrucción del tracto nasofrontal, para el cual se recomienda el empleo de hueso autólogo o de colgajos vascularizados, dadas sus ventajas biológicas y su mayor eficacia a largo plazo (40).

En cuanto a otros materiales sintéticos o xenógenos que se pueden utilizar en contacto directo con la duramadre para el cierre de fistulas de LCR están las membranas colágenas de bovino y porcino, que han demostrado biocompatibilidad y eficacia comparable en la regeneración dural y mínima reacción inflamatoria. Estas membranas pueden emplearse como sustitutos artificiales de la duramadre (41).

Productos como DuraGen (matriz de colágeno), Hemopatch (colágeno con monómero de polietilenglicol), y Adherus (sellante de polietilenimina) se utilizan como parches o matrices para reforzar la reparación dural y mejorar la estanqueidad.

La cola de fibrina (fibrinógeno y trombina) es ampliamente utilizada como adhesivo, en complemento de la reparación dural, ya sea sola o en combinación con parches bioabsorbibles como el poliglactín 910 (PGS), mejorando la resistencia al escape de LCR en defectos de varios tamaños. Otros sellantes comerciales incluyen DuraSeal (hidrogel de polietilenglicol), TachoSil (colágeno con fibrinógeno y trombina), y sellantes de cianoacrilato como n-octil-2-cianoacrilato, que han mostrado alta capacidad de sellado en estudios comparativos (42).

La fibrina rica en plaquetas (PRF por sus siglas en inglés) autóloga ha mostrado resultados equivalentes o superiores a los sellantes comerciales en la mejora de la estanqueidad de la reparación dural, con baja variabilidad y alta consistencia en la presión de fuga, aunque aun son resultados pre eliminares respecto a su aplicación en humanos pero significa una nueva aplicación de este conocido hemoderivado, que abarataría los costos y que no tendría una reacción inflamatoria local como es lo esperado en los productos reabsorbibles. Este es un polo de desarrollo en biomateriales y es algo en lo que se tendrá que estar atento en los próximos años (42).

## Resultados y pronóstico

El pronóstico y la evolución clínica de las fracturas del seno frontal están determinados principalmente por la magnitud del traumatismo inicial, el grado de compromiso del tracto de salida del seno frontal y la modalidad terapéutica seleccionada. En las últimas décadas, ha un cambio de paradigma desde enfoques quirúrgicos radicales y ablativos hacia alternativas conservadoras y mínimamente invasivas, orientadas a la preservación de la función y la fisiología del seno frontal.

La conducta expectante se aplica en un 75% al 82% de casos en centros de trauma de nivel 1 en Estados Unidos (43)(1)(31) con resultados que han demostrado una alta tasa de éxito y eficacia, particularmente en pacientes con fracturas de la pared anterior que presentan un desplazamiento menor a 4 o 4,5 mm, en quienes se observan resultados clínicos favorables sin deformidades estéticas relevantes (3)(33). En este contexto, la resolución espontánea de las fístulas de líquido cefalorraquídeo constituye un hallazgo frecuente, ya que hasta un 85% de estas fugas cierra con medidas conservadoras (19), generalmente dentro de un intervalo promedio que oscila entre 4,8 y 10 días (1)(19)(33). En términos pronósticos, el riesgo global de complicaciones asociado al tratamiento conservador se mantiene bajo, con tasas reportadas entre el 1,7% y el 5% (31); no obstante, cuando existe una dislocación no tratada de la pared posterior, se incrementa de manera significativa la probabilidad de desarrollar un mucocele.

Las tasas de éxito y complicaciones asociadas a los distintos abordajes quirúrgicos para el manejo de las fracturas del seno frontal varían en función de la complejidad de las lesiones tratadas. En términos generales, la tasa global de complicaciones en pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico oscila entre el 7,1% y el 22,4% (18)(31), lo que se explica por la mayor gravedad y complejidad de los casos que requieren intervención. En este contexto, el abordaje endoscópico endonasal se ha consolidado como el estándar de referencia para el manejo de los defectos de la base del cráneo anterior, con tasas de éxito reportadas de hasta un 97,6% en la reparación de fístulas de líquido cefalorraquídeo de la pared posterior. Este enfoque se asocia, además, a una baja incidencia de complicaciones, cercana al 4%, en comparación con los abordajes abiertos, y ofrece la ventaja adicional de preservar la ventilación del seno frontal y permitir un seguimiento clínico directo (36).

Por su parte, la reducción abierta con fijación interna ha demostrado ser altamente efectiva para la restauración del contorno facial, particularmente en fracturas aisladas de la pared anterior, donde las tasas de complicaciones son poco frecuentes y se sitúan en torno al 4,1% (18). No obstante, este abordaje presenta una mayor morbilidad en relación con el manejo conservador, siendo la pérdida de sensibilidad del cuero cabelludo el efecto adverso más común, con una incidencia aproximada del 21,2% (43). La cranealización del seno frontal se reserva para escenarios de traumatismo severo con conminación importante de la pared posterior, mostrando eficacia en la prevención de infecciones intracraneales como el mucocele, con tasas nulas en algunas series; sin embargo, este procedimiento no está exento de riesgos, destacando la posibilidad de fuga de líquido cefalorraquídeo postoperatoria persistente, reportada hasta en un 33% de ciertos grupos de pacientes, así como alteraciones estéticas (18). Finalmente, la obliteración del seno frontal ha ido perdiendo relevancia en la práctica clínica debido a la mayor incidencia de complicaciones a largo plazo y a la dificultad para realizar un adecuado seguimiento imagenológico del seno una vez rellenado con materiales como grasa o hueso (18)(36), lo que se alinea con la experiencia empírica que tiene el servicio de CMF del HSP.

En cuanto a la ablación, la literatura no tiene una uniformidad para su uso por lo que no se pueden tener cifras exactas respecto a su éxito y complicaciones a largo plazo. Hay autores que asimilan el término a la cranealización e incluso a la obliteración. Según la estricta definición que es “remover una parte del cuerpo” la cranealización sería lo más semejante, aunque según lo discutido en párrafos anteriores, sería esto un error conceptual ya que la ablación propiamente tal consistiría en la remoción de toda la cavidad sinusal sin considerar una reconstrucción del margen resecaado. En un caso de un paciente que acudía a controles periódicos posterior a un TEC grave al policlínico de cirugía maxilofacial del HSP, se pudo observar las complicaciones de este procedimiento a largo plazo. Su cirugía inicial consistió en la ablación del seno frontal derecho, con pérdida de masa encefálica producto de un accidente de alta energía. El procedimiento fue hecho de urgencia y debido al pronóstico reservado del paciente, se deja entonces en contacto directo el tejido celular subcutáneo con la duramadre reparada. Un año después y habiéndose recuperado, la complicación más notoria es la estética (fig. 5) pero también relata tener cefaleas producto de los cambios de temperatura, en especial el frío. Es por esto por lo que se planifica la reconstrucción del contorno frontal y reborde orbitario superior con polieteretercetona, comúnmente conocido por su acrónimo PEEK. El requisito es tener un TAC de cortes

finos (0,5 mm) para obtener una reconstrucción tridimensional digital con la menor distorsión, se diseña digitalmente el elemento protésico, considerando el eje de inserción del defecto y luego es confeccionado y probado en un biomodelo impreso (fig 5.1).

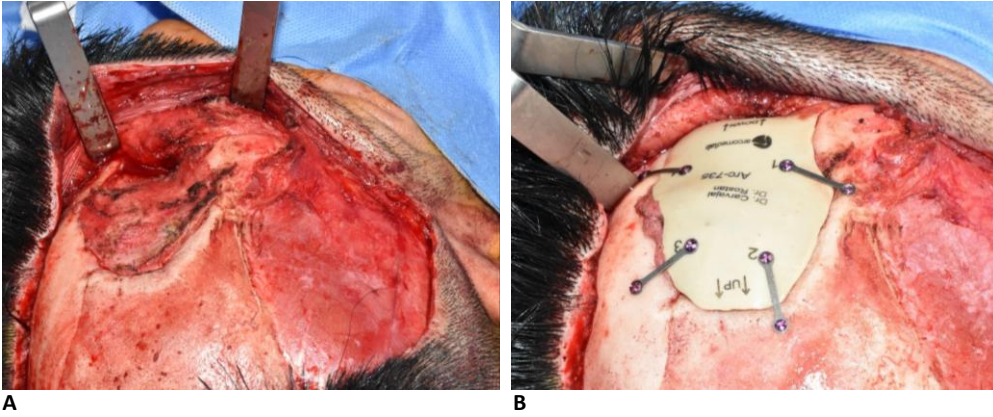


*Fig. 5. Fotografías preoperatorias para reconstrucción por secuela de ablación de seno frontal derecho de paciente del HSP.*

El objetivo de la cirugía es crear un nuevo plano entre el tejido celular subcutáneo y la duramadre, sin adelgazarla (fig 5.2 A), por lo que este caso fue operado en conjunto con neurocirugía. Finalizando con la colocación y fijación de la prótesis, devolviendo el contorno facial instantáneamente.



*Fig. 5.1. Biomodelo impreso a partir de TAC con prótesis de PEEK. Nótese como no llega al final del defecto para no comprometer el eje de inserción*



**A** **B**  
*Fig. 5.2 (A) Disección de celular subcutáneo y duramadre terminada. (B) PEEK fijado con material de OTS.*

Durante los controles, en especial a la segunda semana, ya se puede observar los resultados finales en cuanto a la devolución de volumen facial (fig 5.3), además de que el paciente relata una mejoría de las cefaleas a cambios de temperatura.



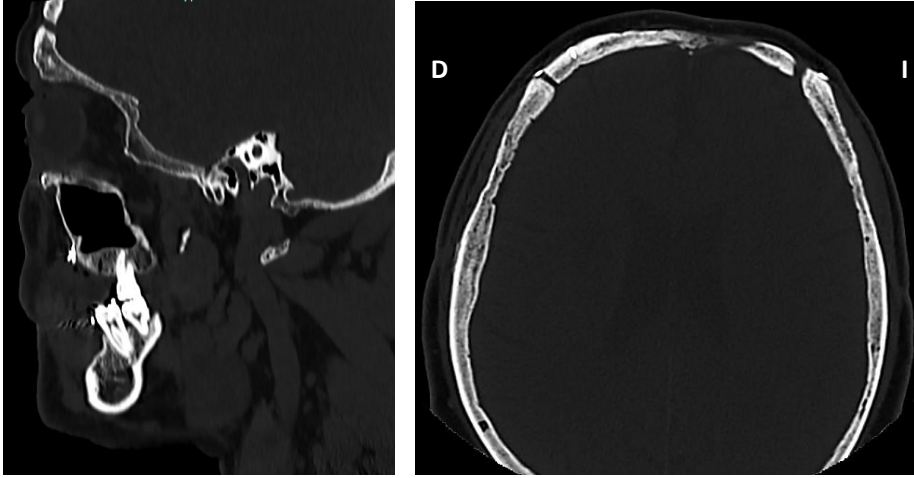
*Fig. 5.3. Control a las 2 semanas post quirúrgico, sin complicaciones y con mejoría de cefaleas por cambios de temperatura y conforme con resultado estético.*

En el caso anterior, se pudo ver un seguimiento secuela a un año posterior a la intervención, pero también, se ha expuesto que estas complicaciones pueden ser tardías como el caso de un paciente que consulta en HSP por eritema en zona periocular izquierda y cefalea de 1 semana de evolución (fig. 6). Dentro de sus antecedentes se encuentra que tuvo un TEC grave el año 2000 y que el 2024 fue operado por un mucocele frontal.



*Fig. 6. Nótese el eritema, en especial del parpado superior izquierdo, irritación de la conjuntiva ocular y epifora.*

Se solicita un TAC (fig 6.1) donde se observa la cranealización del seno frontal, secuela de mucocele operado y la fijación con material de OTS. Destaca solución de continuidad en escama frontal izquierda con relación a zona afectada, pudiendo corresponder esta a una fistula de LCR tardía por reabsorción de material de sello dural, pero como fue una intervención realizada hace más de dos décadas, no se pudo obtener acceso al protocolo quirúrgico. Al momento de redactar el presente trabajo, esto es aún una hipótesis diagnóstica, pero sirve para ejemplificar que el seguimiento de estos pacientes continúa incluso décadas después de ocurridos los hechos y que pueden terminar consultando con un cirujano maxilofacial.



*Fig. 6. Corte sagital a altura de ojo izquierdo donde destaca solución de continuidad sobre este que también es apreciado en corte axial que, al comparar con lado derecho, se aprecia más ancho e irregular pudiendo corresponder a fistula de LCR.*

## Recomendaciones de la evidencia actual

La evidencia disponible de los últimos 5 años ofrece una serie de recomendaciones, aunque dejando claro que la tendencia actual es una conducta más expectante y mínimamente invasiva, reservando la cirugía abierta para casos más graves o complejos, ya que distintas cohortes de pacientes muestran que un 85% de las fístulas de LCR traumáticas se resuelven de manera espontánea (3)(19).

Se indica la observación en fracturas con desplazamiento leve (menor a 4 mm), conminución mínima y ausencia de fistula de LCR (3)(30)(33), recomendando observar a los pacientes por 5 a 7 días (3)(30). Otros autores señalan que podrían ser hasta 10 días de observación, manteniendo que, si la fístula se resuelve en ese tiempo, no sería necesaria la cirugía (33). Existe un autor que analizó 314 pacientes y concluye que existe un umbral crítico de días para cambiar de manejo conservador a quirúrgico, 3 días para el neumoencéfalo y 3,5 días para la fistula de LCR; de persistir por más tiempo, la probabilidad de requerir cirugía aumenta significativamente (30).

Las indicaciones para el manejo quirúrgico tienen en consideración el desplazamiento de la diástasis de la pared posterior. Un autor concluyó, en la serie de pacientes analizados, que más de 2 mm de separación se asocia significativamente con la necesidad de cirugía (30). Otros algoritmos recomiendan la necesidad de cirugía desde los 4 mm independiente de que haya o no fistula de LCR (3). Respecto a esta última, si los pacientes presentan una rinorrea de más de 7 a 10 días, se considera el cierre quirúrgico (1)(33). Otra indicación quirúrgica sería cuando hay una gran conminución o neumoencéfalo a tensión (1)(3).

En cuanto a la cirugía endoscópica (tipo Draf III), la evidencia es clara en considerarla el *gold standard* para el tratamiento de fugas de LCR persistentes en fracturas leves a moderadas (4-6 mm de desplazamiento) ya que minimiza la morbilidad quirúrgica y permite preservar la función sinusal (1)(3).

La indicación de la cranealización está reservada para daños masivos de la pared posterior, gran conminución o fístulas que no pueden repararse endoscópicamente (3), mientras que, por otra parte, la obliteración ha ido en desuso debido a la alta tasa de complicaciones asociadas (3)(18).

Como recomendaciones adicionales, se sostiene que el estándar imagenológico es el TAC de corte fino (0,625 mm) con reconstrucción 3D para evaluar la integridad de la base del cráneo y planificar la ruta quirúrgica (3). La confirmación del LCR debe realizarse con la prueba de  $\beta$ -2 transferrina, que tiene una especificidad del 99% para confirmar que el líquido es LCR (3). Para el uso de antibióticos, se recomienda el uso de profilaxis (ceftriaxona o vancomicina) en casos de neumocéfalo con fístula de LCR confirmada (30). Y por último, se recomienda realizar un seguimiento a largo plazo (clínico y por imagen a las 6 semanas, 6 meses y 12 meses como mínimo) para detectar complicaciones tardías como la formación de mucocelos u otras (3)(40).

## Discusión

La evidencia analizada en el presente trabajo pone de manifiesto que el manejo de las brechas osteomeníngeas asociadas a fracturas de la pared posterior del seno frontal continúa siendo un ámbito caracterizado por una considerable heterogeneidad de criterios diagnósticos y terapéuticos, reflejo tanto de la complejidad anatómica de la región como de la baja prevalencia relativa de estas lesiones en la práctica clínica habitual. A lo largo de la literatura revisada, se observa un consenso general en torno a que la gravedad del traumatismo inicial, el grado de desplazamiento de la pared posterior, el compromiso del tracto de salida del seno frontal y la presencia o persistencia de una fístula de líquido cefalorraquídeo constituyen los principales determinantes pronósticos y los ejes sobre los cuales se estructura la toma de decisiones clínicas. Sin embargo, al contrastar los distintos estudios, resulta evidente que no existe uniformidad absoluta en los puntos de corte utilizados ni en las indicaciones específicas de cada modalidad terapéutica.

Uno de los hallazgos más consistentes es la progresiva transición desde abordajes quirúrgicos radicales hacia estrategias más conservadoras y funcionales, tendencia respaldada por series contemporáneas de centros de trauma de alto volumen que reportan que entre un 75% y un 82% de las fracturas del seno frontal pueden manejarse de forma no quirúrgica, con bajas tasas de complicaciones. Esta evidencia cuestiona paradigmas históricos que favorecían la obliteración o cranealización sistemática ante cualquier compromiso de la pared posterior, y sugiere que, en escenarios seleccionados, la conducta expectante ofrece resultados comparables en términos de control de la fístula de LCR y prevención de complicaciones infecciosas, evitando la morbilidad inherente a la cirugía abierta. No obstante, esta postura se apoya mayoritariamente en estudios retrospectivos y series de casos, lo que limita la fuerza de la recomendación y obliga a una interpretación cautelosa de los resultados.

En relación con la fístula de LCR, la evidencia presentada confirma que la mayoría de las fugas traumáticas se resuelven espontáneamente dentro de los primeros 7 a 10 días, alcanzando tasas de cierre cercanas al 85% bajo manejo conservador. Este dato contrasta con la percepción tradicional de que la presencia de una fuga constituye una indicación absoluta de intervención quirúrgica precoz. Sin

embargo, la literatura también demuestra que la persistencia de la fuga más allá de este período se asocia de manera significativa con un aumento del riesgo de meningitis, lo que justifica una conducta quirúrgica diferida pero oportuna. La disparidad entre estudios respecto al momento óptimo de intervención, algunos proponiendo 5 a 7 días y otros extendiendo la observación hasta 10 días, refleja la ausencia de ensayos clínicos controlados y subraya la necesidad de protocolos estandarizados basados en evidencia de mayor nivel.

El análisis comparativo de las técnicas quirúrgicas muestra que los abordajes endoscópicos endonasales han emergido como una alternativa altamente eficaz para la reparación de defectos de la base del cráneo anterior, con tasas de éxito superiores al 95% y una incidencia de complicaciones significativamente menor en comparación con las técnicas abiertas. Estos resultados respaldan su consideración como estándar de referencia en casos seleccionados, especialmente cuando el objetivo terapéutico es preservar la ventilación del seno frontal y minimizar la morbilidad. Sin embargo, la evidencia también deja en claro que estos procedimientos son altamente dependientes de la experiencia del operador y de la disponibilidad de recursos técnicos, lo que limita su aplicabilidad universal. En este sentido, la experiencia local descrita en el trabajo evidencia una brecha entre las recomendaciones de la literatura y la práctica clínica habitual en determinados centros, donde estas técnicas no se encuentran plenamente incorporadas, situación que invita a reflexionar sobre la necesidad de programas de entrenamiento formal y de un enfoque verdaderamente interdisciplinario.

Por otra parte, las técnicas abiertas, como la reducción abierta con fijación interna, la obliteración y la cranealización, continúan desempeñando un rol fundamental en escenarios de mayor complejidad. La ORIF demuestra ser altamente efectiva para la restauración del contorno facial, con bajas tasas de complicaciones en fracturas aisladas de la pared anterior, aunque asociada a una mayor morbilidad sensorial. La cranealización, en contraste, se reserva para traumatismos severos con conminación extensa y alto riesgo intracraneal, mostrando eficacia en la prevención de complicaciones infecciosas, pero a costa de una mayor tasa de fuga de LCR postoperatoria y potenciales alteraciones estéticas. Estos datos ponen de relieve que, si bien las técnicas más agresivas siguen siendo necesarias en

determinados contextos, su indicación debe ser estricta y cuidadosamente ponderada frente a alternativas menos invasivas.

Un aspecto relevante que emerge del contraste de la evidencia es la problemática del seguimiento a largo plazo. La aparición tardía de mucocelos, fistulas de LCR o secuelas estéticas, incluso décadas después del trauma inicial, demuestra que el éxito terapéutico no puede evaluarse únicamente en el postoperatorio inmediato. La experiencia clínica presentada refuerza esta idea, evidenciando que pacientes tratados con técnicas radicales pueden desarrollar complicaciones diferidas que recaen nuevamente en el ámbito del cirujano maxilofacial. En este contexto, la literatura coincide en señalar que la obstrucción persistente del tracto de salida del seno frontal y la eliminación incompleta de la mucosa sinusal son factores clave en la génesis de complicaciones tardías, lo que subraya la importancia de una técnica quirúrgica meticulosa y de protocolos de seguimiento prolongado.

El análisis crítico del uso de antibióticos profilácticos evidencia otra área de controversia. Las recomendaciones actuales, basadas en consenso de expertos más que en evidencia robusta, tienden a restringir su uso a períodos breves o a desaconsejarlo en ausencia de indicaciones claras, sin que se haya demostrado una reducción significativa en la incidencia de meningitis. Esta falta de correlación consistente entre profilaxis antibiótica y disminución de complicaciones infecciosas refuerza la necesidad de estudios prospectivos que permitan definir con mayor claridad su rol en el contexto de las brechas osteomeníngeas postraumáticas.

No obstante, la calidad metodológica de gran parte de la evidencia disponible limita la posibilidad de establecer recomendaciones definitivas, lo que pone de relieve la necesidad de estudios multicéntricos, prospectivos y con seguimiento a largo plazo que permitan avanzar hacia un consenso más sólido y reproducible.

## Conclusión

A partir del análisis crítico de la evidencia presentada en esta monografía, es posible concluir que el manejo de las fracturas de la pared posterior del seno frontal y de las brechas osteomeníngeas asociadas ha experimentado una evolución sustancial, orientándose hacia estrategias más conservadoras, selectivas y mínimamente invasivas. En relación con el primer objetivo específico, el trabajo demuestra que la comprensión actual de la fisiopatología y del comportamiento clínico de estas lesiones permite identificar un amplio grupo de pacientes en quienes la observación clínica y el manejo conservador resultan seguros y efectivos, especialmente en fracturas de bajo riesgo y en presencia de fístulas de líquido cefalorraquídeo de resolución espontánea.

Respecto al segundo objetivo, orientado a analizar los criterios que determinan la indicación quirúrgica, la evidencia revisada confirma que el grado de desplazamiento de la pared posterior, la persistencia temporal de la fístula de LCR, la conminución ósea y la presencia de neumoencéfalo constituyen los principales factores decisionales. No obstante, el contraste entre los distintos estudios revela una notable variabilidad en los umbrales propuestos, lo que pone de manifiesto que estos criterios no deben aplicarse de forma rígida, sino integrarse en una evaluación clínica individualizada y dinámica, considerando tanto el contexto anatómico como la evolución del paciente.

En cumplimiento del tercer objetivo, el análisis comparativo de las técnicas quirúrgicas permite establecer que los abordajes endoscópicos endonasales se han consolidado como la opción terapéutica de referencia para la reparación de fístulas persistentes en fracturas leves a moderadas, debido a sus altas tasas de éxito y baja morbilidad, así como a la preservación de la función sinusal. En contraste, las técnicas abiertas, como la reducción abierta con fijación interna, la cranealización y la obliteración, mantienen un rol relevante pero restringido a escenarios de mayor complejidad, donde el riesgo intracraneal y la extensión del daño óseo justifican procedimientos más radicales, asumiendo sus potenciales secuelas.

Finalmente, en relación con el cuarto objetivo específico, el trabajo subraya la importancia crítica del seguimiento a largo plazo como parte integral del tratamiento. La evidencia demuestra que complicaciones tardías, como la formación de mucocelos, la sinusitis crónica o las cefaleas persistentes, pueden manifestarse años después del trauma inicial, independientemente del abordaje empleado. En

este sentido, el seguimiento clínico, endoscópico e imagenológico prolongado se posiciona como un componente esencial para evaluar el verdadero éxito terapéutico y para la detección precoz de secuelas. El rol de cirujano maxilofacial se ha posicionado desde la pesquisa y tratamiento inicial a el seguimiento a largo plazo de los casos, pudiendo observar y en algunos casos, manejar sus secuelas. Sin embargo, es clara la falta de formación en otras técnicas quirúrgicas, como las endoscópicas, que están demostrando ser la opción mas adecuada en muchos casos.

En síntesis, esta monografía permite concluir que el abordaje óptimo de las fracturas de la pared posterior del seno frontal y de las brechas osteomeníngeas debe basarse en una estrategia individualizada, sustentada en la gravedad de la lesión, la evolución clínica y los recursos disponibles, privilegiando siempre que sea posible la preservación funcional.

## Bibliografía

1. Obayemi A, Losenegger T, Long S, Spielman D, Casiano MF, Reeve G, Kacker A, Stewart M, Sclafani A. Frontal Sinus Fractures: 10-Year Contemporary experience at a level 1 urban trauma center. *J Craniofac Surg.* 2021 Jun 1;32(4):1376-1380.
2. Weitman E, Shilo D, Emodi O, Rachmiel A. Solitary frontal sinus fractures compared to multiple facial fractures, energy impact dependency. *J Craniofac Surg.* 2017 Oct;28(7):1812-1815
3. Hsieh TY, Timbang MR, Strong EB. Contemporary management of frontal sinus fractures. *Otolaryngol Clin North Am.* 2025 Oct;58(5):819-30.
4. Rouviere H, Delmas A. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional, tomo 1 cabeza y cuello. 11a edición. Paris: Masson; 2005. 359-360 p.
5. Al Hatmi AS, Al Ajmi E, Albalushi H, Al Lawati M, Sirasanagandla SR. Anatomical variations of the frontal sinus: A computed tomography-based study. *F1000Res.* 2023 Aug 31; 12:71.
6. Badran KH, Tarifi A, Shatarat A, Badran D. Frontal sinus pneumatization: an isolated finding or a sign of concomitant anatomical variation? *J Laryngol Otol.* 2023 Oct;137(10):1097-1101.
7. Štoković N, Trkulja V, Čuković-Bagić I, Lauc T, Grgurević L. Anatomical variations of the frontal sinus and its relationship with the orbital cavity. *Clin Anat.* 2018 May;31(4):576-582.
8. Algahefi AL, Alhammedi MS, Zheng B, Almashraqi AA, Zhao Y, Liu Y. Morphological and dimensional variations of the frontal air sinuses in a group of adolescent Caucasians and Chinese in different skeletal malocclusions: a cross-sectional cephalometric study. *Clin Oral Investig.* 2022 Sep;26(9):5711-5719.
9. Fawzi NEA, Lazim NM, Aziz ME, Mohammad ZW, Abdullah B. The prevalence of frontal cell variants according to the International Frontal Sinus Anatomy Classification and their associations with frontal sinusitis. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2022 Feb;279(2):765-771.
10. Yüksel Aslier NG, Karabay N, Zeybek G, Keskinoglu P, Kiray A, Sütay S, Ecevit MC. Computed Tomographic Analysis: The effects of frontal recess morphology and the presence of anatomical variations on frontal sinus pneumatization. *J Craniofac Surg.* 2017 Jan;28(1):256-261.

11. Begaud L, Patron V, Escalard C, Hitier M, Hamon M, Humbert M. Radiological relationship of the ethmoid slit with the frontal sinus and the anterior ethmoidal artery and applications to the frontal sinus drillout. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2023 Jan;280(1):227-233.
12. Vinciguerra A, Turri-Zanoni M, Bettini P, Arosio AD, Gandolfi A, Balzi D, Schiavo G, Russo F, Valentini M, Ferrari M, Castelnuovo P, Herman P, Bignami M, Battaglia P. Nasal Branch of the Anterior Ethmoidal Artery and Cribriform Groove: New Frontal Sinus Landmarks. *Laryngoscope*. 2025 Aug
13. Çomoğlu Ş, Şahin B, Sönmez S, Değer K. Frontal Sinus Pneumatization Affects Height of the Lateral Lamella and Position of Anterior Ethmoidal Artery. *J Craniofac Surg*. 2017 Jan;28(1):265-269.
14. Pope P, Hassan B, Oslin K, Shikara M, Liang F, Vakharia K, Hebert A, Stein DM, Pan J, Justicz N, P Grant M. Traumatic brain injury in patients with frontal sinus fractures. *J Craniofac Surg*. 2025 Jul-Aug 01;36(5):1822-27.
15. Manson PN, Stanwix MG, Yaremchuk MJ, Nam AJ, Hui-Chou H, Rodriguez ED. Frontobasal fractures: anatomical classification and clinical significance. *Plast Reconstr Surg*. 2009 Dec;124(6):2096-2106.
16. Ulloque L, Villalonga J, Zúñiga A, Romero-Leguina B, Aiquel L, Campero A. Fistula nasal de líquido cefalorraquídeo post-traumática. Resultados de la implementación de un protocolo de trabajo. *Rev Argent Neuroc*. 2023 Mar; 37(2): 49-64.
17. Firouzbakht PK, Mohiuddin IS, Varman RM, Heinrich MP, Saa L, Cordero J. Analysis of frontal sinus fracture management and resource utilization. *J Craniofac Surg*. 2020 Nov/Dec;31(8):2240-42.
18. Maurer M, Ritzinger K, Gottsauner M, Haj A, Schebesch KM, Kühnel T, Reichert T, Ettl T. Surgical treatment of frontal sinus fractures: a retrospective evaluation of 116 cases. *J Craniomaxillofac Surg*. 2025 Oct 29:S1010-5182(25)00326-9
19. Keskin K, Bahadır O, Yazar U, Arslan S, Fazli EA, Göktepe ME. Management of traumatic anterior skull base fractures and cerebrospinal fluid fistulas. *J Craniofac Surg*. 2025 Jun 6.
20. Karli R. Closure of the frontal sinus ostium by a block of bone: unexpected cause of frontal mucocele. *J Craniofac Surg*. 2013 Mar;24(2):e155-7.

21. Carmichael RA, Kang DR. Frontal Sinus Mucopyocele Presenting as a Subcutaneous Forehead Mass. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015 Nov;73(11):2155-61.
22. Eisinger RS, Sorrentino ZA, Cutler C, Azab M, Pierre K, Lucke-Wold B, Murad GJ. Clinical risk factors associated with cerebrospinal fluid leak in facial trauma: A retrospective analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2022 Jun; 217:1072-76.
23. Armonda R, Okonkwo D, Rosenthal G, Lazaridis C, Goldenberg F, Mansour A. Forewords to the brain trauma foundation guidelines for the management of penetrating traumatic brain injury, Second Edition. *Neurosurgery* 97:S1–S5, 2025.
24. Kranz PG, Gray L, Amrhein TJ. Spontaneous Intracranial Hypotension: 10 Myths and Misperceptions. *Headache.* 2018 Jul;58(7):948-59.
25. Dobrocky T, Nicholson P, Häni L, Mordasini P, Krings T, Brinjikji W, Cutsforth-Gregory JK, Schär R, Schankin C, Gralla J, Pereira VM, Raabe A, Farb R, Beck J, Piechowiak EI. Spontaneous intracranial hypotension: searching for the CSF leak. *Lancet Neurol.* 2022 Apr;21(4):369-380.
26. Schievink W. Spontaneous intracranial hypotension. *N Engl J Med.* 2021 Dec;385(23): 2173-78.
27. La Russa R, Maiese A, Di Fazio N, Morano A, Di Bonaventura C, De Matteis A, Fazio V, Frati P, Fineschi V. Post-traumatic meningitis is a diagnostic challenging time: a systematic review focusing on clinical and pathological features. *Int J Mol Sci.* 2020 Jun 10;21(11):41-48.
28. Jundt JS, Bohnen A, Galbraith BS, Melville J. Tension pneumocephalus: case report and review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2022 Dec;51(12):1570-1572.
29. Parish JM, Driscoll J, Wait SD, Gibbs M. Delayed Traumatic Tension Pneumocephalus: A Case Report. *J Emerg Med.* 2020 Dec;59(6):e217-e220.
30. Piccirilli M, Pescatori L, Grasso G, Fratini A, Santoro A, Scafa AK. Timing of Surgical Intervention in Anterior Frontobasal Fractures with Pneumocephalus and Cerebrospinal Fluid Leaks: A Retrospective Analysis on a Series of 314 Patients and Proposal of a Novel Classification and Management Algorithm. *World Neurosurg.* 2025 Sep;201:124353.
31. Schultz JJ, Chen J, Sabharwal S, Halsey JN, Hoppe IC, Lee ES, Granick MS. Management of Frontal Bone Fractures. *J Craniofac Surg.* 2019 Oct;30(7):2026-2029.

32. Tan QC, Xing XW, Zhang JT, He MW, Ma YB, Wu L, Wang X, Wang HF, Yu SY. Correlation between blood glucose and cerebrospinal fluid glucose levels in patients with differences in glucose metabolism. *Front Neurol*. 2023 Apr 27;14:1103026.
33. Calis M, Kaplan GO, Küçük KY, Altunbulak AY, Akgöz Karaosmanoğlu A, Işıkay Aİ, Mavili ME, Tunçbilek G. Algorithms for the management of frontal sinus fractures: a retrospective study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2022 Oct;50(10):749-755.
34. Zhang Z, Wang X, Jonas JB, Wang H, Zhang X, Peng X, Ritch R, Tian G, Yang D, Li L, Li J, Wang N. Valsalva manoeuver, intra-ocular pressure, cerebrospinal fluid pressure, optic disc topography: Beijing intracranial and intra-ocular pressure study. *Acta Ophthalmol*. 2014 Sep;92(6):e475-80.
35. Appelbaum RD, Farrell MS, Gelbard RB, Hoth JJ, Jawa RS, Kirsch JM, Mandell S, Nohra EA, Rinderknecht T, Rowell S, Cuschieri J, Stein DM. Antibiotic prophylaxis in injury: an american association for the surgery of trauma critical care committee clinical consensus document. *Trauma Surg Acute Care Open*. 2024 Jun 3;9(1):e001304.
36. Banks C, Grayson J, Cho DY, Woodworth BA. Frontal sinus fractures and cerebrospinal fluid leaks: a change in surgical paradigm. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2020 Feb;28(1):52-60.
37. Werner MT, Yeoh D, Fastenberg JH, Chaskes MB, Pollack AZ, Boockvar JA, Langer DJ, D'Amico RS, Ellis JA, Miles BA, Tong CCL. Reconstruction of the Anterior Skull Base Using the Nasoseptal Flap: A Review. *Cancers (Basel)*. 2023 Dec 29;16(1):169.
38. Yin T, Douglas R. The use of grafts in frontal sinus drill-outs. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2021 Feb 1;29(1):31-35.
39. Pietrobon G, Bignami M, Preti A, Pistochini A, Bandi F, Gallo S, Bahranifard H, Locatelli D, Karligkiotis A, Castelnovo P. Frontal sinus ablation (Riedel-Mosher's procedure): indications and role in the endonasal endoscopic era. *Rhinology*. 2019 Aug 1;57(4):293-302.
40. Johnson NR, Roberts MJ. Frontal sinus fracture management: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2021 Jan;50(1):75-82.

41. Mai R, Osidak E, Mishina E, Domogatsky S, Andreev A, Dergam Y, Popov V. Collagen Membrane as Artificial Dura Substitute: A Comprehensive In Vivo Study of Efficiency and Substitution Compared to Durepair. *World Neurosurg.* 2024 Oct;190:e1061-e1070.
42. Argiti K, Shah MJ, Joseph K, Ravi VM, Stathi A, Volz F, El Rahal A, Strahnen D, Grauvogel J, Rölz R, Hubbe U, Beck J, Vasilikos I. Platelet rich fibrin and commercial sealants for dural closure in neurosurgery: An in vitro study. *PLoS One.* 2025 Apr 1;20(4):e0319349.
43. De Guzman J, Sahi A, Patel G, Hassan B, Resnick E, Pope P, Hassan R, Pan J, Grant M, Lamaris G. Indications and Complications in Conservative Versus Surgical Management of Frontal Sinus Fractures. *J Craniofac Surg.* 2025 May 13.